

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

**POSSÍVEIS CAUSAS DA MORTALIDADE DO
CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763)
NO ESTUÁRIO DO RIO JAGUARIBE – CEARÁ.**

PEDRO ALEXANDRE VALENTIM NETO

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE.

Orientadora:
Tereza Cristina Vasconcelos Gesteira

FORTALEZA – CE

Junho / 2004

1. INTRODUÇÃO

O estuário é uma massa de água costeira semifechada, que se estende até o limite efetivo da influência da maré, dentro do qual, a água salgada que ingressa por uma ou mais conexões livres, com o mar aberto, ou qualquer outro corpo de água salina, é diluída significativamente pela água doce derivada da drenagem terrestre. Deste modo, esse ecossistema pode ser considerado uma zona de transição ou ecótono entre os habitats de água doce e marinha, porém muitos dos seus atributos físicos e biológicos mais importantes não são transicionais, porém exclusivos (Perillo & Piccolo, 2001).

A grande variabilidade das condições físicas (luminosidade, temperatura, turbidez e correntes), químicas (oxigênio dissolvido, pH, minerais, resíduos diversos) e biológicas (densidade das populações, presença de plâncton, nécton e benton) de forma conjugada, condicionam mudanças nas distribuições espaciais e temporais (Soares-Filho, 1996).

Os estuários apresentam, geralmente, uma cobertura vegetal característica, o mangue, estando entre as áreas de maior fertilidade do planeta e, conseqüentemente, de alta produção primária variando de 10 a $25 \cdot 10^3$ kcal. m^{-2} . ano⁻¹ (Odum, 1988). A drenagem terrestre também contribui com esta alta produtividade, através do carreamento de sais e nutrientes dissolvidos e materiais orgânico (Caddy & Sharp, 1986).

Manguezais são ecossistemas muito complexos, ocupando a maior parte do litoral tropical. Alta produtividade primária, eficiente reciclagem de nutrientes biológicos e uma troca permanente com ecossistemas terrestres e marinhos são algumas das suas características (Jennerjahn & Ittekkot, 2002). Eles se constituem em um tipo de floresta tropical e subtropical marítima encontradas em áreas intertidais, particularmente dentro e ao redor de estuários salobros com salinas, e solos alagados. Essas florestas, tipicamente recebem considerável aporte de nutrientes e influxos de sedimento de áreas interiores (Fast & Menasveta, 2003). Devido as características especiais do ecossistema manguezal, que o torna extremamente vulnerável, alterações abruptas em alguns dos seus parâmetros ambientais poderão levá-los à completa degradação (Marte, 1995).

O caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) é uma espécie de crustáceo tipicamente estuarina, encontrada desde o Norte da Flórida até o litoral de Santa Catarina. A espécie habita os ecossistemas de manguezais, cuja principal característica é o baixo teor de oxigênio devido à elevada taxa de matéria orgânica em decomposição. Este

crustáceo revolve o sedimento ao cavar suas tocas para se proteger dos predadores e assim promove de forma indireta a ciclagem dos nutrientes (Melo, 1996).

Além disso, esse animal é totalmente dependente do manguezal para se reproduzir e se proteger dos eventuais predadores, através da construção de galerias. Quanto à alimentação, é basicamente herbívoro consumindo principalmente as folhas senescentes que caem das árvores de *Rhizophora mangle*. Estas são coletadas na maré baixa, particularmente durante a noite, pois se trata de uma espécie notívaga, sendo em seguida armazenadas numa das câmaras de sua galeria. Devido ao baixo valor nutricional e difícil digestibilidade das folhas do mangue, o caranguejo-uçá necessita ingerir uma grande quantidade desse material, pois assimila apenas 7,2% de sua energia (Pinheiro & Fiscarelli, 2001). A ciclagem dos nutrientes ocorre de maneira harmônica na natureza, quando não há interferência antrópica, quer seja pela derrubada das árvores ou poluição dos mangues e estuários. Neste contexto, o caranguejo-uçá tem grande importância na manutenção dos manguezais, pois cerca de 68% das folhas ingeridas retornam ao sedimento na forma de partículas, maximizando em até 70% a eficiência da ação bacteriana. Portanto, este crustáceo tem papel primordial nesse ciclo, levando folhas para dentro de sua toca, revolvendo o sedimento e assim incrementando nutrientes no solo (Koch, 1999).

Crustáceos marinhos estão sob a influência de inúmeros fatores ambientais. Primeiro, as mudanças no ambiente natural resultantes dos ritmos diários e sazonais que os organismos intertidais são submetidos e o estresse ambiental causado por poluentes parece ser um importante fator determinante do aparecimento ou incremento na prevalência das doenças em crustáceos (Le Moullac & Haffner, 2000).

A contaminação das águas marinhas e estuarinas por resíduos tóxicos como metais pesados, pesticidas, petróleo e outros químicos industriais resultantes de descargas terrestres, disseminação aérea ou vazamentos acidentais afetam a biota em diferentes formas, podendo reduzir a taxa de crescimento, frequência de desova, causar baixa sobrevivência larval, mortalidades, anomalias teciduais e celulares e susceptibilidade a patógenos em crustáceos (Sindermann, 1977).

Os efeitos dos metais pesados em organismos aquáticos estão aumentando, como também o acúmulo dessas substâncias no ambiente que são mobilizadas pela atividade humana. Metais traço, incluindo aqueles definidos como metais pesados, originados da indústria e mineração são descarregados nas águas costeiras e estuarinas, acumulando-se

nos sedimentos e contaminando principalmente peixes, caranguejos e ostras (Harris & Santos, 2000).

Segundo Lawson *et al.* (1995) a acumulação de cobre no ambiente pode trazer danos à saúde dos animais, influenciando seus processos fisiológicos principalmente em crustáceos que vivem no meio aquático.

A aquicultura brasileira tem crescido muito e, contudo, há a necessidade da busca por um desenvolvimento sustentável, de forma a manter o equilíbrio entre os organismos e o meio, explorando-os de forma racional sem levar a extinção dos recursos disponíveis. Esta atividade pode ser uma grande alavanca para o desenvolvimento social e econômico, possibilitando o aproveitamento efetivo dos recursos naturais locais, com a geração de renda, criação de postos de trabalho assalariado e/ou auto-emprego. Em suma, a implantação de programas de aquicultura gera riqueza, trazendo ganhos significativos para a economia regional e nacional, criando empregos diretos e indiretos e melhorando a qualidade de vida da população local (Valenti *et al.*, 2000).

Dentre os setores da aquicultura brasileira, o que mais cresceu foi o cultivo de camarão marinho, tendo alcançado uma produção de 90.190 t em 2003. Vale ressaltar que 95,2% dessa produção foi gerada no Nordeste do Brasil, tendo o Estado do Ceará como o segundo maior produtor contando com um total de 185 fazendas em operação que produziram 25.915 t (Rocha *et al.*, 2004). Segundo Gesteira *et al.* (2003), 43,1% desses empreendimentos estão localizados na Bacia do Baixo Jaguaribe.

Fazendas de camarão têm sofrido extraordinária expansão desde a década de 1980 chegando a um aumento em torno de 25% na produção em 1995. O impacto da aquicultura é bem sumarizado pelo aumento da concentração de sólidos totais em suspensão, matéria orgânica particulada e bactérias redutoras de sulfato. A matéria orgânica é de origem das fazendas ou de mangues convertidos em viveiros (Fuchs *et al.*, 1999).

Impactos ocasionados pelas ações antrópicas de forma descontrolada podem acarretar danos irreversíveis ao meio ambiente, atingindo tanto a fauna como a flora e podem trazer prejuízos irreparáveis aos ecossistemas costeiros. Os efluentes da aquicultura podem conter uma variedade de constituintes que podem causar impactos negativos quando liberados no ambiente. Estes componentes incluem partículas orgânicas dissolvidas, nutrientes e compostos orgânicos e inorgânicos específicos (Piedrahita, 2003).

No litoral do Ceará, o baixo fluxo natural dos rios, somado ao represamento e a açudagem, intensificam as alterações ambientais abaixo das represas. Os efeitos desse processo podem ser observados nos estuários da costa cearense, como, por exemplo, na erosão das margens do Rio Jaguaribe. O barramento dos rios, com o intuito de se obter água para consumo ou gerar energia elétrica, aumenta a retenção, nas represas, dos sedimentos transportados em suas águas, já que a velocidade do fluxo é reduzida – o sistema passa de lótico (águas em movimento) a lêntico (águas paradas). Com isso, a disponibilidade de sedimentos para a região estuarina diminui. Entretanto, a dinâmica dos processos costeiros é mantida, ou seja, as marés e correntes marinhas continuam redistribuindo os materiais depositados. Quando o aporte de sedimentos vindos da terra diminui muito ou cessa, devido ao barramento do rio, os materiais já depositados passam a ser remobilizados pelos processos costeiros. Isso pode facilitar a penetração do mar na linha da costa, o que altera o balanço existente entre descargas de sedimentos e os processos físicos costeiros (maré, ventos etc), exigindo um novo equilíbrio (Marins *et al.*, 2003).

As cargas dos rios se alteram continuamente como consequência de mudanças naturais que modificam, na escala geológica, as taxas de erosão e deposição de sedimentos por fatores tais como a progressão e regressão do nível do mar. Entretanto, atividades antrópicas estão atualmente acelerando estas transformações, aumentando fortemente as descargas fluviais em resposta à baixa conservação dos solos das bacias de drenagem ou diminuindo-as devido ao barramento dos rios (Marins & Dias, 2003).

No Baixo Jaguaribe, o vale do rio alarga-se em uma extensa planície aluvial, que se estende da chapada do Apodi, junto à cidade de Limoeiro do Norte até sua foz localizada no Canto da Barra no Município de Fortim. O canal estuarino, porém, encontra uma barreira física a cerca de 34 km da foz do rio, em Itaiçaba, onde foi construído um dique e é feita a tomada de água para o canal do Trabalhador, responsável por cerca de 40% do abastecimento de água para 2 milhões de habitantes da cidade de Fortaleza. Nessa região de planície, o Jaguaribe recebe seu principal afluente, o Banabuiú, responsável – com o próprio Jaguaribe – pelas enchentes do baixo vale. A açudagem, portanto, não afeta apenas a dinâmica fluvial, mas influencia processos mais intensos e de ampla abrangência, chegando a alterar vários ecossistemas costeiros (Marins *et al.*, 2003).

Estudos realizados por Lacerda & Marins (2002), indicam que a salinidade das águas do Estuário do Rio Jaguaribe mostrou-se bastante constante e em geral maior que a

da água do mar, variando de 36,5 ‰ a 39,10 ‰ entre a vila de Cabreiro e a foz do rio no Canto da Barra em Fortim. Essa alta salinidade pode afetar negativamente várias espécies de crustáceos e peixes estuarinos, adaptados a ambientes menos salinos, como é o caso do caranguejo-uçá, *U. cordatus*, item importante da pesca artesanal local e que se reproduz somente em salinidades moderadas entre 15 e 20 ‰.

Durante o período seco do ano 2000, pescadores relataram a grande mortalidade de diversos organismos, principalmente o caranguejo *U. cordatus* na Foz do Estuário do Rio Jaguaribe (Lacerda & Marins, 2002).

Em 2002, novos relatos sobre a mortalidade do caranguejo-uçá voltaram a ocorrer. Considerando então esse fato e as ações antrópicas acima referidas as quais está submetido esse estuário, a presente pesquisa buscou investigar as possíveis causas da ocorrência da mortalidade dessa espécie, abordando principalmente aspectos biométricos, histológicos e hematopoiéticos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Os Decápodes

Os crustáceos compõem um grupo muito importante dentre os artrópodes, sendo os decápodes uma das ordens de maior importância econômica. Vários estudos já foram realizados nesse grupo, principalmente com espécies comercialmente exploradas. O táxon Crustacea é a ordem dominante em diversidade, compreendendo cerca de um quarto do total de 38.000 espécies registradas. Os caranguejos da Infra-Ordem Brachyura com mais de 5.000 espécies, entre as quais está inserido o caranguejo-uçá *U. cordatus*, são provavelmente os decápodes de maior sucesso e ocorrem em todos os tipos de habitats, inclusive em grandes profundidades (Rupert & Barnes, 1996).

2.2. O Hábitat do Caranguejo-uçá

O crustáceo decápoda *U. cordatus* é um caranguejo com alto valor ecológico e econômico devido à sua associação ao ciclo biogeoquímico de importantes elementos no ecossistema manguezal (Côrrea Junior *et al.*, 2000). Portanto, compreender a biologia desse organismo a partir do seu hábito alimentar e ciclo reprodutivo (Figura 1) facilita a compreensão do seu papel na dinâmica do ambiente.

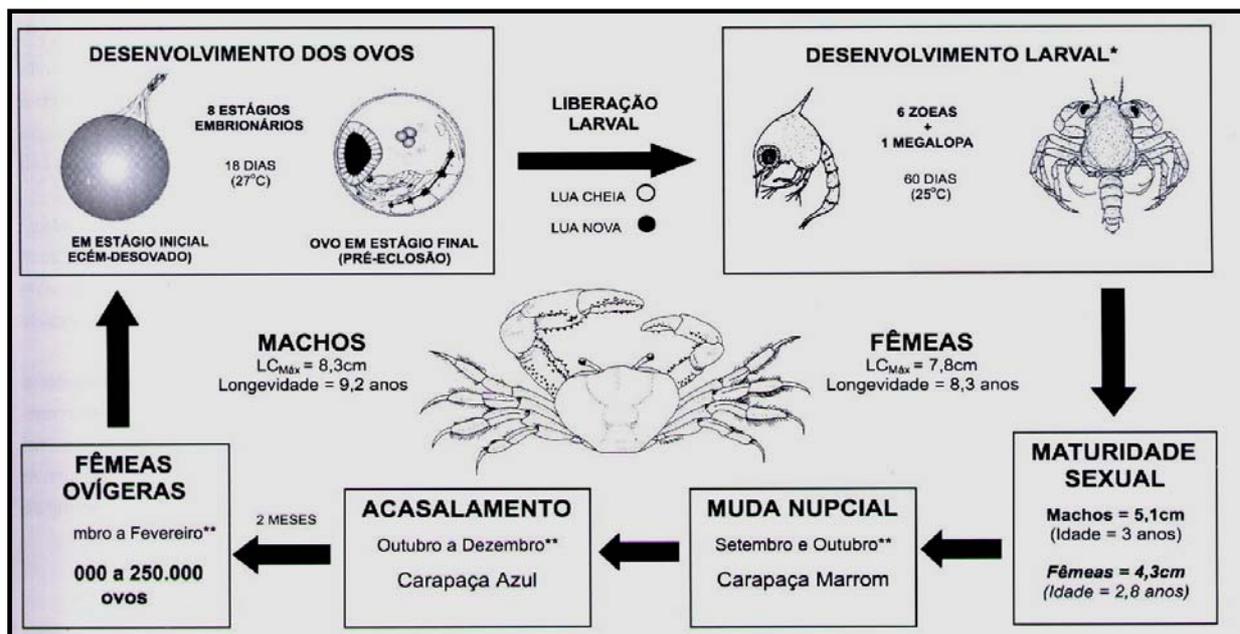


Figura 1. Ciclo reprodutivo do *Ucides cordatus*, segundo Pinheiro & Fiscarelli, 2001.

A pesca artesanal do caranguejo é a atividade econômica mais importante no sistema manguezal ao longo da costa do Brasil. Do mesmo modo, as jangadas, canoas, ferramentas e mastros são produzidos comumente de árvores do mangue em muitas localidades dos Estados do Nordeste, além do tanino que continua sendo extraído da casca das árvores para aplicação na indústria na produção de couro e celulose (Kjerfve & Lacerda, 1993).

Os manguezais constituem um dos mais importantes ecossistemas das regiões tropicais e subtropicais, apresentando uma vegetação característica – o mangue – que se desenvolve em solos lamacentos e sujeitos à influência das marés. São áreas que desempenham papel de grande importância na pesca e aquicultura em muitos países. No Estado do Ceará, os manguezais ocorrem principalmente nas zonas estuarinas desenvolvendo-se desde a desembocadura dos rios e acompanhando suas margens até a zona de influência das marés (Miranda *et al.*, 1988).

Esses ecossistemas são classificados como de transição entre o meio marinho e o meio terrestre que se estabelecem em áreas sob ação das marés. Por serem dominados por espécies de plantas que atingem o porte de arbustos ou árvores, os mangues são por vezes chamados de florestas de beira-mar. O mangue vermelho *Rhizophora mangle* apresenta mecanismos de “ultrafiltração” nas suas raízes, que permitem a absorção de água enquanto exclui o sal, uma adaptação ao ambiente de estuário. Seus propágulos são os maiores dentre as árvores do manguezal e podem ser transportados a longas distâncias e quando conseguem se fixar em local propício podem crescer rapidamente e atingir mais de 2 m de altura em 4 anos. Os propágulos também são consumidos por vários animais, especialmente o caranguejo *U. cordatus* (Lacerda, 1984).

Além disso, os manguezais são contribuintes importantes na produção primária das áreas costeiras tropicais e desempenham papel relevante na ciclagem de nutrientes e de metais (Lacerda, 1998). Por outro lado, agem como barreiras biogeoquímicas para poluentes disponíveis no solo, depositados nesses locais através de diferentes mecanismos, que ocorrem nas raízes. Plantas do mangue exsudam oxigênio através das raízes para competir com as condições anaeróbicas do sedimento. Desse modo, elas criam uma rizosfera oxidada capaz de fixar metais pesados de forma não disponível. Por ser um grande sistema de raízes, desenvolvido pelas árvores do mangue, pode reter e estabilizar sedimentos de forma mais eficiente que o sedimento livre, evitando a remobilização de poluentes pela perturbação física (Lacerda *et al.*, 2000). Suas raízes além de servirem para fixação de uma grande quantidade de bivalves, de obstáculo à

força das marés, ao fluxo de água doce e resguardo dos sistemas terrestres da erosão, também protegem os peixes que ali desovam (Alcântara-Filho, 1978).

Segundo Olmos & Silva (2003) a palavra “mangue” é utilizada para espécies de árvores e arbustos que crescem em terrenos salinos periodicamente inundados pela maré, o que representa um conjunto de 12 famílias e mais de 50 espécies de plantas em todo o mundo.

O termo manguezal se refere ao número de espécies de árvores e arbustos que são adaptados às condições da zona intertidal. Eles são muito mais que uma coleção de plantas. Manguezais são importantes para o homem, porque formam a base da alta complexidade das cadeias tróficas. Eles são encontrados ao longo da costa formando a margem de estuários, zonas tidais planas e se estendendo ao longo dos rios, sendo considerado como um dos ecossistemas maior produção primária (Marte, 1995).

Além das árvores, os manguezais abrigam grande variedade de outras plantas e animais característicos. Entre as plantas, destacam-se as *epífitas*, como orquídeas, bromélias e algumas samambaias. Em conjunto com várias espécies de líquens, essas plantas habitam as copas das árvores (Lacerda, 1984).

O ecossistema manguezal domina cerca de 25% das linhas de costas tropicais do mundo, estando adaptado a viver em solos periodicamente banhados pela água do mar. Quanto a sua origem, há indícios de que seu centro de dispersão foi a partir da Região Indo-Malaia, migrando para Leste até as Américas e para Oeste até a África (Schaeffer-Novelli, 1982).

Segundo Kjerfve & Lacerda (1993), os manguezais formam uma larga porção ao longo da costa do Brasil indo desde o Norte do Amapá até o sul de Santa Catarina e constituem uma unidade ecológica inestimável da zona costeira. A estabilização do recurso manguezal e utilização racional de áreas do mangue para aquicultura e outros usos são desejáveis. Criação e proteção de áreas costeiras de mangue com intenção de conservação é uma importante forma de estabilização. Como exemplo de benefício econômico derivado do manguezal brasileiro, o relativamente pequeno 4.470 ha do sistema manguezal no Estuário do Rio Parnaíba no Piauí sustenta mais de 10.000 pessoas, as quais dependem da pesca abundante do caranguejo-uçá.

No manguezal de Caeté, Município do Rio de Janeiro, o caranguejo-uçá é de alto valor econômico. Para 42% das famílias, esse recurso é a principal fonte de renda adicional, estando 11% delas envolvidas no processamento. O fato é que, o uso local do mangue para subsistência das vilas continua sendo uma atividade econômica de baixo

impacto, enquanto que a construção da rodovia na península tem causado a degradação desse ecossistema no lado oeste ocidental, através da interrupção do curso natural de suprimento da água marinha, representando um significativo impacto ecológico (Wolf *et al.*, 2000).

Similar a mata atlântica, os mangues brasileiros têm sido objeto de derrubadas e intensa destruição para dar lugar à indústria e ao desenvolvimento. O seu reflorestamento não tem sido largamente difundido no País. Acredita-se que a inacessibilidade e baixa densidade populacional sejam as principais razões pelas quais os mangues do Nordeste dos Estados do Amapá, Pará e Maranhão permaneçam com a maior parte de sua área intocada, representando 85% do total existente no Brasil (Hertz, 1991).

Um dado marcante desse ecossistema é o clima, pois a zona costeira é do tipo – tropical úmido com chuvas se prolongando pelo outono, e com inverno seco, o que lhe propicia características peculiares (Campos *et al.*, 1979).

Nos ambientes costeiros, essa relação também se faz presente, o Rio Jaguaribe com seus 610 km de extensão e uma bacia de cerca de 72.043 km² drena as partes meridional e oriental do Estado do Ceará, desaguando no Oceano Atlântico, no Município Fortim no Canto da Barra, sua desembocadura – ponto de encontro entre rio e mar (Abreu *et al.*, 2003). De lá, as águas marinhas chegam a penetrar cerca de 30 km em direção ao continente, sendo, nesse encontro do rio com o mar que florescem os manguezais, em solo lamacento de alta salinidade e em meio a essa lama somente plantas especialmente adaptadas conseguem se desenvolver. Mas, a importância do manguezal não se restringe somente à área em que se localiza. Esse ecossistema influi no equilíbrio ecológico da zona que se estende muito além de seus limites imediatos. Além disso, os manguezais são áreas de alimentação, reprodução, e proteção de peixes, crustáceos e moluscos em suas fases juvenis e adultas. Cerca de sessenta espécies de peixes foram identificadas sendo, em sua maioria, essencialmente marinhas e ocorrendo em maior quantidade e variedade no período das chuvas, observando-se que quarenta dessas utilizam a área para reprodução (Soares-Filho, 1996).

O ecossistema manguezal vem sendo degradado por ações antrópicas em todo o mundo. A relação entre manguezais e peixes costeiros é complexa e não suficientemente conhecida, mas muitas espécies de peixes e crustáceos usam esses habitats como áreas de berçários e abrigo durante os estágios iniciais (Páez-Osuna, 2001).

O grande transporte de sedimentos, devido ação das marés e a derrubada de árvores do mangue nos estuários, pode ocasionar um processo de erosão costeira

comprometendo toda a flora e fauna que dele dependem para sobreviver. A extensiva destruição e degradação de nossos mangues podem reduzir substancialmente as várias formas de vida que dele dependem (Marte, 1995).

O Estuário do Rio Jaguaribe é muito rico em uma diversidade faunística. Um levantamento da salinidade da água ao longo do Rio Jaguaribe durante a estação chuvosa de 2000, mostrou valores entre 24 ‰ e 29 ‰, e na estação seca de 2001 uma salinidade variando de 38.1 até 39.4 ‰ dentro dos mangues e estuários. A salinidade da água marinha local é 38 ‰. Portanto, antes da estação chuvosa a salinidade está bem acima do limite ótimo para reprodução de espécies de crustáceos locais. Mudanças nas comunidades de peixes têm sido notadas com decréscimo na abundância de espécies estuarinas assim como as tainhas *Mugil* spp. e robalos *Centropomus* spp. (Lacerda & Marins, 2002).

2.3. Os Estoques de Caranguejo-Uçá

Os conhecimentos biológicos e pesqueiros disponíveis sobre o caranguejo-uçá *U. cordatus* são suficientes para permitir um gerenciamento da captura no que concerne aos estoques reprodutores nas principais áreas exploradas, mas se desconhece, por exemplo, o nível de esforço a que são submetidos (Ivo & Gesteira, 1999).

Segundo Alcântara-Filho (1978) a reprodução do caranguejo-uçá no Estuário do Rio Ceará ocorre nos períodos de dezembro a maio com maior intensidade no mês de janeiro.

Durante os meses de janeiro e fevereiro no Rio Curimatau no Estado do Rio Grande do Norte, Vasconcelos *et al.*, (1999) observaram uma grande incidência de espécimes do caranguejo-uçá fora de suas tocas, fenômeno denominado “andada” o que facilita a captura pelos pescadores. A época de maior ocorrência de fêmeas em avançado processo de maturação correspondeu ao período de outubro a março, com máximo em novembro e a predominância de fêmeas desovadas foi registrada entre os meses de fevereiro a junho, com pico em março. As maiores concentrações de fêmeas ovíferas foram encontradas entre os meses de janeiro a maio, com maior concentração em fevereiro e março.

Nos estuários dos Municípios de Rio Formoso e Tamandaré no Estado do Pernambuco, os estoques de caranguejo-uçá sofrem grande pressão durante a estação de

verão, devido ao aumento da demanda por produtos da pesca marinha e estuarina, resultante da presença de grande número de turistas na região (Botelho *et al.*, 1999).

A elevada procura por caranguejo *U. cordatus* tem feito com que cada vez mais um maior número de pessoas se dedique à captura deste recurso, aumentando o esforço de pesca sobre os estoques explorados, condição que, eventualmente, resultará na sobrepesca das populações nas várias áreas exploradas (Ivo & Vasconcelos, 2000).

Segundo Ivo *et al.* (1999) os machos de caranguejo-uçá capturados na Foz do Rio Parnaíba - Piauí são maiores, mais largos e mais pesados do que as fêmeas, não existindo, porém, diferenças na altura média entre machos e fêmeas. As populações de caranguejo-uçá provenientes do Delta do Rio Parnaíba não apresentam dimorfismo sexual para as regressões comprimento/largura da carapaça, comprimento/altura da carapaça e peso/largura da carapaça.

Dentre as populações de caranguejo-uçá capturadas nos estuários do Nordeste as medidas biométricas não mostraram diferença significativa entre largura/comprimento da carapaça, largura /peso total e comprimento/peso total. A densidade de caranguejos no mês de abril de 1995 foi de 0,4 ind./m² (Ivo *et al.*, 2000).

Na região da Foz do Rio Parnaíba apesar de ser uma área intensamente explorada, a população de caranguejo-uçá parece não estar afetada pelo esforço de pesca, já que a mesma não apresenta indícios de redução no comprimento médio (Ivo *et al.*, 2001).

Segundo Hattori & Pinheiro (2003), o estudo sobre a fertilidade do caranguejo-uçá, combinado com análises de fecundidade, pode ser de grande importância na determinação do potencial reprodutivo da espécie, além de possibilitar projeções confiáveis para a larvicultura e futuro cultivo em cativeiro.

2.4. Órgãos do Estudo Histológico do Caranguejo-uçá e suas Funções

2.4.1. Brânquias

O caranguejo-uçá pode viver em galerias, onde o consumo de oxigênio é relativamente baixo, e na superfície do manguezal, onde o teor de oxigênio geralmente é mais elevado. A respiração é basicamente para suprir as necessidades energéticas do corpo do animal, completadas pela oxidação dos compostos orgânicos através da

absorção de oxigênio do meio externo e a conseqüente eliminação de dióxido de carbono (Mota-Alves & Madeira-Júnior, 1980).

As brânquias, órgãos responsáveis pelas trocas gasosas nos crustáceos decápodes, possuem uma morfologia peculiar consistindo de uma série de lâminas pareadas ou lamelas ao longo de um pedúnculo central. Cada lamela ou filamento é circundado por uma cutícula. Internamente são sustentadas por estruturas chamadas de células pilares e uma cavidade conhecida como hemocélio por onde passa o fluxo de hemolinfa (Mantel & Farmer, 1983).

Segundo Goodman & Cavey (1990), as brânquias de crustáceos decápodes como *Carcinus maenas* geralmente exibem um epitélio adcuticular com áreas circunscritas para trocas gasosas e transporte de sal e em razão do fluxo de captação e extrusão desses íons, possuem áreas especializadas para este fim.

As brânquias são estruturas que auxiliam no processo de respiração, excreção e ionorregulação dos crustáceos, sendo esta última mediada por uma enzima chamada Na^+/K^+ -ATPase (Postel *et al.*, 1998). Segundo Lucu & Towle (2003), a bomba de sódio, ou Na^+/K^+ -ATPase, em muitos animais aquáticos incluindo os crustáceos, proporciona a menor parte da força do movimento direcional de íons monovalentes através das brânquias.

De acordo com Lawson *et al.* (1995), a camada epitelial da oitava brânquia posterior do *C. maenas* é formada por três tipos de células (estriada, principal e pilar). As células estriadas estão relacionadas com a ionorregulação, as principais apresentam uma membrana plasmática menos espessa que as células estriadas, mas possuem uma grande área de superfície para trocas gasosas na respiração. As células pilares podem estar relacionadas também ao processo de regulação iônica ou respiração, entretanto contêm uma rede microtubular, sugerindo suporte estrutural e no fluxo da hemolinfa através da lamela branquial.

Hebel *et al.* (1999) sugeriram que em *C. maenas*, as brânquias anteriores (1 a 6) estão relacionadas principalmente com o processo de respiração e as brânquias posteriores (7 a 9) têm um papel osmorregulatório adicional, que ocorre também através do epitélio respiratório. A ultraestrutura do epitélio reflete a diferença de papéis fisiológicos, o epitélio respiratório sendo dominado por células principais e o epitélio osmorregulatório por células estriadas (Taylor & Taylor, 1992).

De acordo com Lin *et al.* (2002), as brânquias (5-8) do gênero *Uca* apresentam variações morfológicas em *U. formosensis*, *U. arcuata*, *U. vocans* e *U. lactea*. Em *U.*

formosensis, muitos ionócitos foram facilmente observados na parte mais larga da lamela, de todas as quatro brânquias. O grau de espessamento da lamela foi mais evidente nas brânquias 7 e 8 do que nas brânquias 5 e 6. Alta atividade osmorregulatória foi encontrada nas brânquias 7 e 8 das outras três espécies, exceto na brânquia 7 em *U. vocans*. Em *U. lactea*, brânquias respiratórias e osmorregulatórias foram encontradas respectivamente para os pares 5 e 6.

Martinez *et al.* (1998), estudando as brânquias do caranguejo *U. cordatus*, comprovaram que as mesmas possuem papel vital no processo respiratório desses animais. De acordo com sua localização, cada par de brânquias apresenta característica especial e o 5º par possui zonas osmorregulatórias, mostrando uma ativa captação de íons sódio (Na^+), que parecem ser restritas à região aferente das lamelas. Dos sete pares de brânquias do caranguejo-uçá, o quinto possui uma área superficial larga e um grande número de lamelas, quando comparado ao sexto par. Isso permite que o animal realize trocas gasosas pelo processo de difusão, bem como, a captação de íons pelas lamelas branquiais, enquanto que no 6º par de brânquias essa região está dispersa em toda a lamela e apresenta uma ativa extrusão, sugerindo diferentes funções em brânquias adjacentes desse caranguejo osmorregulador (Martinez *et al.*, 1999).

Rebelo *et al.* (2000), estudando a exposição das brânquias do caranguejo *Chasmagnatus granulata* a concentrações de amônia, observou uma ruptura das células pilares e um subsequente colapso das lamelas branquiais como os principais efeitos, além de necroses epiteliais e hiperplasia.

2.4.2. Trato Digestório

O trato digestório em crustáceos decápodes pode ser dividido em três regiões distintas: região anterior compreendida pelo estômago cardíaco e pilórico, trato digestório médio formado por uma válvula de ligação entre o pilorointestinal com o pilorohepatopancreático e o posterior, sendo todos alinhados juntos a um epitélio colunar simples e apoiados em uma fina camada basal, que se projeta para dentro do tecido conjuntivo (Icely & Nott, 1992).

Ogawa (2003), estudando o trato digestório médio do caranguejo-uçá, observou que ele é formado por um tubo simples, não apresenta grandes variações no seu diâmetro e está situado na região mediano-dorsal do cefalotórax, sendo conectado anteriormente ao estômago e na sua porção final ao intestino posterior.

O trato digestório médio que é compreendido pelo intestino e glândula anexa (hepatopâncreas) de crustáceos decápodes está envolvido também em outros processos fisiológicos como a manutenção do balanço de sais e íons, início do papel imunológico de remoção de corpos estranhos do sistema sanguíneo, excreção de resíduos metabólicos, e desintoxicação de metais e substâncias orgânicas estranhas (Icely & Nott, 1992).

O trato digestório posterior dos decápodes tem como função transportar o material residual, proveniente das regiões anterior e média para o exterior. Ele é um tubo simples cuticular ligando o lúmen com o ânus que se abre abaixo do telson (Icely & Nott, 1992).

Algumas espécies de crustáceos decápodes de água doce como o *Paratelphusa masoniana* possuem um intestino médio com cinco camadas, da externa para a interna: (1) uma de tecido conectivo; (2) uma de fibras musculares longitudinais com uma rede sanguínea nas lacunas; (3) uma de fibras musculares circulares; (4) uma fina membrana basal e (5) uma camada íntima de epitélio mucosal, produzido nas células colunares (Kaushik & Kumar, 1998).

Segundo Cruz (1992) o intestino médio da lagosta *Panulirus laevicauda* parte do estômago pilórico até o intestino posterior formando um tubo reto e liso, sem divertículo, que desemboca no ânus localizado na porção ventral. A olho nu, não é possível fazer uma distinção entre os dois.

2.4.3. Hepatopâncreas

As glândulas digestivas, glândulas da porção mediana do trato digestório ou hepatopâncreas, são estruturas pares, variando sua coloração desde amarelo claro até amarelo intenso. Elas têm formato irregular e ocupam grande porção do cefalotórax da lagosta *Panulirus laevicauda*. A forma irregular destas glândulas resulta da natureza digitada dos seus túbulos (Cruz, 1992).

Segundo Icely & Nott (1992), para crustáceos decápodes a glândula digestiva, assim como é conhecido o hepatopâncreas, possui uma função importante, além de auxiliar no processo digestivo para absorção de nutrientes, ela realiza a estocagem e secreção de substâncias. O epitélio hepatopancreático é circundado por uma fina camada de células miofibrilares, dispostas longitudinalmente e transversalmente. Esse arranjo da camada miofibrilar é mais evidente da porção média para a proximal do túbulo.

Corrêa-Júnior *et al.* (2000) observaram a presença de grânulos amorfos de fosfato em organismos vertebrados e invertebrados. Concentrações de zinco provenientes de áreas contaminadas foram encontradas no hepatopâncreas de *U. cordatus* e grânulos de fosfato foram determinados, sugerindo que este órgão tem como uma das funções acumular e eliminar esses metais.

Verri *et al.* (2001), atribuíram papel fundamental de absorção para o hepatopâncreas e um papel secundário ao intestino. Entre a absorção de solutos orgânicos, a importância da D-glucose no metabolismo de crustáceos decápodes é primordial.

De acordo com Corrêa-Júnior *et al.* (2002 e 2003) o hepatopâncreas do caranguejo *U. cordatus* possui ainda grânulos elétron-densos que podem ser divididos em: (1) não mineralizados, encontrados principalmente dentro de vacúolos, possivelmente formados da degradação de membranas lipídicas, e (2) mineralizados circundados por uma membrana endoplasmática reticular os quais podem estar associados com o armazenamento de cálcio e fósforo para a síntese de uma carapaça nova.

Segundo Zilli *et al.* (2003), durante a intermuda o fluxo do balanço de íon cálcio é zero. Na pré-muda o cálcio é reabsorvido do exoesqueleto e acumulado nas membranas apicais em canais de cálcio nas células B do hepatopâncreas do camarão *Marsupenaeus japonicus*. Durante a pós-muda, os estoques de cálcio são desmineralizados e ocorre então a mineralização do exoesqueleto.

As células que formam os tecidos do hepatopâncreas dos crustáceos decápodes podem ser diferenciadas em cinco tipos: (1) células embrionárias (E) são caracterizadas pela abundância, pequeno tamanho, quando comparada às outras e pelo núcleo arredondado, de coloração intensa e se diferenciam em outros tipos celulares; (2) células fibrilares (F) são alongadas e se estreitam na região apical, elas são normalmente encontradas entre as células R e apresentam coloração intensa diante de corantes básicos como a Hematoxilina; (3) células secretoras (B) elas têm forma globosa, núcleo basal e grandes vacúolos que ocupam a maior parte do volume celular; (4) células reabsortivas (R) se caracterizam pela presença de inclusões lipídicas no seu citoplasma e por serem as mais abundantes com elevada concentração de fosfatase alcalina, nos seus bordos estriados e grande quantidade de fosfato de cálcio sua região basal e (5) células minúsculas (M) que ocorrem em menor número. Estão localizadas na membrana basal dos túbulos e relacionadas com o acúmulo de reservas. Descrita para outras espécies de

crustáceos como *Pennaes semisulcatus* por (Al-Mohanna & Nott, 1987; Icely & Nott, 1992), todas essas células seguem um esquema de diferenciação específica: células (E) podem se diferenciar em células (R) que por sua vez se diferenciam em células (B) ou então as células (E), que podem simplesmente se diferenciar em células (R). Segundo Verri *et al.*, (2001), essa diferenciação pode apresentar ainda o seguinte esquema: células (E) se diferenciando em (F/R) que por sua vez irão se diferenciar em (R) ou em (F) e depois em (B).

2.4.4 Sistema Reprodutor Masculino

Entre os Brachyura, muitas espécies tiveram o sistema reprodutor do macho descrito macro e microscopicamente. Geralmente, o sistema reprodutor masculino é formado por testículos e vasos deferentes pares que se abrem no exterior no quinto par de pereiópodos (Cronin, 1947; Ryan, 1967; Hinsh & Walker, 1974; Mota-Alves, 1975; Krol *et al.*, 1992; Leite, 2002 & Santana, 2002).

O controle endócrino da diferenciação sexual em crustáceos malacostracos foi estabelecido várias décadas depois que o controle endócrino da reprodução foi reconhecido (Charniaux-Cotton & Payen, 1988).

Segundo Krol *et al.* (1992) o sistema reprodutor masculino dos crustáceos decápodes é formado por testículos pares unidos entre si por uma ponte transversal, apresentando a forma de um **H** alongado, quando vistos dorsalmente. Cada testículo se liga a um espermoduto que se comunica com um vaso deferente indo desembocar nos gonóporos pares. No macho, os espermatozóides maduros são estocados no vaso deferente dentro de estruturas especializadas, os espermatóforos, os quais são transferidos para as fêmeas durante a cópula.

Na lagosta *Panulirus laevicauda* o sistema reprodutor masculino está localizado na região dorsal do cefalotórax, suspenso por finos cordões, formando estruturas pares compostas por testículos, vasos deferentes e glândulas androgênicas (Lima, 1995).

Em grupos, como as lagostas espinhosas e algumas espécies de peneídeos, os espermatóforos podem ficar aderidos ao esterno das fêmeas. Já nas lagostas americanas e nos braquiúros que correspondem aos caranguejos verdadeiros, essas estruturas são depositadas em receptáculos seminais ou espermatecas ocorrendo a fertilização internamente (Krol *et al.*, 1992). Os peneídeos de téglico fechado como o *Farfantepenaeus*

subtilis, *F. paulensis* e *F. brasiliensis*, o espermátóforo é estocado internamente, embora a fecundação seja externa (Perez-Farfante & Kensley, 1997).

Mota-Alves (1975), estudou o sistema reprodutor masculino do *U. cordatus*, que consta de dois testículos unidos entre si por uma ponte transversal, apresentando a forma de um *H* alongado, quando visto dorsalmente. Cada testículo se liga a um espermoduto que se comunica com um canal deferente, indo desembocar no pênis, que emerge na base correspondente ao quinto par de patas, ficando um de cada lado do plano de simetria do corpo.

De acordo com Leite (2002), o sistema reprodutor masculino do caranguejo-uçá *U. cordatus* está localizado na região mediano-dorsal do cefalotórax encoberto pelo hepatopâncreas. Consiste de dois órgãos tubulares, pares, contínuos, formados por testículos e vasos deferentes que desembocam na altura do oitavo segmento torácico na base do quinto par de pereiópodos, onde se desenvolve um apêndice peniano sob a forma de uma papila. Na região anterior do testículo na zona germinativa estão localizadas quatro tipos de células em diferentes estágios de desenvolvimento. Esses estágios podem ser identificados em microscópio de luz. As células são caracterizadas pela relação núcleo-citoplasma e estão divididas em: (1) espermatogônias; (2) espermatócitos; (3) espermátides e (4) espermatozóides, que por sua vez possuem a característica de serem aflagelados. Os espermatozóides, o estágio mais avançado de maturação da linhagem germinativa, são as células de menor tamanho e possuem formato esférico. Essas células são facilmente visualizadas ocupando o interior das cavidades testiculares.

2.4.5 Sistema Reprodutor Feminino

O sistema reprodutor feminino de crustáceos decápodes foi descrito primeiramente por King (1948), que tomou como base o camarão *Pennaeus setiferus*. Na fêmea, existem dois ovários simétricos fusionados parcialmente desde a região cardíaca do estômago até o telson. Os ovários nos decápodes estão dispostos ao lado do intestino. Considerando os braquiúros, o ovário está confinado ao cefalotórax (Krol *et al.*, 1992). A maturação dos ovários segue um padrão entre os peneídeos, sendo caracterizada sob o ponto de vista macroscópico, pelo aumento no tamanho e mudança na coloração. Microscopicamente eles são classificados em diferentes estádios considerando a origem e

desenvolvimento das células germinativas (Ramos & Primavera, 1986; Guitart *et al.*, 1988).

Uma cápsula de tecido conjuntivo envolve o ovário de decápodes. O processo de maturação ovariana começa no epitélio germinativo que sofre mitose originando as oogônias, estas por sua vez sofrem meiose originando oócitos pré-vitelogênicos, passando pelo processo de vitelogênese originando oócitos vitelogênicos e chegando a oócitos maduros. Esse processo é controlado por um mecanismo hormonal endócrino; e o hormônio recebe o nome de hormônio estimulador da gônada (GSH) (Rodríguez, *et al.*, 2000).

Os ovários de lagostas do gênero *Panulirus* apresentam o padrão morfológico geral encontrado nos Reptantia, no que se refere à localização, formato e alterações na coloração de acordo com o estágio de maturação; parâmetros esses, utilizados na determinação imediata dos estádios gonadais. Quatro estádios foram definidos: (1) imaturo; (2) pré-maturo; (3) maturação e (4) eliminação ou reabsorção (Silva, 1999).

Segundo Mota-Alves (1975), o sistema reprodutor feminino do caranguejo-uçá é constituído por dois ovários, dois ovidutos e dois receptáculos seminais ou espermatecas. Os dois ovários se comunicam à altura da parte anterior do estômago, depois se dirigem para a parte posterior do cefalotórax, por meio de dois prolongamentos independentes, que se comprimem entre o pericárdio e o hepatopâncreas. O tamanho e coloração das gônadas dependem do grau de maturidade sexual encontrada; quando imaturas são esbranquiçadas, passando a alaranjadas quando a maturação progride, chegando à coloração vermelho intenso e tornando-se pardacentos em estágio de atresia folicular.

De acordo com Santana (2002), o sistema reprodutor feminino do caranguejo-uçá apresenta as mesmas características descritas pela autora acima citada, exceto quanto à localização dos lobos dos ovários que se conectam por uma comissura transversal na altura posterior do estômago. Com base nas alterações morfológicas ovarianas de *U. cordatus*, Santana (2002), definiu quatro estágios de maturação: estágio I – imaturos – onde as gônadas são delgadas e apresentam unicamente células germinais imaturas; estágio II – em maturação - os ovários com aparência rugosa, mostrando histologicamente além das oogônias, numerosos oócitos I e II; estágio III – maturação avançada - ovários volumosos, com grande quantidade de oócitos, perfeitamente visíveis a olho nu; estágio IV – reabsorção ou atresia - ovários são flácidos e algumas vezes semelhantes ao estágio I, quando já ocorreu a desova total. Ao exame microscópico,

mostram numerosos espaços vazios e algumas células germinativas em fase de maturação, estas em processo de reabsorção.

2.4.6. A Hemolinfa e suas Células

Os crustáceos decápodes têm um sistema circulatório aberto bem desenvolvido para distribuição do oxigênio, nutrientes, e hormônios por todo o corpo. Artérias saindo do coração formam progressivamente arteríolas, que permitem o fluido circular e banhar os órgãos internos. A circulação venosa é menos compreendida por causa da natureza irregular desses espaços insuficientemente definidos. Entretanto, o fluido da cavidade é canalizado através das brânquias dentro do pericárdio, voltando para dentro do coração (Martin & Hose, 1992).

As reações de defesa em invertebrados estão, de um modo geral, associadas à sua hemolinfa que corresponderia ao sangue dos vertebrados. A hemolinfa é composta, por uma fração celular representada pelos hemócitos e por uma parte líquida representada pelo plasma (Hennig *et al.*, 1999). Os hemócitos desempenham um importante papel na resposta imune incluindo reconhecimento, fagocitose, melanização e comunicação célula-célula.

Hose *et al.* (1990), estudando as espécies de crustáceos decápodes *Homarus americanus*, *Panulirus interruptus* e *Loxorhynchus grandis*, identificaram dois tipos de hemócitos: hialinos e granulócitos. De acordo com esses autores as células hialinas são aquelas que não contêm nenhum ou poucos grânulos no citoplasma e as células granulares contêm abundantes grânulos.

Os crustáceos palemonídeos *Macrobrachium rosenbergii* e o *Macrobrachium acanthurus* possuem células sanguíneas classificadas como hemócitos hialinos, hemócitos pouco granulares e hemócitos granulares. Em ambos os tipos de hemócitos, o citosol é rico em carboidratos (positivo ao PAS) e vesículas contendo enzima ácido fosfatase, reativo a Gomori (Gargioni & Barraco, 1998).

Segundo Jakobsen & Suhr-Jessen, (1990) a espécie de caranguejo *Tachypleus tridentatus* tem dois tipos de hemócitos morfologicamente distintos, granulócitos e plasmócitos. Os granulócitos constituem 97% dos hemócitos e os plasmócitos 3%.

Pode-se afirmar que os crustáceos decápodes de um modo geral possuem três diferentes tipos de hemócitos, (1) hialinos caracterizados pela ausência de grânulos, apesar de inclusões citoplasmáticas de origem desconhecida serem observadas tendo

como função a fagocitose; (2) semigranulares contêm um número variável de grânulos pequenos e suas funções são encapsulação, fagocitose, estoque e liberação da enzima proPO e citotoxicidade; (3) granulares preenchidos com uma grande quantidade de grânulos sendo responsáveis pela estocagem e liberação da enzima proPO e citotoxicidade. (Söderhäll & Smith, 1983; Söderhäll & Cerenius, 1992; Johansson *et al.*, 2000; Le Moullac & Haffner, 2000; Sritunyalucksana & Söderhäll, 2000).

Numerosos processos associados com a defesa imune em crustáceos os quais levam a uma reação de melanização têm sido caracterizados e algumas funções do sistema proPO (enzima prophenoloxidase que desencadeia o processo de coagulação) foram propostas. A ativação da coagulação da hemolinfa é uma reação rápida e poderosa em crustáceos (Bachère, 2000).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local de Estudo

A região de estudo correspondeu à área estuarina do Rio Jaguaribe (Figura 2), sendo selecionadas 4 estações (E1 - E4) para abranger uma maior área desse estuário localizado a (4° 26' 15" Latitude Sul) e (37° 48' 45" Longitude Oeste), onde foi registrada a mortalidade dos caranguejos, siris e peixes. A quinta estação (E5) na região do Guajiru serviu como controle por ser um local distante, fora da influência do Rio Jaguaribe e por não ter sido registrado nenhum caso de mortalidade desses animais:

Estação E1 – Situada na margem direita da foz do Rio Jaguaribe;

Estação E2 – Situada no leito do Rio Jaguaribe em frente ao porto pesqueiro do Fortim;

Estação E3 – Situada no canal de deságüe dos efluentes das fazendas de camarão nas regiões do Cumbe e Canavieira;

Estação E4 - Situada no canal de deságüe dos efluentes na gamboa que contorna a Ilha dos Veados em Aracati;

Estação E5 – Situada no Estuário do Rio Pirangi, em Guajiru.



Figura 2. Estações de coleta ao longo do Estuário do Rio Jaguaribe e a estação controle. Fonte: CNPM/EMBRAPA.

3.2. – Coleta do Material

A coleta dos animais foi realizada nos períodos seco e chuvoso, entre maio de 2002 e dezembro de 2003, sendo amostrados 25 indivíduos por período em cada estação, totalizando 50 indivíduos em cada ponto. Os caranguejos foram coletados por catadores da própria região pelo método de “braceamento” que consiste em colocar o braço na toca do caranguejo e trazê-lo à superfície com a mão. Eles foram transportados vivos em caixas isotérmicas, até o laboratório e aclimatados em caixas de 150 l contendo água com salinidade em torno de 20 ‰ e aeração constante, por um período de 24 horas.

Por ocasião das coletas, as variáveis físico-químicas foram medidas no local: OD (oxigênio dissolvido mg.l^{-1}) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) utilizando sonda de oxímetro digital Bernauer YSI 55/12 FT; salinidade (‰) com refratômetro modelo SR1 e pH com peagâmetro MA-PA 2009 Marconi. Amostras de água foram acondicionadas em frascos de cor âmbar, mantidas sob refrigeração e trazidas para laboratório para se realizar as análises de amônia solúvel (NH_3) através do método Nesslerização Direta; nitrito (NO_2^-) por Sulfanilamida – NED, nitrato (NO_3^-) por Silicato de Sódio e fósforo total através de Ácido Ascórbico (Apha *et al.*, 1995).

Além disso, foi feita coleta de água para medição de DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxigênio) que consistiu na aferição de oxigênio dissolvido no local. Em laboratório as amostras foram incubadas em câmara de DBO durante cinco dias a uma temperatura de 20°C . Após este período, foi feita uma nova medida do oxigênio dissolvido. A diferença resultante entre as duas medidas dividida pelo volume para se obter a DBO_5 em mg/l , refere-se à quantidade de oxigênio utilizada pelas bactérias aeróbias para decompor a matéria orgânica em suspensão na coluna d’água durante o período de cinco dias (Apha *et al.*, 1995).

Outra amostra de água foi usada para o cálculo de sólidos totais em suspensão - STS, empregando a seguinte metodologia: filtragem em bomba a vácuo usando filtro Millipore ($0,45\ \mu$) previamente pesado. A seguir os filtros contendo o material retido foram colocados em estufa a ($60\ ^{\circ}\text{C}$) por 24 h. Decorrido esse período, os filtros foram pesados e calculada a diferença entre o valor inicial e o final. Esta diferença foi dividida pelo volume da amostra e multiplicada por mil para se obter o STS em mg/l (Apha *et al.*, 1995).

3.2.1. Estudo Hematológico

Em laboratório, os indivíduos foram examinados externamente para verificar a presença de algum ectoparasita ou ferimentos, e determinadas as medidas morfométricas (comprimento e largura da carapaça e comprimento e largura das quelas direita e esquerda em mm) e tomado o peso total em g. Em seguida, foram sub amostrados aleatoriamente 50% dos indivíduos coletados em cada estação.

Após exame geral do aspecto dos animais foi coletada a hemolinfa para posterior contagem de hemócitos, obedecendo à técnica empregada por (Johanson *et al.*,2000). O procedimento constou da retirada de uma alíquota de 5µl de hemolinfa na região do seio pericárdico, usando seringa hipodérmica contendo anticoagulante na proporção de 1:1, a alíquota era transferida para eppendorf e mantida sob refrigeração (Figura 3).



Figura 3. Coleta de hemócitos com seringa hipodérmica contendo anticoagulante.

A contagem dos hemócitos foi realizada com auxílio de um hemocitômetro, considerando a diluição da hemolinfa. A contagem total de hemócitos - THC (nº de hemócitos. ml⁻¹) obtida para cada indivíduo por estação, foi submetida à análise

estatística pelo teste de Tukey para comparação entre os respectivos valores médios do número de hemócitos, de acordo com a hipótese de nulidade (H_0) e alternativa (H_a), para o nível de significância $\alpha = 0,05$.

H_0 : o número de hemócitos do caranguejo-uçá não apresenta diferença entre áreas do Baixo Jaguaribe.

H_a : o número de hemócitos do caranguejo-uçá é diferente pelo menos em uma das áreas do Baixo Jaguaribe.

3.2.2. Análise Histológica

Em cada coleta eram sub amostrados aleatoriamente 10 indivíduos por estação entre machos e fêmeas. Após a coleta da hemolinfa, esses animais foram dissecados para retirada das brânquias, hepatopâncreas, gônadas e trato digestório médio. Os órgãos de cada animal foram colocados separadamente em vidros etiquetados contendo fixador de Davidson (Bell & Lightner, 1988) por um período de 24 h. A seguir passaram pelos procedimentos de rotina de desidratação em uma série gradativa de álcool, diafanização em xilol, impregnação em parafina em estufa a 60° C e emblocamento. Cortes de 4 μ m foram corados pelo método de Hematoxilina e Eosina (Junqueira & Junqueira, 1983), Ácido Periódico de Schiff (McManus, 1946) e Azul de Bromofenol (Pearse, 1960) analisados em microscópio de luz e fotografados. Visando detectar alguma alteração citológica, resultante da ação de patógenos, as análises histológicas foram baseadas na literatura clássica de patologia de crustáceos (Brock & Lightner, 1990; Lightner, 1996).

3.2.3. Estudos Biométricos

Para os estudos biométricos, todos os animais coletados nas cinco estações, foram medidos a largura e comprimento da carapaça e das quelas em mm (Figuras 4 e 5) e tomados o peso total em g. Os dados obtidos foram utilizados para análise estatística entre as populações dos cinco pontos de coleta. A análise consistiu em determinar se havia diferença significativa entre os parâmetros, sendo testada cada variável em relação à “largura da carapaça”, que foi a variável independente utilizada nas equações de regressão linear por transformação logarítmica. Para os pontos de coleta analisados considerou-se estatisticamente a estação de Fortim 1 e 2 como um único ponto, devido a proximidade das duas áreas.

A condição para uso desse modelo foi devidamente atendida quando se constatou a existência de significância estatística entre as variáveis dependente e independente, nas quatro relações, com nível de significância $\alpha = 0,05$.

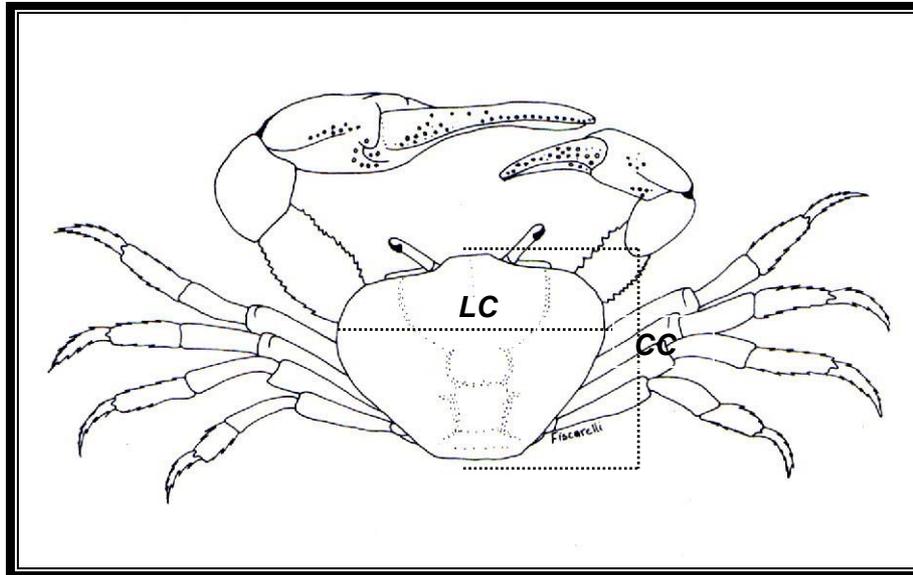


Figura 4. Detalhe das medidas morfométricas de comprimento e largura do cefalotórax, de acordo com Fiscarelli (2001).

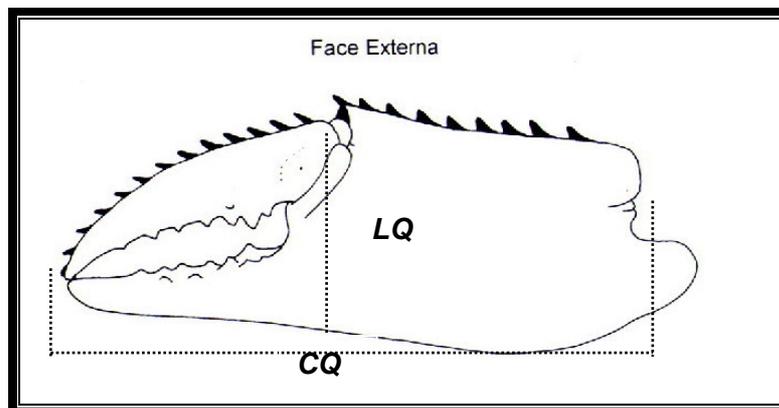


Figura 5. Detalhe das medidas morfométricas de comprimento e largura da quela, de acordo com Fiscarelli (2001).

3.2.4. Bioensaio

Um experimento de campo foi realizado em dois locais de coleta, nas estações E3 (Cumbe) e E4 (Aracati). Duas gaiolas com dimensões de 51 cm de largura, por 32 cm de comprimento e 25 cm de altura (Figura 6) contendo sedimento do próprio mangue foram estocadas com cinco caranguejos em cada uma delas. Essas gaiolas foram fechadas com telas de 10mm e fixadas próximas à saída dos efluentes de camaroneiras. Os animais foram alimentados uma vez ao dia com folhas das próprias árvores do mangue, inclusive *Rhizophora mangle*, sua principal fonte de dieta.

Os animais ficaram expostos às condições do ambiente por um período de 30 dias no período seco (setembro a outubro de 2003) recebendo os efluentes dos viveiros dessas fazendas de camarão, resultantes dos processos de renovação de água e despesca. Os caranguejos funcionaram como indicadores biológicos da qualidade da água dos efluentes que estavam sendo lançados no ambiente, com o objetivo de testar a influência dos mesmos sobre sua sobrevivência.

Encerrando o período estipulado para o bioensaio, os indivíduos foram pesados, medidos e submetidos aos procedimentos para estudos histológicos e hematopoiéticos anteriormente descritos.



Figura 6. Mostrando as gaiolas do experimento enterradas no mangue e cobertas com tela de 10 mm.

3.2.5. Estrutura do Mangue

O estudo da estrutura de mangue foi feito como suporte para se conhecer melhor as características do ambiente onde o caranguejo-uçá *U. cordatus* foi coletado e envolveu a estimativa do porte arbóreo, densidade e número de tocas de caranguejo para cada estação amostrada.

Inicialmente foram selecionadas parcelas de 100m² de acordo com (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986), em uma área do mangue paralela ao estuário. Após determinação da área, todas as árvores dentro da parcela foram contadas para se obter a densidade, estimar a altura e medir o perímetro. As espécies de árvores presentes em cada bosque foram anotadas e o número de tocas de caranguejos dentro de cada parcela foram contadas.

4. RESULTADOS

4.1. Análises Histológicas

As análises histológicas das diferentes estruturas do caranguejo *U. cordatus* mostraram um padrão de normalidade segundo a literatura clássica de patologia Brock & Lightner (1990), não apresentando nenhuma alteração que pudesse evidenciar a ocorrência de enfermidades. Estruturas basófilas e acidófilas foram identificadas e os tecidos observados através de microscopia de luz (brânquias, trato digestório médio, hepatopâncreas e sistema reprodutor) apresentaram-se em bom estado de preservação com células normocíticas e normocrômicas.

4.1.1. Brânquias

O exame macroscópico mostrou que as brânquias apresentavam-se sem melanização e ausência de deposição de material de natureza orgânica e inorgânica, que pudessem interferir no processo respiratório.

As observações histológicas permitiram identificar vários filamentos revestidos por uma cutícula quitinosa, contendo um vaso aferente e outro eferente na região central, por onde circula a hemolinfa. A reação positiva aos métodos de coloração empregados mostrou estruturas basófilas coradas intensamente por hematoxilina, como o núcleo das células pilares que sustentam todo o filamento, estruturas acidófilas coradas por eosina presentes no citoplasma e hemocélio evidente com cutícula contornando todo o epitélio. As lamelas e filamentos das branquiais estavam em bom estado de preservação, não apresentando alterações, deformidades ou qualquer anomalia que pudesse ser indício de alguma patologia. Os epitélios encontravam-se bem definidos com células apresentando características semelhantes à descrição estrutural feita por outros autores (Figura 7).

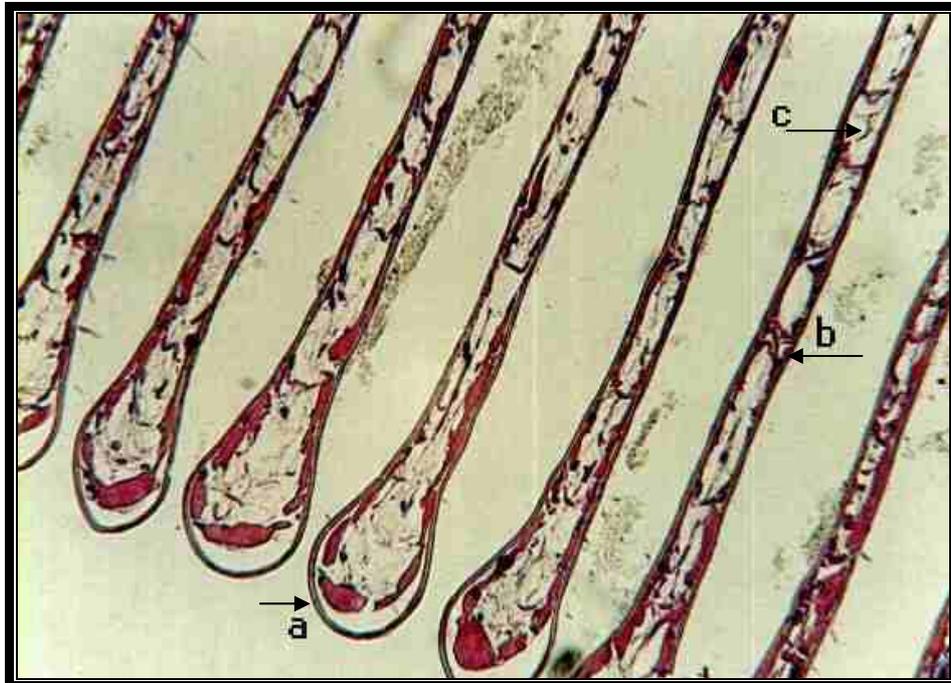


Figura 7. Estrutura dos filamentos branquiais em corte transversal corado por (H-E). (a) cutícula revestindo todos os filamentos; (b) células pilares que dão sustentação às filobrânquias e (c) hemocélio por onde circula a hemolinfa. Aumento de 200x.

4.1.2. Trato Digestório Médio

O trato digestório médio é de um tubo cilíndrico alongado por onde passam os restos alimentares, ligando o estômago ao intestino posterior. Observações indicaram seu bom estado de preservação não apresentando qualquer deformidade ou melanização no tecido.

Microscopicamente foi identificada uma camada de tecido epitelial colunar simples, com núcleo na região basal da célula e uma região citoplasmática conspícua, apresentando características de um tecido com função secretora. O ápice da célula é revestido por uma camada quitinosa. Envolvendo o epitélio, há uma espessa camada de tecido conjuntivo, relacionada ao preenchimento e sustentação. Mais externamente, verificou-se uma camada de tecido muscular que auxilia na contração. Quando corado pela técnica de Hematoxilina & Eosina, o núcleo das células apresentou uma resposta basofílica, corando-se intensamente com Hematoxilina, o que sugere presença de substâncias ácidas, como os ácidos nucleicos. A Eosina corou o citoplasma das células epiteliais, o tecido conjuntivo e de forma mais intensa as fibras musculares (Figura 8).

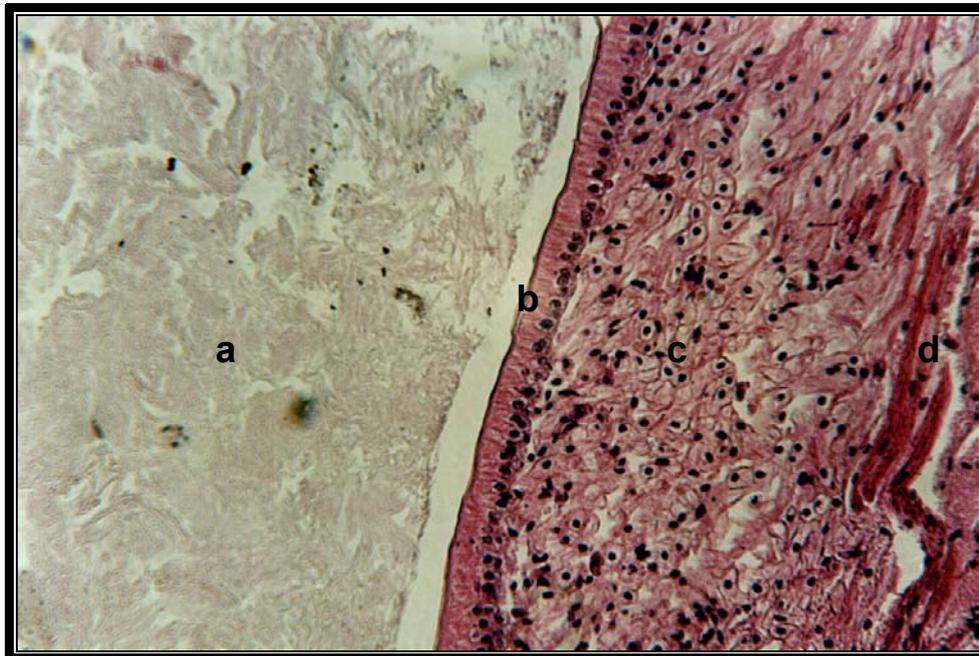


Figura 8. Trato digestório médio em corte longitudinal corado por (H-E). (a) restos alimentares na luz do túbulo; (b) epitélio colunar simples, com núcleo na região basal da célula e citoplasma evidente com ápice celular revestido por quitina; (c) tecido conjuntivo dando sustentação ao tecido epitelial e (d) tecido muscular. Aumento de 200x.

Na coloração com Ácido Periódico de Schiff, observou-se uma reação positiva de cor magenta, nos tecidos epitelial, conjuntivo e muscular e restos de alimento encontrados no interior do trato digestório. Essa coloração sugere a presença de glicogênio e glicoproteínas (Figura 9).



Figura 9. Estrutura do trato digestório médio em corte transversal corado por PAS. (a) restos alimentares no interior do lúmen; (b) tecido epitelial colunar simples; (c) tecido conjuntivo e (d) tecido muscular. Aumento de 200x.

Quando corado por Azul de Bromofenol, o citoplasma das células epiteliais apresentou resposta positiva, o tecido conjuntivo apresentou uma resposta levemente positiva e o muscular fortemente positiva, indicando a presença de proteína em todas as estruturas teciduais (Figura 10).

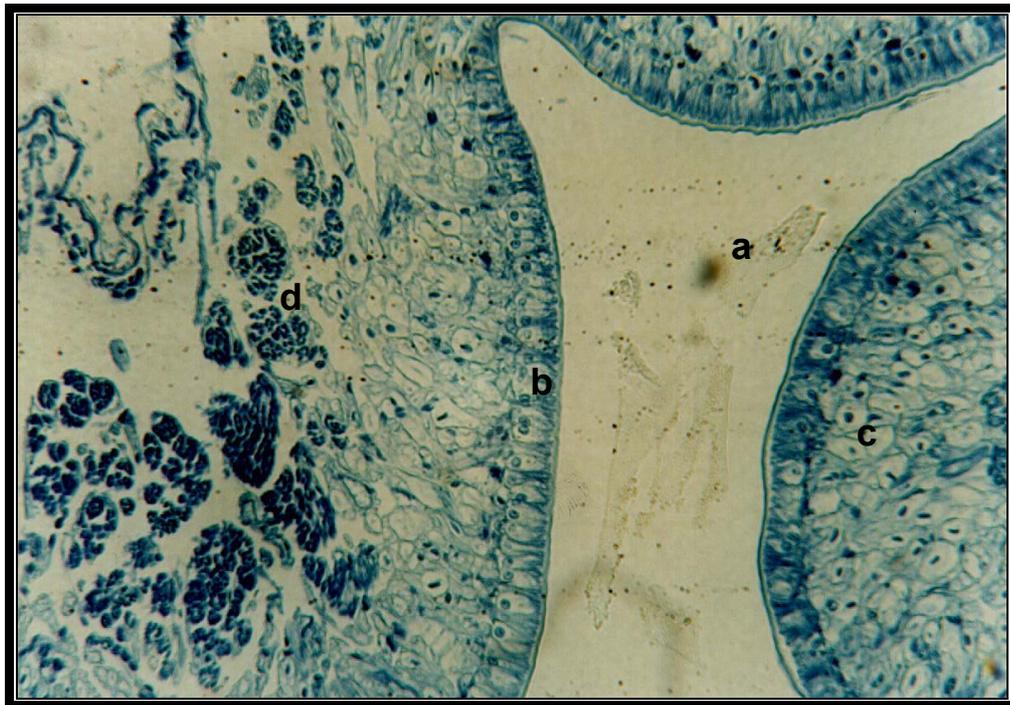


Figura 10. Estrutura do trato digestório médio em corte transversal corado por Azul de Bromofenol. (a) restos alimentares no interior do lúmen; (b) tecido epitelial colunar simples; (c) tecido conjuntivo e (d) tecido muscular. Aumento de 200x.

Os três métodos de coloração (H-E, PAS e AB) foram empregados com o intuito de se observar a reação dos tecidos e dos restos alimentares às diferentes técnicas empregadas. A análise histológica em microscopia de luz das diferentes camadas que compõem o trato digestório médio não evidenciou qualquer modificação tecidual ou citológica, encontrando-se dentro dos padrões morfológicos normais.

4.1.3. Hepatopâncreas

O hepatopâncreas do caranguejo-uçá, *U. cordatus* é formado por dois lóbulos digitiformes que se ligam ao trato digestório anterior na região pilórica (porção mais delgada) através de junções por onde o alimento é selecionado. Parte do alimento que será aproveitado passa para dentro dos túbulos do hepatopâncreas e o restante vai para o trato digestório mediano sendo excretado pela porção posterior. Os lóbulos do hepatopâncreas são formados por túbulos cegos, aonde o alimento chega e sua principal função é a digestão intracelular, apresentando células com diferentes atividades. Através de microscopia óptica foi possível identificar quatro tipos celulares:

(1) Células E: células embrionárias indiferenciadas com núcleos arredondados que ocupam a maior parte do volume celular e apresentam uma membrana nuclear lisa. São muito abundantes, pequenas e de coloração intensa podendo ser observadas na porção distal dos túbulos do hepatopâncreas.

(2) Célula F: são células fibrilares, com núcleos localizados próximos à região basal, tendo forma alongada e estreita na região apical, e respondem intensamente a corantes básicos como a Hematoxilina.

(3) Célula R: células reabsortivas, mais abundantes no hepatopâncreas e possuem núcleo próximo à sua região basal. Elas são localizadas principalmente na região intermediária dos túbulos.

(4) Célula B: tipos celulares de secreção, bem vacuoladas e em grande número no hepatopâncreas. Sua forma é globosa e tem núcleo restrito à região basal. São encontradas na região proximal intermediária dos túbulos e estão provavelmente envolvidas com a digestão na região proximal no lúmen e assimilação de nutrientes.

Todas as células foram coradas pela metodologia (H-E) e responderam positivamente a ambos os corantes com núcleos corando-se intensamente por Hematoxilina em resposta as substâncias basofílicas presentes e citoplasma corando-se intensamente com Eosina devido à presença de substâncias acidófilas (Figura 11-14).

Esta descrição é compatível com os padrões de normalidade desse órgão descrita anteriormente por outros autores.



Figura 11. Túbulos de hepatopâncreas em corte transversal, (a) célula E no ápice do túbulo. Corada por H-E. Aumento de 200x.

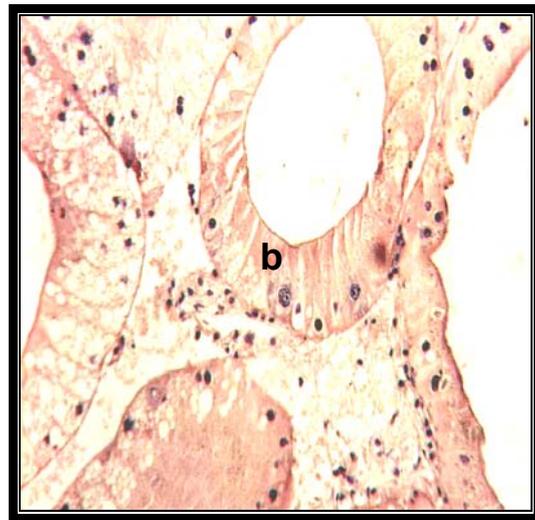


Figura 12. Túbulo de hepatopâncreas em corte transversal, (b) célula R. Corada por H-E. Aumento de 200x.

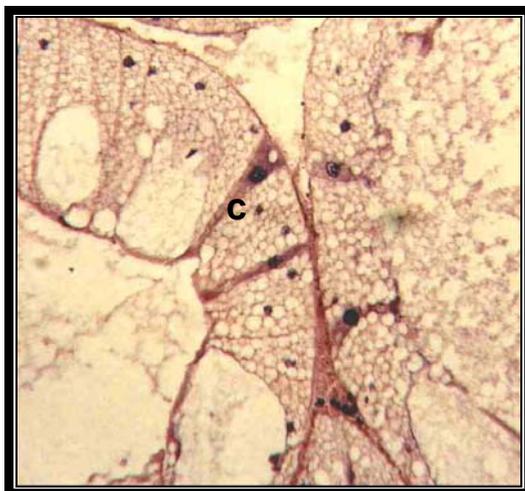


Figura 13. Túbulo de hepatopâncreas em corte transversal, (c) célula F. Corada por H-E. Aumento de 400x.



Figura 14. Túbulo de hepatopâncreas em corte transversal, (d) célula B. Corada por H-E. Aumento de 400x.

4.1.4. Sistema Reprodutor Masculino

observações macroscópicas do sistema reprodutor masculino de *U. cordatus* confirmaram as descrições feitas por (Leite, 2002); um par de testículos unidos entre si por uma ponte transversal, apresentando a forma de um *H* alongado, quando vistos dorsalmente, um par de vasos deferentes desembocando nos gonóporos, onde se localizam os apêndices penianos. Nos indivíduos imaturos os testículos são transparentes, tornando-se esbranquiçados, quando progride o processo de maturação.

Nas análises microscópicas de diferentes indivíduos foi identificada uma zona germinativa localizada na região anterior do testículo contendo células em diferentes estágios de desenvolvimento, podendo ser diferenciadas em 4 estágios de acordo com a relação núcleo-citoplasma (Figura 15):

(1) Espermátogônias são células com núcleo esférico, basofílico e bem desenvolvido em relação ao citoplasma, que aparece como uma faixa estreita. O citoplasma é acidofílico e reduzido quando comparado ao núcleo.

(2) Espermátócitos também possuem um núcleo bem desenvolvido em relação ao citoplasma. Entretanto, sua cromatina apresenta-se mais condensada reagindo mais intensamente à hematoxilina.

(3) Espermátides são células menores que as espermátogônias e os espermátócitos. Seu citoplasma é eosinófilo e o núcleo apresenta uma zona mais intensamente corada em um dos pólos.

(4) Os espermatozóides, o estágio mais avançado de maturação da linhagem germinativa, são células de menor tamanho. Possuem formato esférico e apresentam uma região acrossômica. Essas células são facilmente visualizadas ocupando o interior dos ácinos testiculares. Seguindo-se em direção à região mediana do testículo, foi observado externamente um material fibroso revestido por um epitélio simples pavimentoso.

O sistema reprodutor masculino não apresentou nenhum indício de alterações anátomo-patológica e as células da zona germinativa encontravam-se em bom estado de preservação e em diferentes estádios de desenvolvimento.

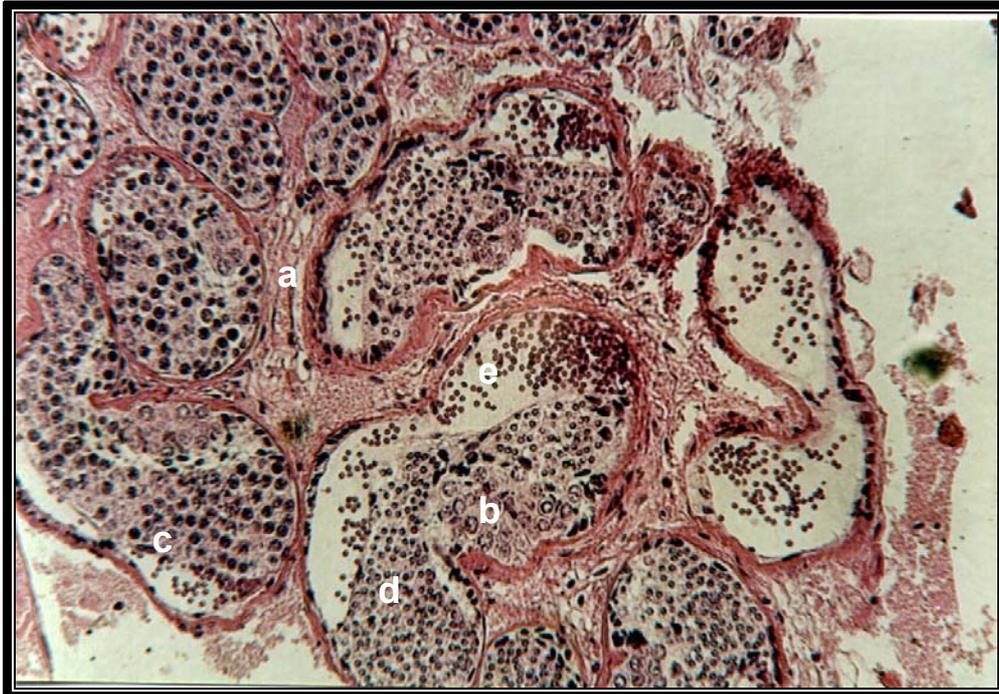


Figura 15. Estrutura da região anterior do testículo, mostrando células da linhagem germinativa em diferentes estágios de desenvolvimento. O corte transversal foi corado por (H-E). (a) tecido fibroso dividindo os ácidos; (b) espermatogônias; (c) espermatócitos; (d) espermatídes; (e) espermatozóides. Aumento de 200x.

4.1.5 Sistema Reprodutor Feminino

Os exames macroscópicos do sistema reprodutor feminino do caranguejo *U. cordatus* permitiram identificar as estruturas anteriormente estudadas: um par de ovários localizados dorsalmente no cefalotórax, dois ovidutos e dois receptáculos seminais, todas em perfeito estado de preservação.

Foi possível caracterizar quatro estádios de desenvolvimento ovariano. Estádio I – ovário delgado de coloração esbranquiçada; Estádio II – lobos de maior tamanho e com coloração amarelada ; Estádio III – ovários volumosos com coloração intensa entre laranja e vermelho; Estádio IV - ovários flácidos e pardacentos com diminuição do volume.

Exames histológicos dos ovários não detectaram nenhuma alteração nos tecidos e células, que reagiram positivamente às técnicas de coloração empregadas e demonstraram bom estado de preservação. Foi possível diferenciar as estruturas celulares e o grau de maturação de acordo com a relação núcleo-citoplasma descrita anteriormente por outros autores (Figuras 16 a19).

Oogônias: localizadas na região interior da zona germinativa, possuem forma arredondada e são as menores células da linhagem germinativa.

Oócitos pré-vitelogênicos: são células um pouco maiores que as oogônias com nucléolo bem evidente e aumento de citoplasma em relação ao núcleo.

Oócitos vitelogênicos: possuem forma arredondada e podem ser observadas em toda a extensão do ovário. O volume citoplasmático é bem maior em relação ao das células germinativas descritas acima.

Oócitos maduros: apresenta um citoplasma bastante volumoso, são as maiores células da linhagem germinativa e o citoplasma é totalmente preenchido por grânulos de vitelo. O núcleo pequeno muitas vezes não é evidenciado.

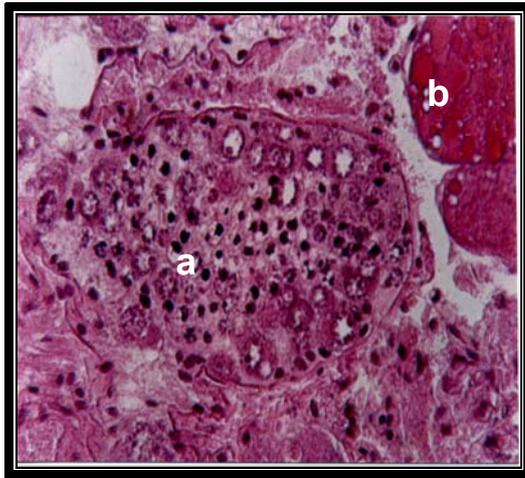


Figura 16. Oogônias dentro da zona germinativa (a) mostrando o arranjo e estrutura da cromatina no interior do núcleo. (b) oócito vitelogênico. Corado por H-E. Aumento de 200x.

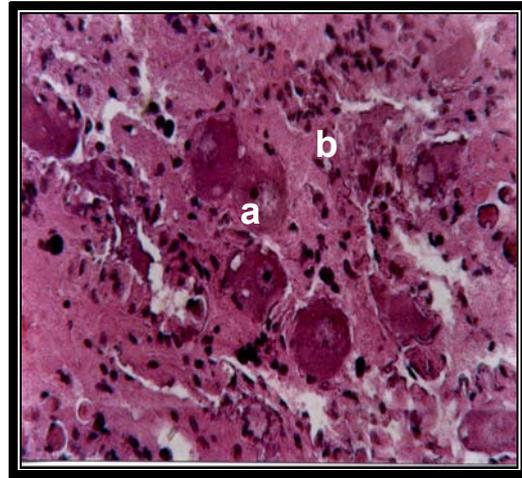


Figura 17. Secção do lobo ovariano mostrando oócitos pré-vitelogênicos (a), circundados por células foliculares (b). Corado por H-E. Aumento de 200x.



Figura 18. Oócitos vitelogênicos mostrando (a) nucléolo condensado, (b) citoplasma com grânulos de vitelo e (c) células foliculares em torno dos oócitos. Corado por H-E. Aumento de 200x.

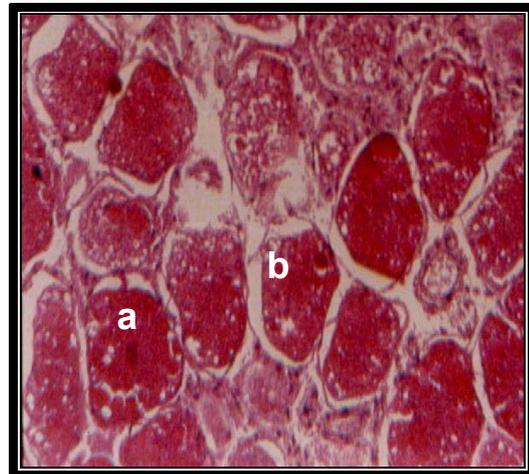


Figura 19. Oócitos maduros (a) e (b) reagindo intensamente à Eosina. Aumento de 200x.

4.2. Contagem Total de Hemócitos

A hemolinfa apresentou células (hemócitos) visíveis ao microscópio de luz, podendo ser identificados três tipos: hialinas, semigranulares e granulares. A contagem total de hemócitos (CTH) e a análise estatística demonstraram que: através da Análise de Variância, a hipótese de nulidade foi rejeitada ($F = 3,24$; $P < 0,05$), tendo-se concluído que o número de hemócitos no caranguejo-uçá foi diferente pelo menos em uma das áreas do Baixo Jaguaribe. O teste de Tukey, com valor de $HSD = 0,358$, usado para a comparação das quatro médias indicou a ocorrência de diferença significativa $HSD = 0,391$ apenas entre as médias dos indivíduos coletados no Cumbe e Fortim (Figura 20).

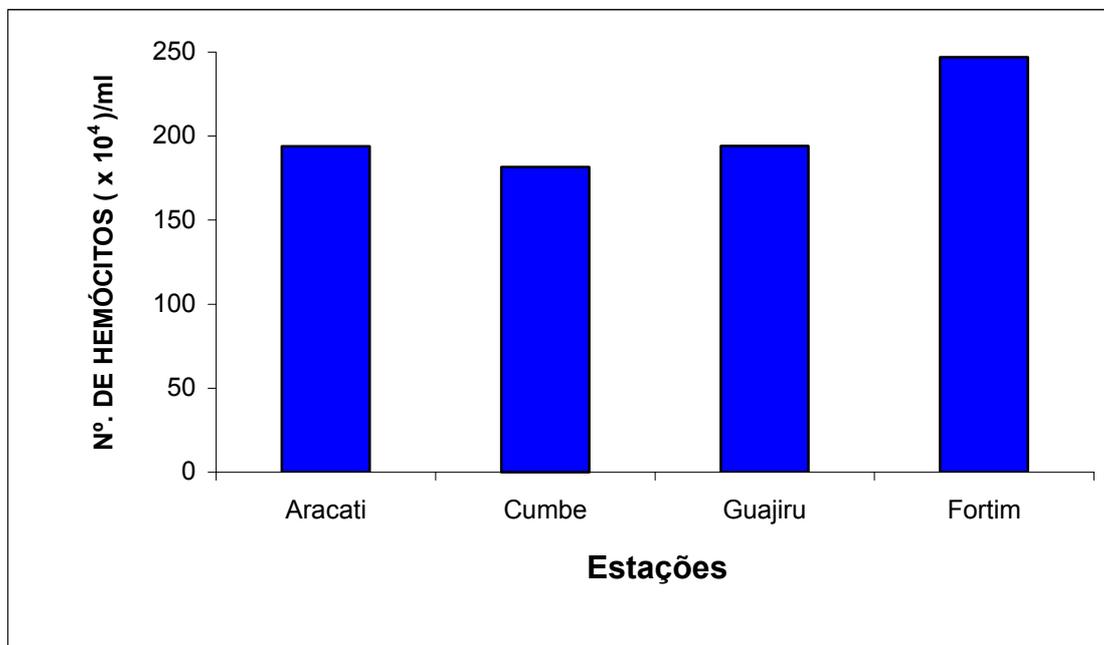


Figura 20. Número médio da contagem total de hemócitos (CTH) do caranguejo *U. cordatus* distribuída por estações de coleta.

4.3. Médias Morfométricas das Populações de *Ucides cordatus*

Na tabela 1 são apresentadas as medidas morfométricas das populações de caranguejo-uçá estudadas nos cinco pontos de coleta, separadas por sexo.

Tabela 1. Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão, para LC, CC, CQM e CQm em milímetros e PT em gramas, das populações de *Ucides cordatus* dos quatro pontos de coleta.

Sexos	Medida Analisada	Nº de Indiv.	Média	Desv. Pad.	Val. Mín.	Val. Máx.
Machos	LC	226	61,61	7,94	36,5	79,1
	CC	226	47,32	5,74	29,6	59,9
	CQM	193	52,55	10,76	27,4	77,5
	CQm	198	36,03	7,61	14,3	64,5
	PT	152	109,01	40,7	30	205
Fêmeas	LC	59	56,41	7,08	43,5	69,9
	CC	59	44,02	5,53	34,5	54,5
	CQM	50	39,45	7,34	26,2	50,6
	CQm	52	29,01	3,65	21,5	35,1
	PT	42	77,65	30,28	35	145

LC = Largura da Carapaça; CC = Comprimento da Carapaça; CQM = Comprimento da Quela Maior; CQm = Comprimento da Quela Menor; PT = Peso Total.

Em todos os valores analisados, o maior desvio padrão foi no peso total tanto para machos como para fêmeas. Já para a largura da carapaça o maior valor encontrado foi de (79,1 mm) para machos e (69,9 mm) para fêmeas. Em relação à média da LC os machos também apresentaram um valor maior (61,61 mm) do que as fêmeas que foi de (56,41 mm). Nas medidas de CQm o valor foi de (14,3 mm) para machos e (21,5 mm) para fêmeas apresentando um desvio padrão de 7,61 para machos e 3,65 para fêmeas.

4.4. Testes Estatísticos entre as Populações

As populações de *U. cordatus* estudadas abrangeram os cinco pontos de coleta, tentando verificar a relação entre o tamanho das populações e possível diferença estatística significativa entre as mesmas.

Na análise da influência espacial sobre a variação do tamanho do caranguejo-uçá, verificou-se a ausência de diferença estatística entre subáreas do Fortim, conforme os valores estimados de t para as seguintes relações: CC/LC ($t = 1,034$; $P > 0,05$); CQM/LC ($t = 0,291$; $P > 0,05$); CQm/LC ($t = 1,293$; $P > 0,05$); PT/LC ($t = 0,620$; $P > 0,05$). Portanto, os dados foram agrupados na área Fortim para compor a análise espacial entre as quatro áreas estudadas, com o seguinte resultado: aceita-se a hipótese de nulidade ($F = 2,04$; $P > 0,05$) de que não há diferença entre as populações de caranguejo-uçá no Baixo Jaguaribe no que diz respeito à sua morfometria (Figura 21).

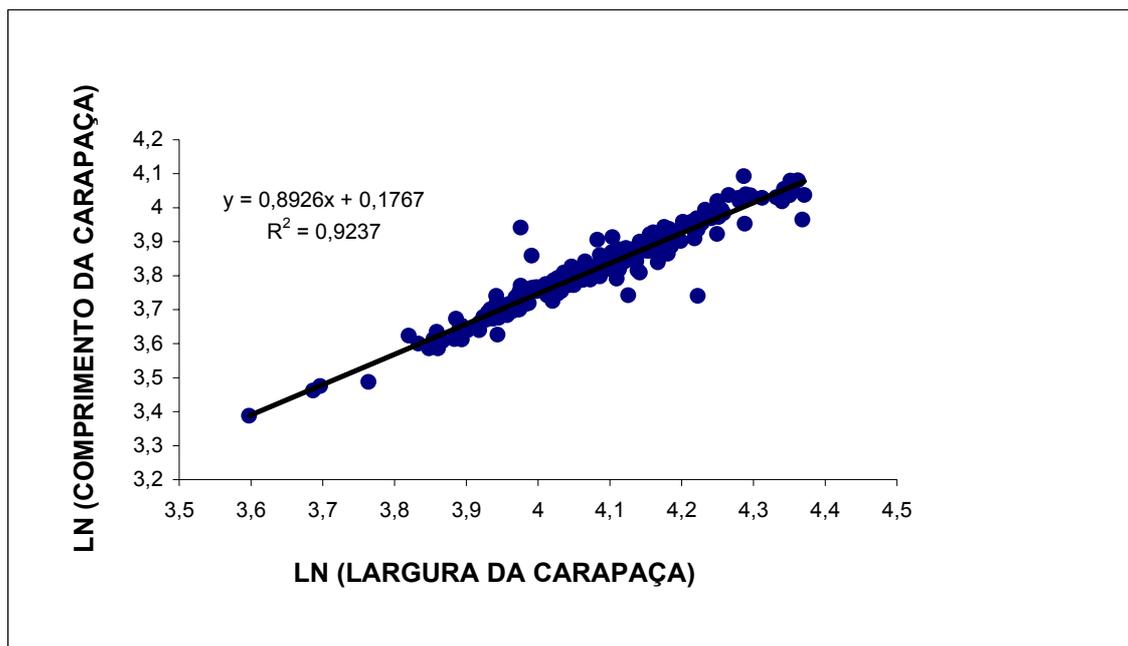


Figura 21. Reta de regressão do comprimento x largura da carapaça das populações de *Ucides cordatus*. Indivíduos coletados nas cinco Estações.

4.5. Condições Ambientais

4.5.1. Teste com Gaiolas

Após um mês de exposição em ambiente natural recebendo os efluentes das camaroneiras nos canais de drenagem, todos os animais foram retirados das caixas nas estações E3 e E4 (Cumbe e Aracati) respectivamente. Como resultados, observou-se que os animais consumiram o alimento ofertado diariamente e apresentaram-se sem alterações externas e com suas funções vitais normais (locomotoção e respiração). Não foi registrada nenhuma mortalidade durante o período experimental.

Os estudos hematopoiéticos, realizados em laboratório, revelaram um padrão normal na média da contagem total dos hemócitos por ml. Para os indivíduos testados na Estação 3 obteve-se 126×10^4 hemócitos/ml (DP 46,60) e os indivíduos da Estação 4 161×10^4 , (DP 63,93). Na análise histológica das estruturas estudadas brânquias, hepatopâncreas, trato digestório mediano e sistema reprodutor observou-se células e tecidos dentro de um padrão de normalidade.

4.5.2. Estrutura do Mangue

Após levantamento da estrutura do mangue de cada estação, pode-se fazer uma avaliação pontual das condições do ambiente, com base na medição dos parâmetros referidos na literatura especializada e as seguintes características foram encontradas:

Estação 1 (Fortim) margem direita da foz do Rio Jaguaribe (Figura 22) - manguezal na boca do estuário dominado por árvores da espécie *Avicennia germinans*, 10 exemplares, 5 exemplares de *Laguncularia racemosa* e 5 de *Rhizophora mangle* com altura média de 5,0 m, perímetro médio de 1,0 m por parcela de 100 m². Um total de 35 tocas de caranguejo foram contadas.

Estação 2 (Fortim) no leito do Rio Jaguaribe em frente ao porto pesqueiro (Figura 23) - manguezal ribeirinho, dominado pela espécie *Avicennia germinans* com 10 exemplares, 5 exemplares de *Laguncularia racemosa* e 5 de *Rhizophora mangle*, com altura média de 5,0 m, perímetro de 0,8 m por parcela de 100 m². Um total de 40 tocas de caranguejo foram contadas.

Estação 3 (Cumbe) – manguezal dominado por *Avicennia germinans*, densidade de 10 árvores por parcela, tendo apenas 3 exemplares de *Laguncularia racemosa*, com

altura média de 5,0 m, perímetro 0,8 m e ausência de *Rhizophora mangle* (Figura 24). 42 tocas de caranguejo foram contadas nesta parcela.

Estação 4 (Aracati) (Figura 25) – manguezal ribeirinho, dominado por árvores de espécie *Avicennia germinans* com de 10 árvores por parcela, foram registrados apenas 3 exemplares de *Laguncularia racemosa*, com altura média de 4,0 m, perímetro de 0,8 m sem a presença de *Rhizophora mangle*, 46 tocas de caranguejo foram contadas.

Estação 5 (Guajiru) – manguezal muito degradado, composto somente por arbustos. A espécie *Avicennia germinans* é dominante, tendo apresentado uma densidade de 170 exemplares, altura média de 1,8 m e perímetro de 8,0 cm. Para as demais espécies foram registradas: *Laguncularia racemosa* com densidade de 30 exemplares, altura média de 3m e perímetro de 17 cm; *Rhizophora mangle* com 6 exemplares, altura média de 1,8 m e perímetro de 10 cm. Foi também registrada elevada intensidade de herbivoria (>50% da área foliar) indicando estresse ambiental significativo (Figura 26). Um total de 40 tocas de caranguejo foi contado.



Figura 22. Estação 1 (Fortim) mangue na margem direita do Rio Jaguaribe.



Figura 23. Estação 2 (Fortim) mangue no leito do Rio Jaguaribe em frente ao porto pesqueiro.

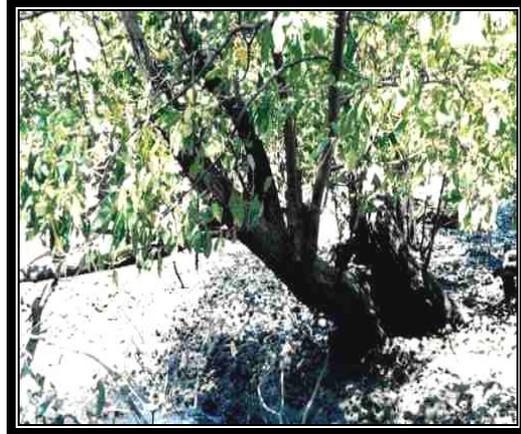


Figura 24. Estação 3 (Cumbe) mangue na região de Canavieiras.



Figura 25. Estação 4 (Aracati) mangue localizado na Ilha dos Veados.



Figura 26. estação 5 (Guajiru) mangue controle localizado as margens do Rio Pirangi.

4.5.3. Parâmetros Físico-Químicos

Na tabela 2 são apresentados os valores obtidos das variáveis medidas por ocasião das coletas nos períodos seco e chuvoso em todos os pontos amostrais: Amônia (Figura 27), Nitrito (Figura 28), Nitrato (Figura 29), Fósforo (Figura 30), bem como a medição de alguns parâmetros como: Sólidos em suspensão, OD, DBO, pH, Salinidade e Temperatura. Todas as medidas foram apenas pontuais.

Tabela 2. Variáveis ambientais medidas pontualmente nas estações de coleta entre os períodos seco e chuvoso entre maio de 2002 e dezembro de 2003.

Variáveis	Período Seco					Período Chuvoso				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
Amônia (mg/l)	0,104	0,065	1,50	2,40	2,03	1,04	2,32	0,42	0,36	0,56
Nitrito (mg/l)	0,005	0,004	0,018	0,006	0,01	0,003	0,002	0,02	0,02	0,002
Nitrato (mg/l)	0,88	1,03	0,209	0,443	0,89	1,45	1,41	0,29	0,25	0,23
Fósforo (mg/l)	0,004	0,001	0,085	0,008	0,01	0,12	0,12	0,21	0,27	0,30
Sólidos (mg/l)	25,8	37,2	9,4	166,4	52,4	7,7	6,5	50,0	43,0	43,2
OD (mg/l)	7,4	8,5	5,6	7,6	6,5	4,1	4,0	6,0	3,54	4,3
DBO (mg/l)	3,5	2,6	14,6	21,8	19,1	5,9	6,3	5,7	14,3	18,4
pH	8,6	8,8	9,7	8,5	8,1	8,1	7,9	8,5	8,5	8,0
Salinidade (‰)	40,0	40,0	26,6	37,0	53,0	36,7	38,0	12,3	16,6	28,6
Temp. (°C)	28,8	28,4	30,0	30,0	29,8	29,4	29,8	30,5	27,8	28,7

Dentre os parâmetros amostrados observou-se que as concentrações de fósforo foram mais altas nas estações E3, E4 e E5, durante o período chuvoso. O total de sólidos em suspensão foi maior para as estações E4 e E5 no período seco e E3, E4 e E5 no período chuvoso. O oxigênio dissolvido manteve-se acima de 5 mg/l para todos os pontos amostrados durante o período seco. No período chuvoso apenas a estação E3 teve a média em 6 mg/l os demais pontos ficaram abaixo. A DBO foi maior para os pontos E3, E4 e E5 no período seco e durante o período chuvoso foi maior nas estações E4 e E5. A maior salinidade foi observada na estação E5 durante o período seco, caindo quase 50% no período chuvoso.

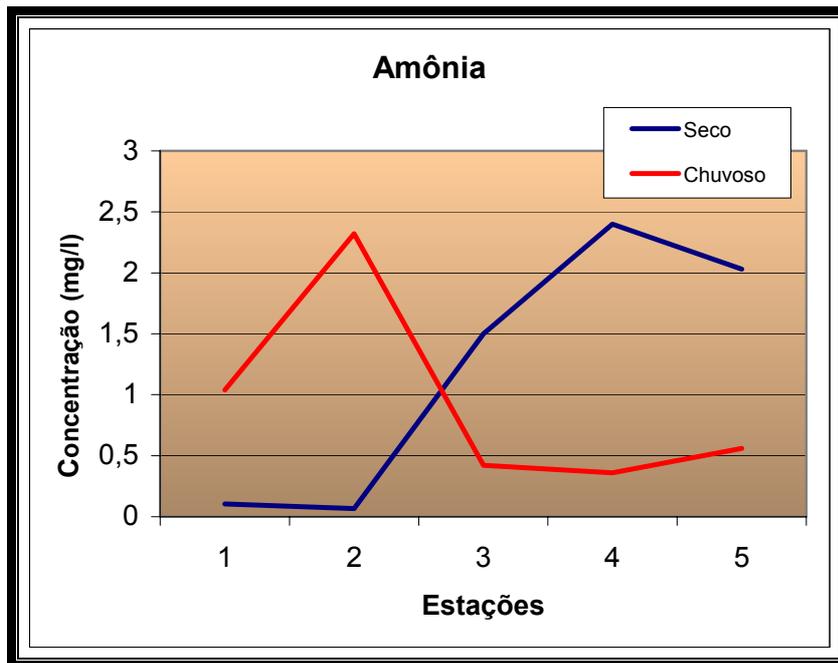


Figura 27. Concentração de amônia nos cinco pontos de coleta entre as estações seca e chuvosa no período de maio de 2002 a dezembro de 2003.

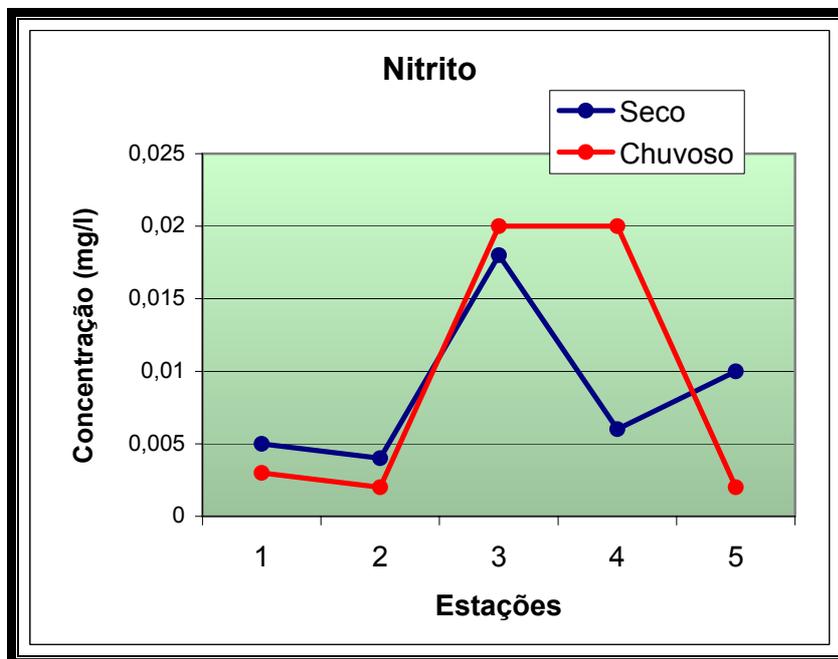


Figura 28. Concentração de Nitrito nos cinco pontos de coleta durante os períodos seco e chuvoso entre maio de 2002 e dezembro de 2003.

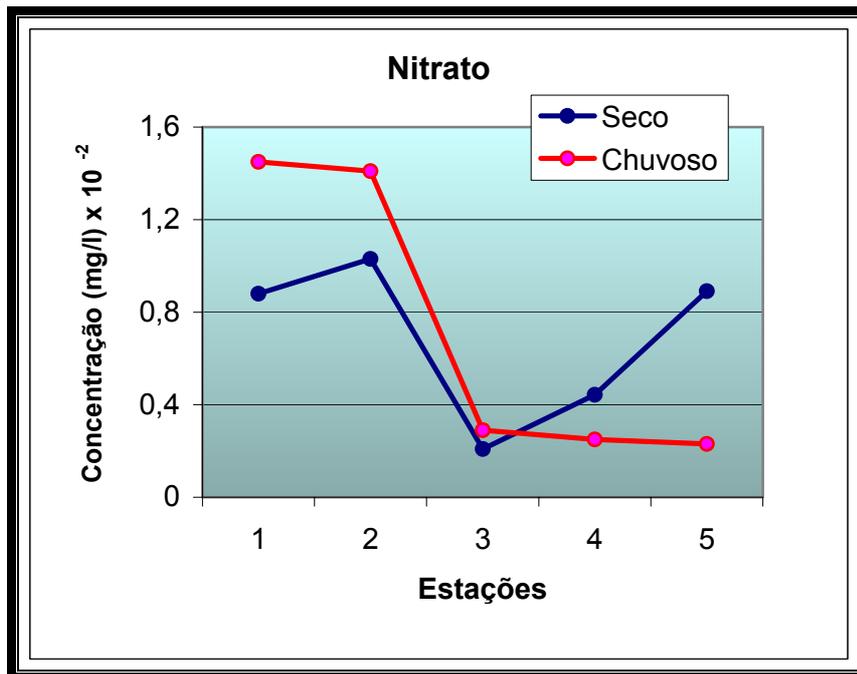


Figura 29. Disposição de nitrato no ambiente em cada ponto de coleta durante o período seco e chuvoso entre maio de 2002 e dezembro de 2003.

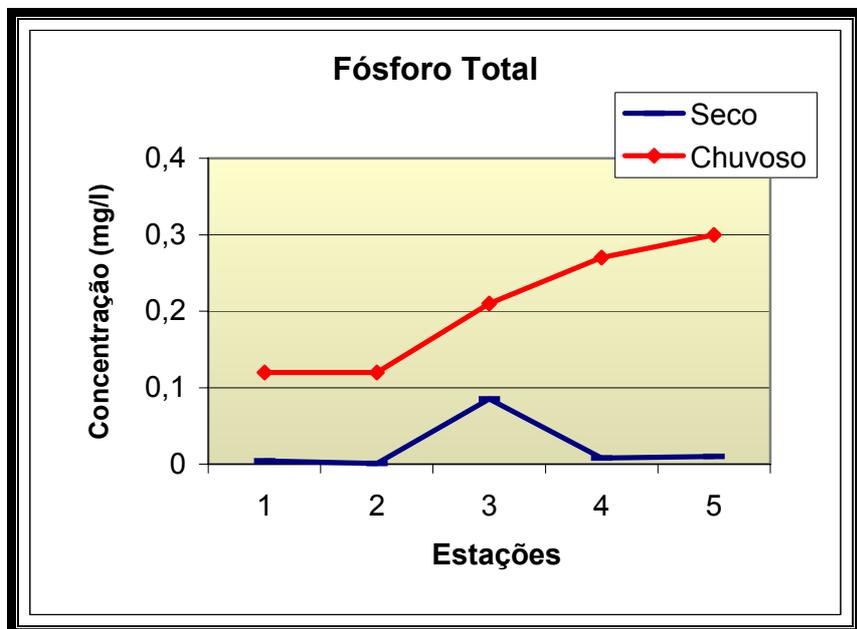


Figura 30. Concentração de Fósforo no ambiente em cada ponto de coleta durante o período seco e chuvoso entre maio de 2002 e dezembro de 2003.

5. DISCUSSÃO

Em muitas espécies de crustáceos, a transição do ambiente marinho para o de água salobra, foi possível através de ajustes evolutivos ao longo do tempo, associados ao desenvolvimento de um mecanismo eficaz de absorção de íons, que resultou em uma hemolinfa hiperosmótica para ambientes de baixa salinidade ou com baixa média de íons (Martinez *et al.*, 1998). O mecanismo de osmorregulação nas brânquias de crustáceos isópodes e braquiópodes que utilizam nesses ambientes, processos de captação e extrusão de íons para manter a salinidade do corpo constante foi descrito por (Péquex, 1995). Nos crustáceos de um modo geral as brânquias posteriores, glândula antenal e trato digestório médio estão envolvidos com os balanços osmótico e iônico (Mantel & Farmer, 1983).

Atualmente, acredita-se que fatores neuroendócrinos controlam o transporte de íons no epitélio das brânquias de crustáceos, especialmente nas brânquias posteriores, como foi observado no caranguejo chinês *Eriocheir sinensis* (Mo *et al.*, 2003).

Em *U. cordatus* estudos revelaram que a ativa captação de íons se deve ao processo de osmorregulação realizado pelas brânquias. No quinto par de brânquias, a permeabilidade ao íon sódio é bem maior do que no sexto par, que é mais permeável ao íon cloreto, sugerindo diferenças funcionais em brânquias adjacentes e mostrando o papel fundamental dessas estruturas no processo de regulação osmótica (Martinez, 1998). Nos caranguejos de mangue as células epiteliais dessas são ricas em mitocôndrias e possuem dobras baso-laterais bem desenvolvidas, indicando seu envolvimento no processo osmorregulatório (Compère *et al.*, 1989).

Portanto, o caranguejo-uçá dispõe de fortes mecanismos de captação de íons, que permitem sua adaptação às variações sazonais de salinidade ou de ciclos de marés (Herris & Santos, 1993). Desta forma, as variações de salinidade observadas por ocasião das coletas não devem afetar a sobrevivências dos indivíduos nas áreas estudadas.

Os demais pares de brânquias têm funções exclusivamente de respiração e excreção, podendo assim realizar trocas gasosas de forma eficaz permitindo a filtração de água para obtenção de oxigênio e excreção de resíduos provenientes do metabolismo celular (Goodman & Cavey, 1990).

Durante a pesquisa, o estado e preservação citológica observados nas brânquias dos caranguejos analisados permitem afirmar que os indivíduos estavam aptos para realizar satisfatoriamente os processos de osmorregulação. Contudo, estudos realizados por Lacerda *et al.*, (2004) detectaram que a bacia inferior do Rio Jaguaribe recebe uma

carga de metais pesados de origem antrópica (efluentes agropecuários e urbanos) que ultrapassam as cargas naturais. Como resultado foram observadas elevadas concentrações de cobre no sedimento com variações de 3,0 a 17,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$, os maiores valores sendo registrados abaixo da Cidade de Aracati.

Numerosos estudos têm reportado a ação do cobre e outros metais traço em crustáceos, principalmente na espécie *C. maenas*, tendo-se detectado os primeiros sinais de danos nas brânquias como hiperplasia epitelial, necrose, vacuolização e infiltração hemocítica, em níveis em torno de 100 $\mu\text{g Cu l}^{-1}$ biodisponíveis (Hebel, 1997; Hebel *et al.*, 1999). Portanto, em concentrações inferiores àquelas encontradas por (Lacerda *et al.*, 2004). Contudo, esses resultados podem ser considerados como um sinal de alerta sob o ponto de vista ambiental.

Para análise do trato digestório utilizou-se o intestino médio que está subdividido em três camadas teciduais distintas as quais podem ser visualizadas em microscopia óptica. O exame histológico não mostrou alterações patológicas em nenhuma dessas camadas, e as características das células e tecidos descritas no presente estudo são compatíveis com aquelas encontradas por (Valentim-Neto, 2002). Kaushik & Kumar (1998) estudando o caranguejo de água doce *Paratelphusa masoniana* observaram a presença de mais uma camada formada por fibras musculares circulares. Esses autores observaram lesões e redução no tecido epitelial do trato digestório médio dessa espécie, expostos a pesticidas organoclorados e organofosforados mesmo em doses sub letais. Vale salientar que estes compostos são comuns aos defensivos agrícolas.

A produção agrícola em larga escala, bem como a fruticultura irrigada, levam seus produtores a utilizarem agrotóxicos sem os cuidados devidos para evitar danos aos ambientes estuarinos. É necessário salientar ainda que todos os empreendimentos e atividades produtivas estão, em geral, localizados nas áreas correspondentes às bacias de drenagem, o que deixa as áreas estuarinas expostas aos seus impactos mesmo que ocorram distante da zona costeira (Madrid, 2004). Portanto, com estímulo ao crescimento desse agronegócio na Região do Baixo Jaguaribe, faz-se necessário uma ampla investigação sobre os níveis residuais de defensivos agrícolas nas populações naturais.

A terceira estrutura analisada na presente pesquisa foi o hepatopâncreas, cujas células identificadas, estavam em consonância com descrições anteriores feitas por outros decápodes (Corrêa-Júnior *et al.*, 2002; 2003; Icelly & Nott, 1992). Bell & Lightner (1988), estudando a histologia do hepatopâncreas em camarões peneídeos, chamaram a atenção para o aspecto convexo das células B, quando comparadas às outras células dos

túbulos, que são achatadas. Morfologia semelhante foi observada no caranguejo-uçá, durante as análises histológicas. Algumas discussões foram levantadas sobre quais seriam as funções específicas de cada célula do hepatopâncreas. Caceci *et al.*, (1988) estudando esta glândula no camarão *Litopenaeus vannamei* sugeriu que a célula B é o agente principal de liberação de enzimas para a digestão. Stanier *et al.*, (1966), sugeriu que essas funções no siri *C. maenas* estariam ligadas à secreção de enzimas digestivas, absorção e armazenamento de lipídeo, glicogênio e cálcio. Para Corrêa-Júnior *et al.*, (2002) as células B, em *U. cordatus*, estão envolvidas principalmente com a digestão e limpeza do lúmen celular. Observações sobre a estrutura das células B no hepatopâncreas de *U. cordatus* identificaram a presença de vacúolos bem evidentes, compatíveis com sua função secretora e núcleo basal.

Algumas enfermidades causadas por vírus, bactérias e ricketzias têm sido registradas em crustáceos decápodes. Estas enfermidades costumam atacar diferentes órgãos, podendo em fase aguda, causar elevada mortalidade.

Johnson (1978), registrou um *Baculovirus*, classificado como Báculo A, como o agente causador da virose mais comum à espécie *Callinectes sapidus*. Este vírus infecta o núcleo das células epiteliais do hepatopâncreas formando corpos de inclusão. As células R (células de reserva) são as mais atingidas, caracterizando-se por núcleos hipertrofiados. Enfermidade semelhante foi diagnosticada em *Carcinus mediterraneus*, sendo responsável por altos índices de mortalidade (Pappalardo & Bonami, 1979).

Um rastreamento criterioso foi feito nas células dos túbulos do hepatopâncreas do *U. cordatus*, não tendo sido detectadas alterações compatíveis com as patologias descritas na literatura.

O fato de terem sido identificadas gônadas de machos e fêmeas em diferentes estádios de desenvolvimento durante as coletas e apresentando características semelhantes às descritas por Mota-Alves (1975), Leite (2002) e Santana (2002) para a mesma espécie, além da captura de fêmeas ovígeras, sugere que as condições do ambiente, onde os indivíduos foram amostrados, permitem a realização do processo reprodutivo com sucesso.

A reprodução de crustáceos é um processo complexo intermediado por diferentes hormônios, podendo ser afetado por metais pesados e outros poluentes (Rodriguez *et al.*, 2000). O cádmio, por exemplo, pode reduzir a fecundidade e a taxa de eclosão das larvas (Nagui & Howell, 1993) e o mercúrio inibir a maturação ovariana (Reddy *et al.*, 1997).

A contagem total dos hemócitos mostrou que os resultados obtidos pela análise estatística não evidenciaram nenhuma diferença significativa entre as médias das estações Fortim, Aracati e Guajiru, embora tenha sido maior nos indivíduos amostrados no Fortim. A média encontrada no Cumbe foi menor e estatisticamente diferente em relação ao Fortim que foi usado como parâmetro por ter alcançado maior média. Alterações na reação imune em invertebrados, inclusive aumento ou depleção no número de hemócitos podem resultar da ação de fatores externos incluindo mudanças na temperatura, salinidade e poluentes (Le Moullac & Haffner, 2000). A contagem total de hemócitos é um dos parâmetros mais utilizados para monitorar o estado de saúde em crustáceos e sua modulação foi descrita para diferentes espécies, relacionada a diferentes fatores de estresse ambiental e/ou fisiológicos (Le Moullac & Haffner, 2000; Perazzolo *et al.*, 2002) e variadas injúrias e infecções (Hennig *et al.*, 1998). Segundo Barracco (*in press*) o estabelecimento de parâmetros hemato-imunológicos como indicadores de saúde em crustáceos é ainda um campo novo e pouco fundamentado. Apesar de extremamente útil e promissor ainda existe a necessidade de ser selecionado um painel desses parâmetros que seja sensível e de resposta inequívoca capaz de expressar com precisão a condição de saúde desses animais.

No experimento de campo com gaiolas, que serviu para avaliar a qualidade do ambiente próximo às fazendas de camarão, os animais apresentaram no final do bioensaio atividade normal comum à espécie, não tendo sido registrada mortalidade durante esse período, demonstrando que as condições do meio estavam compatíveis com a sobrevivência dos indivíduos e sugerindo a ausência de poluentes que pudessem vir a causar qualquer dano à saúde dos animais, confinados nos locais de saída dos efluentes das camaroneiras.

A percepção de que todos os efluentes de viveiros de carcinicultura causam danos ao meio ambiente é um pouco equivocada, pois o impacto depende largamente da quantidade e qualidade da massa receptora. Por exemplo, viveiros costeiros circundados por oceanos pobres em nutrientes, efluentes mesmo moderadamente mesotróficos poderão modificar o padrão de qualidade do ambiente caracterizado por baixa concentração de nutrientes, pigmentos e material em suspensão (Ziemann *et al.*, 1992). Por outro lado a descarga de viveiros em águas eutróficas, organicamente ricas, têm pouco ou nenhum impacto (Moss *et al.*, 2001).

Robertson & Phillips (1995), compararam efluentes de descarga de um viveiro de cultivo intensivo de camarão com a água de um manguezal não impactado. Embora eles

tenham encontrado que os níveis amônia e clorofila dos efluentes eram uma ou duas vezes maiores do que no manguezal, eles também observaram que as concentrações de nitrato, fosfato e sólidos totais em suspensão eram maiores nos manguezais.

Logicamente a adição de substâncias orgânicas e inorgânicas causa impacto aos ecossistemas aquáticos naturais, mas os efluentes da aquicultura também podem causar efeitos benéficos na biota das águas receptoras e a várias espécies de invertebrados que vivem bem em ambientes organicamente ricos (Moss *et al.*, 2001) e este parece ser o caso do *U. cordatus*.

Uma variedade de produtos químicos incluindo fertilizantes, corretivos calcários desinfetantes, oxidantes e antibióticos (agora em menor escala), são empregados na carcinicultura. Estes materiais podem causar o enriquecimento de nutrientes orgânicos e inorgânicos, mas não são toxinas. A cloração com hipoclorito de cálcio, por exemplo, é amplamente usada como desinfetante em águas e fundos de viveiro, e é o mesmo composto amplamente empregado para desinfecção de fontes de água pública e piscinas, sendo o seu uso seguro (Boyd, 1999).

O caranguejo-uçá *U. cordatus* possui características interessantes, alguns trabalhos anteriores mostraram não haver diferença quanto à densidade desse animal entre mangues altos (reduzida inundação) e mangues baixos (elevada inundação), com uma média de 5 a 6 indivíduos/m² (Alcântara-Filho, 1978). Para o manguezal do Rio Pirangi em Guajiru a densidade foi 0,4 ind/m², a mesma encontrada por (Ivo *et al.*, 2000) na foz do Rio Parnaíba no mês de Abril. Vale ressaltar que a densidade de *U. cordatus* pode variar entre diferentes áreas de manguezais em consequência da degradação ou por uma maior atividade extrativista desse animal.

A proporção sexual esperada é que haja um equilíbrio entre machos e fêmeas, entretanto, sabe-se que na natureza a proporção entre machos e fêmeas é diferente. Barros (1976), encontrou uma proporção de 83,3% para machos e 16,7% para fêmeas em estuários maranhenses. Alcântara-Filho (1978), observou uma predominância de fêmeas sobre machos, no Estuário do Rio Ceará na proporção de 57,84% para fêmeas e 42,16% para machos. Castro (1986), verificou que o número de machos é superior ao número de fêmeas nas frequências analisadas de indivíduos de caranguejo-uçá coletados no Estuário do Rio Cachorros no Maranhão. No presente estudo encontrou-se uma proporção de 79,3% para machos e 20,7% para fêmeas nas frequências das amostras, o que indica uma predominância do número de machos em relação ao número de fêmeas.

Para a análise estatística entre as populações de *U. cordatus* nos diferentes pontos de coleta o teste de Tukey revelou não haver diferença significativa nas relações estabelecidas para análise do presente estudo. Isso demonstra um equilíbrio entre o crescimento das populações nos diferentes pontos de coleta. Estatisticamente machos e fêmeas crescem na mesma proporção, apesar dos machos serem maiores do que as fêmeas. Isso pode ser observado nas médias morfométricas onde a LC, CC, CQM, CQm e PT dos machos são maiores que o das fêmeas, justificando uma característica peculiar para a reprodução, onde o macho precisa dominar a fêmea para poder acasalar, além disso, os machos competem entre si pelas fêmeas e são altamente territorialistas. Isso explica porque é encontrado apenas um animal por toca. Às vezes pode ser encontrado um macho e uma fêmea por toca, geralmente no período reprodutivo conhecido como “andada” que ocorre de dezembro a abril. Esse crustáceo tem a característica de ser uma espécie noctívaga, e nesse período sai de sua toca em busca de alimento (Pinheiro & Fiscarelli, 2001).

Segundo trabalho realizado por Ivo *et al.*, (2000) não existe diferença estatística significativa entre LC, CC e PT estimados com dados provenientes da foz do Rio Parnaíba para as populações de caranguejo-uçá.

De acordo com Vasconcelos *et al.*, (1999), as equações biométricas estimadas para as relações: LC, CC, PI (peso individual) e AC (altura da carapaça) de machos e fêmeas do caranguejo-uçá capturados no Estuário do Rio Curimataú, não apresentaram dimorfismo sexual.

A estrutura de mangue das quatro Estações estudadas (E1-E4) demonstrou que os mesmos encontram-se bem desenvolvidos com árvores chegando até cinco metros de altura, um porte elevado e densidade reduzida, mas sem exemplares de *Rhizophora mangle* nas estações (E3 e E4). Na Estação E5 o número de exemplares de *Rhizophora mangle* foi bem reduzido apenas (6 exemplares), enquanto que o número de *Laguncularia racemosa* foi de (30 exemplares) e *Avicenia germinans* foi bem superior (170 exemplares) em uma parcela de 100m². A estrutura de mangue desta Estação, que serviu de controle, demonstrou grande intensidade de herbivoria (>50% área foliar) e elevada salinidade chegando até 53 ‰, indicando estresse ambiental significativo. Isto explica porque o mangue é pouco desenvolvido, possuindo somente arbustos, grande densidade de árvores e perímetro caulinar bem inferior em relação às demais áreas de estudo.

A *Rhizophora mangle* é o gênero menos tolerante à presença do sal, desenvolvendo-se melhor em locais onde a água intersticial apresenta teores menores que 50 ‰. *Avicenia* é o gênero mais tolerante e *Laguncularia* apresenta tolerância intermediária (Schaeffer-Novelli, 1995). Estas características justificam porque a *Avicenia germinans* é a espécie mais abundante em todos os pontos de coleta ao longo do Rio Jaguaribe e no Guajiru e porque existem poucos exemplares de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*.

A densidade é um fator importante, ela está associada à idade e amadurecimento. Os bosques passam durante seu desenvolvimento de uma fase em que o terreno está ocupado por um grande número de árvores de diâmetro reduzido, a uma fase de maior amadurecimento, quando o domínio é feito por poucas árvores de elevado porte e espessura. A densidade, portanto, se reduz com o amadurecimento de um bosque (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986).

Na Estação 4 (Aracati) o mangue possui mais de 30 anos de existência (segundo morador local), daí o porte elevado das árvores com altura média em torno de 4,0 m e densidade de 10 árvores por parcela para a espécie *Avicenia germinans*. Uma vez que as espécies de *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* tiveram representatividade menor, fica demonstrada a boa adaptação de *Avicenia germinans* para ambientes estuarinos onde a variação de salinidade é maior.

Estas condições retratam bem o nosso ambiente, com elevada evapotranspiração e com períodos de estiagem prolongada, essas características propiciam um aumento da salinidade. As espécies vegetais do mangue são plantas halófitas, próprias de ambientes salinos e para viver no mesmo desenvolvem mecanismos especiais para liberação de sal pelas folhas e raízes por exsudação (Schaeffer-Novelli, 1995).

Alguns fatores ambientais (maré, água de drenagem, temperatura do ar e da água, precipitação pluvial) atuam sobre o ecossistema manguezal regulando seu desenvolvimento. Tanto a intensidade dos fluxos de matéria como os de energia entre o manguezal e os ecossistemas vizinhos, dependem dos regimes e periodicidades desses fatores abióticos.

Para as medidas dos nutrientes observou-se que a amônia solúvel apresentou uma tendência de aumento nas Estações E1 e E2 no período chuvoso. Embora se tratando de medidas pontuais, acredita-se que essas variações sejam resultantes do carreamento de material de origem terrígena pelas drenagens fluvial e pluvial. Estas estações estão

localizadas na boca do Estuário onde ocorre um maior aporte, diferentes das Estações E3, E4 e E5 que são um braço de rio e recebem, portanto um menor volume de água.

Os níveis de fósforo foram superiores durante o período chuvoso em todas as Estações, com um maior aumento para as estações E4 e E5. O fósforo está usualmente presente em baixas concentrações em águas naturais por causa da sua elevada mobilidade, embora o fósforo total possa variar de 0,01 a 200 mg/l (Wetzel, 1975). O fósforo é um importante componente na dieta dos animais aquáticos, sendo um requerimento para a formação do sistema esquelético dos peixes, exoesqueleto dos crustáceos, e conchas dos bivalves, além de estar envolvido em outros processos fisiológicos. Contudo, seu excesso na água pode ocasionar um crescimento individual do fitoplâncton acarretando em baixos níveis de oxigênio dissolvido e acidificação do substrato (Lawrence *et al.*, 2001).

Vinatea *et al.* (2003) analisando os efluentes das fazendas de cultivo de camarão na Região Nordeste do Brasil verificaram que o nível médio de fósforo total foi de 0,15 mg/l. De acordo com trabalho realizado por Abreu *et al.* (2001) no Estuário do Rio Jaguaribe, a carcinicultura, embora pareça responsável por uma significativa emissão de nitrogênio, ela apresentou uma maior emissão de fósforo, que associada aos valores gerados pela atividade agrícola justificam os níveis encontrados.

Com a construção da barragem de Itaiçaba, o aporte de sedimento fluvial para o Estuário do Rio Jaguaribe diminuiu significativamente, entretanto os materiais já depositados passaram a ser mobilizados pelos processos costeiros, ou seja, as marés e correntes marinhas (Marins *et al.*, 2002). Por ocasião das chuvas a quantidade de sólidos em suspensão diminuiu devido a sua diluição como pode ser observado nas Estações estudadas com exceção para a E3 que por ser um braço de rio recebe menor fluxo de água. Na Estação E4 que também é um braço do Rio Jaguaribe, durante o período seco observa-se um aumento significativo na quantidade de material em suspensão na coluna d'água, evidenciando o acúmulo de resíduos tanto de origem doméstica e industrial trazidos pelo esgoto da cidade de Aracati, como dos efluentes das camaroneiras. Durante o período chuvoso ocorre uma diminuição acentuada justamente pelo aumento do fluxo de água de origem pluvial diluindo o material em suspensão.

Para o oxigênio dissolvido observou-se que durante o período seco todos os pontos ficaram acima da média estabelecida pela resolução CONAMA n. 20 de 18 de junho de 1986, porém no período chuvoso apenas na Estação E3 manteve-se acima, e os demais pontos ficaram abaixo.

A redução do oxigênio no período chuvoso é um fenômeno normal devido a menor intensidade luminosa que interfere no processo de fotossíntese, além do aumento de matéria orgânica carregada pelas chuvas que consome maior quantidade de oxigênio na sua decomposição.

Para as estações Cumbe, Aracati e Guajiru no período seco a DBO ficou acima da especificação do CONAMA, que define para águas salobras e salinas em até 5 mg/l, demonstrando grande teor de matéria orgânica em suspensão na coluna d'água, o que demanda grande quantidade de oxigênio dissolvido para sua decomposição.

Com a barragem do fluxo natural de água do Rio Jaguaribe outro fator importante a ser analisado é a salinidade que aumentou durante o período seco nas estações E1 e E2, exatamente porque a única fonte de abastecimento para o estuário durante essa época de estiagem é a marinha. Para as Estações E3 e E4 a salinidade manteve-se dentro de um parâmetro que condiz com as médias encontradas para áreas de manguezais, pois a entrada da maré nesses canais é mais amena e durante o período chuvoso ocorre uma diluição baixando assim a salinidade. A Estação E5 que foi a área de maior salinidade durante o período seco era anteriormente uma região de apicum o que justifica esse alto valor encontrado.

O carangurjo-uçá por ser um animal típico de manguezal é bem adaptado às condições desse ambiente pode viver em equilíbrio dentro desse ecossistema e se reproduzir garantindo assim a perpetuação da espécie. No entanto, as ações antrópicas têm contribuindo para a diminuição de sua população, em especial à coleta indiscriminada desse recurso. Torna-se necessário, portanto, um monitoramento constante de suas áreas de ocorrência e uma conscientização para explorar de forma racional e sustentável seus estoques.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os achados histológicos demonstraram a normalidade dos tecidos investigados, sugerindo que nenhum agente patogênico foi responsável pela mortalidade registrada em indivíduos do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* na região do Estuário do Rio Jaguaribe.

Ao mesmo tempo, pode ser dito que os efluentes das fazendas investigadas, onde foram realizados os bioensaios não podem ser apontados como responsáveis diretos por esse fenômeno.

Considerando o período coberto pela presente investigação, quando não foram encontrados indivíduos apresentando características anteriormente relatadas, acredita-se que a mortalidade se tratou de uma ocorrência pontual, causada por uma substância tóxica. Estes fatos são comuns em ambientes naturais e podem estar relacionados com o florescimento de organismos fitoplanctônicos produtores de toxinas.

Um monitoramento em longo prazo, da microbiota desse Estuário poderia elucidar alguns pontos que não foram aclarados no presente estudo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, I. M.; Lacerda, L. D. & Marins, R. V. Emissões de nitrogênio e fósforo para o Estuário do Rio Jaguaribe, (CE). *Revista da ABCC*, n. 4, p. 76-79, 2003.
- Alcântara-Filho, P. Contribuição da biologia e ecologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda, Brachyura), no manguezal do Rio Ceará (Brasil). *Arquivo Ciências do Mar*, Vol. XVIII, n. 1 e 2, p. 1-41, Fortaleza, 1978.
- Al-Mohanna, S. Y. & Nott, J. A. M-“Midget” cells in the moult cycle in *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Decapoda). *Journal of Marine Biology Assoc. UK*, n. 67, p. 803-813, 1987.
- APHA (American Public Health Association); AWWA (American Water Works Association); WET (Water Environment Federation). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. Washington DC, 1155 p., 1995.
- Bachère, E. Shrimp immunity and disease control. *Aquaculture*, n. 191, p. 3-11, 2000.
- Barracco, M. A. A. Mecanismos de resistência a doenças em crustáceos. 28 p. (*in press*)
- Barros, A. C. Prospecção dos recursos pesqueiros das reentrâncias maranhenses – *PROJEPE*. São Luís, SUDEPE, 124 p. 1976.
- Bell, T. A. & Lightner, D. V. A handbook of normal penaeid shrimp histology. *World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Luisiana, 114 p., 1988.
- Botelho, E. R. O.; Dias, A. F. & Ivo, C. T. C. Estudos sobre a biologia do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado nos estuários dos Rios Formoso (Rio Formoso) e Ilhetas (Tamandaré), no Estado de Pernambuco. *Boletim do CEPENE*, v. 7, n.1, p. 117-145, 1999.

- Boyd, C. E. Codigos de praticas para el cultivo reponsable de camarón. Alianza Global de Aqüicultura (GAA), St. Louis, MO USA, 48 p., 1999.
- Brock, J. A. & Lightner, D. V. Disease of Crustacea: diseases caused by microorganisms. In: Okinne (ed), *Diseases of Marine Animals*. Vol. III. Biologisch Anstal (Helgoland, Hamburg, Germany), p. 245-249, 1990.
- Caceci, T.; Neck, K. F.; Lewis, D. H. & Sis, R. F. Ultrastructure of the hepatopâncreas of the pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* (Crustacea: Decapoda). *Jour. Mar. Biol. Ass. Reino Unido*, n. 68, p.323-337, 1988.
- Caddy, J. F., Sharp, G. D. An ecological framework for marine fishery investigations. *FAO Fish. Tech. Pap.*, n. 283, 152 p., 1986.
- Campos, M., Braga, A. P. G., Mello, A. A., Souza, E. M., Silva, F. A. F. & França, J. B. Projeto Rio Jaguaribe. *Relatório Final de Geologia*. Ministério das Minas e Energia, Série: Geologia, n. 4, p. 13, 1979.
- Castro, A. C. L. Aspectos bioecológicos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do Rio dos Cachorros e estreito do Coqueiro, São Luís – MA. *Bol. Lab. Hidrob.* São Luís, v. 7, p. 7-27, 1986.
- Chaniaux-Cotton, H. & Payen, G. Endocrinology of selected invertebrate types, Alan R. Liss, Inc., chapter 3, p. 279-303, 1988.
- Compère, P.; Wanson, S.; Péqueux, A.; Guilles, R. & Goffinet, G. Ultrastructure changes in the gill epithelium of the green crab *Carcinus maenas* in relation to the external salinity. *Tissue & Cell*. n. 21 (2), p. 299-318, 1989.
- Corrêa-Júnior, J. D., Allodi, S., Amado-Filho, G. M. & Farina, M. Zinc accumulation in phosphate granules of *Ucides cordatus* hepatopâncreas. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, n. 33 (2), p. 217-221, 2000.

- Corrêa-Júnior, J. D., Farina, M., Allodi, S. Cytoarchitectural features of *Ucides cordatus* (Crustacea Decapoda) hepatopâncreas: structure and elemental composition of electron-dense granules. *Tissue & Cell*, n. 34, p. 315-325, 2002.
- Corrêa-Júnior, J. D., Allodi, S., Farina, M. Enzymatic, analytical and structural aspects of electron-dense granules in cells of *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda) hepatopâncreas. *Cell Tissue Research*, n. 311, p. 107-116, 2003.
- Cronin, L. E. Anatomy and histology of the male reproductive system of the *Callinectes sapidus*, Rathbun. *Journal of Morphology*, v. 81, n. 2, p. 209-239, 1947.
- Cruz, R. R. M. Aspecto gerais das peças bucais e trato digestivo da lagosta *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae), Monografia de Graduação, Engenharia de Pesca, UFC, Fortaleza – Ceará, 51 p., 1992.
- FAO. *The State of World's Fisheries and Aquaculture 2002*. FAO Information Division. Rome, Italy, 2003. Disponível em: www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm.
- Fast, W. & Menasveta, P. Mangrove forest recovery in Thailand. *World Aquaculture Magazine*, v. 34, n. 3, p. 6-9, 2003.
- Fuchs, J.; Martin, J. L. M.; & An, N. T. Impact of tropical shrimp aquaculture on the environment in Asia and the Pacific. *Shrimp Culture Bulletin*, v. 12, n.4, p. 9-13, 1999.
- Gargioni, R. & Barracco, M. A. A. Hemocytes of Palemonids *Macrobrachium rosebergii* and *M. acanthurus*, and of the Penaeid *Penaeus paulensis*. *Journal of Morphology*, n. 236, p. 209-221, 1998.
- Gesteira, T. C. V.; Nunes, A. J. P.; Miranda, P. T. C.; Madrid, R. M. & Martins, P. C. C. Panorama da carcinicultura marinha no Estado do Ceará, Anais do XIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Porto Seguro/BA, p.323, 2003.

- Goodman, S. H. & Cavey, J. Organization of a phyllobranchiate gill from the green shore crab *Carcinus maenas* (Crustacea, Decapoda). *Cell and Tissue Research*, n 260, p. 495-505, 1990
- Guitart, B.; Gonzáles, E.; Reyes, R. & Fraga, I. Características de la reproducción de los camarones comerciales en aguas cubanas. *Rev. Cub. Inves. Pesq.* N. 13, p. 1-58, 1988.
- Harris, R. R. & Santos, M. C. F. Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs *Ucides cordatus* and *Callinectes danae* (Crustacea: Decapoda). *Marine Biology*, n. 137, p. 691-703, 2000.
- Hattori, G. Y. & Pinheiro, M. A. A. Fertilidade do caranguejo do mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em Iguape (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, n. 20 (2), p. 309-313, 2003.
- Hebel, D. K. Effects of copper on gill structure and physiology in *Carcinus maenas*. PhD thesis. University of Plymouth, Plymouth England, 188 p., 1997.
- Hebel, D. K.; Jones, M. B.; Moate, R. M. & Depledge, M. H. Differing sensitivities of respiratory and osmoregulatory gill tissue of *Carcinus maenas* (Crustacea: Decapoda) to water-borne cooper. *Marine Biology*, n. 133, p. 675-681, 1999.
- Hennig, O. L.; Itami, T.; Maeda, M.; Kondo, M.; Natsukari, Y. & Takahashi, Y. Analyses of hemolymph immunoparameters in kuruma shrimp infected with Penaeid rod-shaped DNA Virus. *Fish Pathology*, n. 33 (4), p. 389-393, 1998.
- Hennig, O. L., Gesteira, T. C. V., Andrade, T. P., Carvalho, R. L., Cavalcante, F. A. M., Araújo, P. H. G., Martins, P. C. C. & Marques, L. C. Avaliação da contagem total de hemócitos (CTH) na hemolinfa do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) cultivado em diferentes salinidades. *Anais do XI CONBEP e do I CONLAEP*, v. 2, Recife, 1999.

- Herris, R. R. & Santos, M. C. F. sodium uptake transport ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) ATPase changes following Na^+ depletion and low salinity acclimation in the mangrove crab *Ucides cordatus* (L.). *Comp. Biochem. Physio.* n.105 (A), p. 35-42, 1993.
- Hertz, R. Manguezais do Brasil. Universidade de São Paulo, São Paulo, Instituto Oceanográfico, 233 p., 1991.
- Hinsh, G. W. & Walker, M. H. The vas deferens of the spider crab *Libinia emarginata*, *Journal of Morphology*, New York, v. 143, p. 1-19, 1974.
- Hose, J. E.; Martin, G. G. & Gerald, A. S. A decapod hemocyte classification scheme integrating morphology, cytochemistry and function. *Biological Bulletin*, n. 178, p. 33-45, 1990.
- Icely, J. D., Nott, J. A. Digestion and absorption: digestive system and associated organs. *In: HAEIISON, F. W. Microscopic Anatomy of Invertebrates*, v. 10, New York: Wiley Liss, p. 147-201. Chap. 6, 1992.
- Ivo, C. T. C.; Dias, A. F.; Botelho, E. R. O.; Mota, R. I.; Vasconcelos, J. A. & Vasconcelos, E. M. S. Caracterização das populações de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) capturados em Estuários do Nordeste do Brasil. *Bol. Tec. Cient. CEPENE*, v. 8, n. 1, p. 9-43, 2000.
- Ivo, C. T. C.; Dias, A. F. & Mota, R. I. Estudo sobre a biologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, (Linnaeus, 1763), capturado no Delta do Rio Parnaíba, Estado do Piauí. *Bol. Téc. Cient. CEPENE*, v. 7, n. 1, p. 53-84, 1999.
- Ivo, C. T. C. & Gesteira, T. C. V. Sinopse das observações sobre a biologia e pesca do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado em estuários de sua área de ocorrência no Brasil. *Bol. Tec. Cient. CEPENE*, Tamandaré, v. 7, n. 1, p. 9-52, 1999.

- Ivo, C. T. C.; Mota, R. I.; Vasconcelos, J. A. & Oliveira, S. M. Variação do comprimento do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em áreas de pesca do Nordeste do Brasil. *Anais do XII CONBEP*, v. 1, 2001.
- Ivo, C. T. C. & Vasconcelos, E. M. S. Potencial reprodutivo do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado na região estuarina do Rio Curimataú, (Canguaretama, Rio Grande do Norte, Brasil), *Bol. Téc. Cient. CEPENE*, v. 8, n. 1, p. 7-14, 2000.
- Jennerjahn, T. C.; Ittekkot, V. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. *Naturwissenschaften*, n. 89, p. 23-30, 2002.
- Johansson, P., Keyser, P., Sritunyalucksana, K., Söderhäll, K. Crustacean haemocytes and haematopoiesis. *Aquaculture*, n.191, p. 45-52, 2000.
- Johnson, P. T. Viral diseases of blue crab *Callinectes sapidus*. *Mar. Fish Rev.* n. 40, p. 13-15, 1978.
- Junqueira, L. C. U. & Junqueira, L. M. S. Técnicas básicas de citologia e histologia. *Editora Santos*, 123p., São Paulo, 1983.
- Kaushik, N. & Kumar, S. Midgut pathology of aldrin, monocrotophos, and carbaryl in the freshwater crab, *Paratelphusa masoniana*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* n. 60, p. 480-486, 1998.
- King, J. E. A study of reproductive organs of the common marine shrimp, *Penaeus setiferus* (Linnaeus). *Biol. Bull.* n. 94, p. 244-262, 1948.
- Kjerfve, B. & Lacerda, L. D. Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America. *Mangrove Ecosystems Technical Reports*, ISME, Okinawa, Japan, p. 245-272, 1993.

- Koch, V. Epibenthic production and energy flow in the Caeté mangrove estuary, North Brazil. ZMT Contribution 6, Bremen, p. 97, 1999.
- Krol, R. M., Hawkins, W. E. & Overstreet, M. Digestion and absorption: digestive system and associated organs. In: HAEIISON, F. W. *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, v. 10, New York: Wiley Liss, pp 147-201. Chap. 8, 1992.
- Lacerda, L. D. Manguezais florestas de beira-mar. *Revista Ciência Hoje*, v. 3, n. 12, 1984.
- Lacerda, L. D. Trace metals biogeochemistry and diffuse pollution in mangrove ecosystems. *International Society for Mangrove Ecosystem*. Japan, p. 65, 1998.
- Lacerda, L. D.; Machado, W. & Moscatelli, M. Use of mangroves in landfill management. *Glomis Electronic Journal*. v. 1, n. 1, p. 1, 2000.
- Lacerda, L. D. & Marins, R. V. River damming and changes in mangrove distribution. *Isme/Glomis Electronic Journal*, v. 2, n. 1, p. 2, 2002.
- Lacerda, L. D.; Santos, J. A.; Marins, R. V.; Maia, S. R. R. & Vaisman, A. G. Impacto potencial da emissão antrópica de Cu e Zn sobre a carcinicultura na bacia inferior do Rio Jaguaribe, CE. *Revista ABCC*, Ano 6, n. 1, p. 82-86, 2004.
- Lawrence, A.; Castille, F.; Samocha, T. & Velasco, M. “Environmental Friendly” or “Least Polluting” feed and feed management for aquaculture. In: Proceedings of especial session on sustainable shrimp farming. Browdy, C. L. & Jory, D. E. (eds) World Aquaculture Society, Baton Rouge, p. 84-96, 2001.
- Lawson, S. L.; Jones, M. B. & Moate, R. M. Effect of copper on the ultrastructure of the gill epithelium of *Carcinus maenas* (Decapoda: Brachyura), *Marine Pollution Bulletin*, v. 31, n. 1-3, p. 63-72, 1995.
- Le Moullac, G. & Haffner, P. Environmental factors affecting immune responses in crustacea. *Aquaculture*, n. 191, p. 121-131, 2000.

- Leite, M. M. L. Estudo morfológico do sistema reprodutor masculino do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763 (CRUSTACEA: DECAPODA: OCYPODIDAE), Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 66 p., 2002.
- Lightner, D. V. A handbook of pathology and diagnostic procedures for diseases of penaeid shrimp. *World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana, USA, p. 3, 1996.
- Lima, A. V. P. Estudo do sistema reprodutivo da lagosta verde *Panulirus laevis* (Latreille, 1817) (Decapoda: Palinuridae), Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 202 p., 1995.
- Lin, H.; Su, Y. & Su, S. A comparative study of osmoregulation in four fiddler crabs (Ocypodidae: *Uca*), *Zoological Science*, n. 19, p. 643-650, 2002.
- Lucu, C. & Towle, D. W. $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{ATPase}$ in gills of aquatic crustacea. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, n. 135, p. 195-214, 2003.
- Madrid, R. M. Influencia do meio ambiente em áreas de risco na qualidade bacteriológica do camarão cultivado no Estado do Ceará. Universidade Federal do Ceará, Projeto de Pós-Doutorado, 2004.
- Mantel, L. H. & Farmer, L.L. Osmotic and ionic regulation. In: Bliss, D. E. (editor) *The Biology of Crustacea*. Academic Press London, Internal anatomy and physiological regulation. *Academic Press*, New York, v. 5, p. 53-161, 1983.
- Marins, R. V. & Dias, F. J. S. Alterações na hidrogeoquímica do estuário do Rio Jaguaribe (CE): descarga ou retenção de materiais? *Anais do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica*, p. 480-482, 2003.
- Marins, R. V., Lacerda, L. D., Abreu, I. M. & Dias, F. J. S. Efeitos da açudagem no rio Jaguaribe. *Ciência Hoje*, v. 33, n. 197, p. 66-70, 2003.

- Marte, A. N. L. Mangroves support life. *Aqua Farm News*, SEAFDEC Aquaculture Department, Loilo, Philipinas, vol. XIII, n. 4, 23 p., 1995.
- Martin, G. G. & Hose, J. E. Digestion and absorption: digestive system and associated organs. In: HAEELSON, F. W. *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, New York: Wiley Liss, v. 10, p. 147-201. Chap. 5, 1992.
- Martinez, C. B. R., Harris, R. R., Santos, M. C. F. Transepithelial potential differences and sodium fluxes in isolated perfused gills of the mangrove crab *Ucides cordatus*. *Comp. Bio. Physio. (A)*, n. 120, p. 227-236, 1998.
- Martinez, C. B. R., Alvares, E. P., Harris, R. R., Santos, M. C. F. A morphological study on posterior gills of the mangrove crab *Ucides cordatus*. *Tissue and Cell*, n. 31, p. 380-389, 1999.
- Mc Manus, J. F. A. Histological and histochemical uses of periodic acid. *Stain Technol.*, chap. 23, p. 99-113, 1949.
- Melo, G. A. S. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. Editora plêiade, São Paulo – SP, 603 p., 1996.
- Miranda, P. T. C.; Martins, M. L. R. & Soares, Z. M. L. Levantamento e quantificação das áreas de manguezais no Estado do Ceará (Brasil) através de sensoriamento remoto. *Anais do V Simpósio de Sensoriamento Remoto*, Natal – RN, v. 1, p. 90-94, 1988.
- Mo, J. L., Devos, P. & Trausch, G. Active absorption of Cl^- e Na^+ in posterior gills of chinese crab *Eriocheir sinensis*: modulation by dopamine e camp. *Journal of Crustacean Biology*, n. 23 (3), p. 505-512, 2003.
- Moss, S. M.; Arce, S. M. Arque, B. J.; Otoshi, C. A.; Calderon, F. R. O. & Tacon, A. G. J. Greening of the blue revolution: Efforts toward environmentally responsible shrimp culture. In: Proceedings of especial session on sustainable shrimp farming.

- Browdy, C. L. & Jory, D. E. (eds) World Aquaculture Society, Baton Rouge, p. 1-19, 2001.
- Mota-Alves, M. I. Sobre a reprodução do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em mangues do estado do Ceará (Brasil), *Arq. Ciên. Mar*, n. 15 (2), p. 85-91, 1975.
- Mota-Alves, M. I. & Madeira-Junior, P. H. Algumas considerações sobre a respiração do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustácea: decapoda), *Arq. Ciên. Mar*, n. 20, p. 63-69, 1980.
- Nagui, S. M. & Howell, R. D. Toxicity of cadmium and lead to juvenile red swamp crayfish *Procambarus clarkii* and effects on fecundity of adults. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* n.51, p. 303-308, 1993.
- Odum, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara S.A., 434 p., 1988.
- Olmos, F., Silva, R. S. Guará: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos-Cubatão. São Paulo: Ed. Empresa das Artes, 947 p., 2003.
- Ogawa, C. Y. Descrição morfológica e histológica do sistema digestório do caranguejo-uçá *Ucides cordatus*, (Linnaeus, 1763) (Crustácea: Decapoda: Ocypodidae). Monografia de Graduação, Ciências Biológicas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 67 p., 2003.
- Páez-Osuna, F. The environmental impact of shrimp aquaculture: a global perspective. *Environmental Pollution*, n. 112, p. 229-231, 2001.
- Pappalardo, R. & Bonami, J. R. Infection des crustacés Marins due à virus de type nouveau apparenté aux *Baculovirus*. *C. R. Acad. Sci. Ser. D.* n. 228, p. 535-537, 1979.
- Pearse, A. G. E. *Histochemistry: theoretical and applied*. Londres, Churchill, 1961.

- Péqueux, A. Osmotic regulation in crustaceans, *Journal of crustacean biology*, vol. 15, n. 1, 1995.
- Perazzolo, L. M.; Gargione, R.; Ogliare, P. Barracco, M. A. A. Evaluation of some hemato-immunological parameters in the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* submitted to environmental and physiological stress. *Aquaculture*, n. 214, p. 19-33, 2002.
- Pérez-Farfante, I. & Kensley, B. Penaeidae and sergestoid shrimp and prawns of the world. Keys and diagnosis for the families and genera. *Mémoires du Muséum National D'History Naturalle*, Tome 175, 233 p., 1997.
- Perillo, G. E. & Piccolo, M. C. *Geomorfología de estuarios: Una visión diferente. Revista do Instituto Argentino de Oceanografía*, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 14 p., 2001.
- Piedrahita, R. H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, n. 226, p. 35-44, 2003.
- Pinheiro. M. A. A. & Fiscarelli, A. G. Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). Itajaí: UNESP/IBAMA, 43 p., 2001.
- Postel, U.; Petraush, G.; Riestenpatt, S.; Weihrauuch, D.; Malykh, J.; Becker, W. & Siebers, D. Inhibition of Na⁺/K⁺-ATPase and of active ion-transport functions in the gills of the shore crab *Carcinus maenas* induced by cadmium. *Marine Biology*, n. 130, p. 407-416, 1998.
- Ramos, L. & Primavera, J. H. Induced maturation in ablated *Penaeus notialis* and *Penaeus schimitti*. *The First Asian Forum*, Asian Fisheries Society, Manila, p. 697-700, 1986.
- Rebelo, M. F. Rodriguez, E. M. Santos, E. A. & Ansalo, M. Histopathological changes in gill of the estuarine crab *Chasmagnatus granulata* (Crustacea-Decapoda) following

- acute exposure to ammonia. *Comparative Biochemistry and Physiology*, n. 125, p. 157-164, 2000.
- Reddy, P. S.; Tubert, S. R. & Fingerman, M. Effects of cadmium and mercury on ovarian maturation in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. *J. Exp. Biol.* n. 198, p. 1253-1257, 1997.
- Ricklefs, R. E. A economia da natureza, *Guanabara Koogan*, 3^a ed., 470 p., 1996.
- Robertson, A. I. & Phillips, M. J. Mangroves as filter of shrimp ponds effluent: predictions and biogeochemical research needs. *Hydrobiologia*, n. 295, p. 311-321, 1995.
- Rocha, I. P.; Rodrigues, J. & Amorim, L. A carcinicultura brasileira em 2003. *Revista ABCC*, n. 1, p.30-36, 2004.
- Rodríguez, E. M.; Greco, L. S. L. & Fingerman, M. Inhibition of ovarian growth by cadmium in the fiddler Crab, *Uca pugilator* (Decapoda, Ocypodidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, n. 46, p. 202-206, 2000.
- Rupert, E. E & Barnes, R. D. Zoologia de invertebrados. 6 ed., São Paulo: ed. Rocha, 1029 p., 1996.
- Ryan, E. P. Structure and function of the reproductive system of the crab *Portunus sanguinolentus*, (Herbst) (BRACHYURA: PORTUNIDAE). 1- The male system. Proceedings of the Symposium on Crustacea of the Marine Biological Association, India, p. 506-521, 1967.
- Santana, G. X. Caracterização do sistema reprodutor feminino do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763 (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae). Monografia de Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-Ceará, 76 p., 2002.
- Schaeffer-Novelli, Y. Importância do manguezal e suas comunidades. *Associação Latino-americana de Investigações em Ciências do Mar – ALICMAR*, 5 p., 1982.

- Schaeffer-Novelli, Y. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. *Caribbean Ecological Research*, São Paulo – Brasil, 64 p., 1995.
- Schaeffer-Novelli, Y. & Cintrón, G. Guia para estudo de áreas de manguezal: estrutura, função e flora. *Caribbean Ecological Research*, São Paulo – Brasil, 150 p., 1986.
- Silva, J. R. F. Estudo morfológico em ovário de lagostas do gênero *Panulirus* (White, 1847) (Crustácea: Decapoda: Palinuridae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 187 p., 1999.
- Sindermann, C. J. Disease diagnosis and control in North American marine aquaculture. *Develop. Aqua. and Fisheries Science*, Amsterdam, n. 6, 327 p., 1977.
- Soares-Filho, A. A. A Ictiofauna da Região Média a boca do Estuário do Rio Jaguaribe (Ceará-Brasil): Composição, Distribuição e Aspectos Bioecológicos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 110 p., 1996.
- Soderhall, K. & Cerenius, L. Crustacean immunity. *Ann. Rev. of Fish Diseases*, p. 3-23, 1992.
- Soderhall, K. & Smith, J. V. Separation of the hemocyte population of *Carcinus maenas* and other marine decapod and prophenoloxidase distribution. *Development Comparative Immunology*, n. 7, p. 229-239, 1983.
- Sritunyalucksana, K. & Söderhäll, K. The proPO and clotting system in crustaceans. *Aquaculture*, n. 191, p. 53-69, 2000.
- Stanier, J. E.; Woodhouse, M. A. & Griffin, R. L. The fine structure of the hepatopâncreas of *Carcinus maenas* (L.) (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*, n. 14, p. 57-66, 1966
- Taylor, H. H. & Taylor, E. W. Gills and lungs: the exchange of gases and ions. *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, v. 10, New York: Wiley Liss, p. 203-293. Chap. 10, 1992.

- Vasconcelos, E. M. S.; Vasconcelos, J. A. & Ivo, C. T. C. Estudo sobre a biologia do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado no estuário do Rio Curimataú (Canguaretama) no Estado do Rio grande do Norte. *Boletim do CEPENE*, v. 7, n. 1, p. 85-116, 1999.
- Valenti, W. C. Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília - DF, CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia, 399 p., 2000.
- Valentim-Neto, P. A., Gesteira, T. C. V. & Silva, J. R. F. Descrição histológica do tubo digestivo médio do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (DECAPODA: OCYPODIDAE). II Congresso Brasileiro sobre Crustáceos, São Pedro – SP, 10 a 14 de novembro, p.187, 2002.
- Verri, T.; Mandal, A.; Zilli, L.; Bossa, D.; Mandal, P. Q.; Ingrosso, L.; Zonno, V.; Vilella, S.; Ahearn, G. A. & Storelli, C. D-glucose transport in decopod crustacean hepatopancreas. *Comparative Biochemistry and Physiology*, n. 130, p. 585-606, 2001.
- Vinatea, L.; Oliveira, A.; Seiffert, W.; Lima, M.; Marinho, M. & Bouvy, M. Caracterização doe efluentes das fazendas de cultivo de *Litopenaues vannamei* na Região Nordeste do Brasil. *Revista ABCC*, n.3, p. 52-54, 2003.
- Wetzel, R. G. Liminology. *Saunders Philadelphia*, 743 p., 1975
- Wolff, M.; Koch, V. & Isaac, I. A trophic flow model of the Caeté mangrove estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, n.50, p.789-803, 2000.
- Ziemann, D. A. Walsh, W. A., Saphore, E. G. & Fulton-Bennett, K. A survey of water quality characteristics of effluent from Hawaiiin aquaculture facilities. *Journal of The World Aquaculture Society*, n. 23, p. 180-191, 1992.

Zilli, L.; Schiavone, R.; Ingrosso, L.; Marsigliante, S.; Zonno, V.; Storelli, C. & Vilella, S. Calcium channels are present in the apical plasma membranes of the hepatopancreatic B-cells of *Marsupenaues japonicus*. *J. Comp. Physiol. B*, n. 173, p. 661-667, 2003.

APÊNDICE

PROCOLO DE COLORAÇÕES

Método Ácido Periódico de Schiff (McMANUS, 1946)

Soluções

Ácido periódico a 1%

Reagente de Schiff

Técnica

Desparafinização com Xilol

Hidratar de Álcool 100, 95, 80 e 70% até água destilada

Solução de ácido periódico por 5 minutos

Lavar em água destilada

Reagente de Schiff por 15 minutos

Lavar em água corrente

Contracorar com Hematoxilina por 3 minutos

Lavar em água corrente

Desidratar até álcool 100%

Diafanizar com Xilol

Montar lâmina com Entellan

Resultados

Estruturas contendo glicogênio e glicoproteínas coram-se intensamente em cor magenta ou vermelha. Muco de vários tipos celulares, membranas basilares e fibras reticulares.

Método Azul de Bromofenol (PEARSE, 1961)

Soluções

Azul de Bromofenol
Ácido acético 0,5%

Técnica

Corar com Azul de Bromofenol por 1h.
Lavar por 5 minutos em solução de ácido acético 0,5%
Lavar em água corrente até os cortes tornarem-se azul
Deixar secar
Montar.

Resultados

Proteínas coradas em azul.

Método Hematoxilina-Eosina
(JUNQUEIRA & JUNQUEIRA, 1983)

Reagentes

Hematoxilina

Eosina

Alúmen de potássio ou amônio

Óxido de vermelho de mercúrio

Ácido acético

Álcool 100%

Água destilada

Técnica

Desparafinização com Xilol

Hidratar de Álcool 100, 95, 80 e 70% até água destilada

Coloração (HE)

Desidratar até álcool 100%

Diafanizar com Xilol

Montar lâmina com Entellan.

Resultado

Os núcleos coram-se em azul juntamente com substâncias basófilas do citoplasma. As substâncias acidófilas coram-se em vermelho.

