



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA BIOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOPROSPECÇÃO
MOLECULAR –
PPBM

MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DO CEFALOTÓRAX DE
***Macrobrachium jelskii* (MIERS, 1778) (CRUSTACEA, DECAPODA,**
PALAEMONIDAE) EM DIFERENTES BACIAS HIDROGRÁFICAS DO
SEMIÁRIDO NORDESTINO

FRANCISCA GESUINA DE SOUSA OLIVEIRA LANDIM

CRATO

2013

**MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DO CEFALOTÓRAX DE
Macrobrachium jelskii (MIERS, 1778) (CRUSTACEA, DECAPODA,
PALAEMONIDAE) EM DIFERENTES BACIAS HIDROGRÁFICAS DO
SEMIÁRIDO NORDESTINO**

FRANCISCA GESUINA DE SOUSA OLIVEIRA LANDIM

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri - URCA como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Ciências Biológicas. Área de concentração: Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Allysson Pontes Pinheiro – Universidade Regional do Cariri – URCA

Coorientador: Prof. Dr. Fúlvio Aurélio de Moraes Freire – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOPROSPECÇÃO MOLECULAR

FRANCISCA GESUINA DE SOUSA OLIVEIRA LANDIM

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri como requisito Parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas. Área de concentração: Ecologia.

Dissertação aprovada em: _____/_____/_____

Dr. Allysson Pontes Pinheiro / URCA – Orientador

Dr. Gustavo Luis Hirose / UFS – Membro Externo

Dr. Robson Waldemar Ávila / URCA – Membro Interno

Dr. Samuel Vieira Brito / URCA – Suplente

CRATO

2013

A Diassis, meu companheiro, amigo e amor por ter entrado na minha vida e me fazer uma pessoa feliz e realizada. Por sempre estar por perto, pelos conselhos e pelas ajudas incontáveis sempre que necessário.

DEDICO

Ao Prof. Dr. **Allysson Pontes Pinheiro**, pela orientação (por ter me aceito, mesmo eu nunca tendo trabalhado com crustáceos), confiança (ele acreditou na minha capacidade de vencer esse desafio), dedicação extrema (com ele aprendi praticamente tudo o que sei de ciência), paciência (me ajudando com pesquisa, escrita, estatística, programas computacionais e até dando uma de técnico em computação quando o meu computador parecia “possuído”), atenção, amizade e bom humor que sempre demonstrou no dia a dia do laboratório com todos os orientandos, inclusive comigo durante todo o tempo de execução do meu projeto de pesquisa. Com ele descobri o verdadeiro sentido da palavra orientação;

agradeço especialmente.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar força, coragem e vida até a realização de um dos meus maiores sonhos; a conclusão dessa dissertação;

A toda a minha família, em especial meus pais: Edilson Custódio e Cícera Sobreira que muitas vezes deixaram de realizar seus sonhos, para realizar os meus, não bastaria apenas um obrigada. A eles que contribuíram para me tornar uma pessoa humilde e plenamente realizada, ofereço todas as minhas conquistas, que não serão apenas minhas, mas nossas;

Aos meus irmãos Jaqueline e Welisson, por me ensinarem que as dificuldades servem para nos tornar pessoas mais fortes, e não amarguradas;

À minha segunda família: Damiana, Dairla, Danúbio e Denício com quem compartilhei momentos de angústia e alegria, os momentos de descontrações (as comemorações dos nossos aniversários) que passamos juntos foram inesquecíveis; mesmo que tomemos rumos diferentes, sempre vou lembrar-me de vocês com muito carinho!

Aos primos e amigos: Jivago, Juliana, Daiane, Daniele, Maria Helena, Janaína, Netuno, João, João Paulo, Udênia, vocês significam muito para mim;

Aos colegas do Laboratório de Zoologia Aplicada (URCA), Marciana, Rosa, Cristiana, Aldeni, Ricardo, Jane Mary, Edna, Carla, Marciana, Herivelto, David, Guilherme, João, Diego, Adonias, Nayara Araújo e tantos outros com quem convivi e aprendi um pouco de herpetologia;

À equipe de carcinologia: Carlito, Taiane, Rose, Mariane, Lucineide, Daniele, Brígida, Wellington, Erisvaldo, Isis, Ronaldo; especialmente, Nayara Santana, Janaína e David eles fazem do local de trabalho um espaço de descontração, alegria e amizade;

À minha amiga e ajudante de todas as horas, Dauiane. Meu braço direito, esquerdo e todos os demais membros. Sem a sua ajuda eu nunca teria conseguido fotografar tantos camarões!

Às colegas Olga, Andréia, Fernanda, Marília, pelas conversas paralelas que encurtaram nossas noites de estudo quando dividíamos quarto em pousadas, pagando disciplinas em outros estados;

Aos colegas Ígor, Walter, Walmir, Rodolfo, Kelly e Elisete pelos momentos descontraídos em meio ao sufoco dos trabalhos do mestrado;

Ao doutorando Carlos Eduardo, pela disponibilidade e ajuda na estatística desse trabalho.

Aos professores Dr. Robson, Dr. Waltércio e Dr. Cunha, pelo apoio prestado no Laboratório de Zoologia Aplicada (URCA);

Aos professores (as): Dra. Imelda, Dra. Marta, Dra. Sirleis, Dr. Irwin, Dr. Robson, Dr. Álamo, Dr. Pimentel, Dr. Fúlvio, Dr. Allysson, Dr. Marcelo Cervine, por ministrar as disciplinas que cursei no mestrado;

À Ana Paula, que muito me ajudou com suas aulas de inglês;

À Aislane e Carla, parceiras no curso de inglês;

Aos examinadores da banca de qualificação e defesa da Dissertação pela inestimável contribuição, críticas e sugestões. Obrigada!

Às secretárias do mestrado: Lenira e Andecieli pela atenção e cuidados com a documentação necessária a realização desse trabalho;

Aos funcionários da Universidade Regional do Cariri nas pessoas de Fernando, Fideo, Ivaneide, pelas conversas, amizade e paciência;

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão da bolsa de mestrado;

À todos que de alguma maneira contribuíram para a conclusão deste trabalho e torceram pelo meu sucesso. O meu muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Não importa onde você parou...
Em que momento da vida você cansou...
O que importa é que sempre é possível recomeçar.
Recomeçar é dar uma nova chance a si mesmo...
É renovar as esperanças na vida e, o mais
importante...
Acreditar em você de novo.
Sofreu muito neste período? Foi aprendido...
Chorou muito? Foi limpeza da alma...
Ficou com raiva das pessoas?
Foi para perdoá-las um dia...
Sentiu-se só diversas vezes?
É porque fechaste a porta até para os anjos...
Acreditou que tudo estava perdido?
Era o início da tua melhora...
Onde você quer chegar? Ir alto?
Sonhe alto... Queira o melhor do melhor...
Se pensarmos pequeno... Coisas pequenas teremos...
Mas se desejarmos fortemente o melhor e, principalmente, lutarmos pelo melhor...
O melhor vai se instalar em nossa vida.
Porque sou do tamanho daquilo que vejo, e não do tamanho da minha altura”.

Carlos Drummond de Andrade

“Eu gosto do impossível porque lá a concorrência é menor”

Wall Disney

RESUMO

Os crustáceos decapodas constituem uma das parcelas mais importantes da megafauna aquática, visto que desempenham papel modificador do ambiente e controlador de populações de outros organismos. São tanto abundantes como diversos. Entre os Decapodas, o gênero *Macrobrachium* é o mais representativo. Dentre as espécies pertencentes a esse gênero, encontra-se o *Macrobrachium jelskii*, uma espécie de camarão essencialmente dulcícola, utilizado na alimentação de comunidades ribeirinhas, como iscas de pescaria e ornamentação de aquários; não há publicações que tratem da morfometria geométrica da espécie. A realização desse trabalho objetivou verificar, através de análises estatísticas de dados morfométricos, possíveis variações entre população de *Macrobrachium jelskii* de bacias hidrográficas distintas: Alto Jaguaribe, Alto Piranha-Açú, Baixo Piranha-Açú e Brígida. Os exemplares foram coletados com o uso de pequenas redes manuais e covos, durante os meses de junho de 2012 a janeiro de 2013. Após a coleta os animais foram acondicionados em isopor contendo gelo e transportados ao laboratório de Zoologia aplicada da Universidade Regional do Cariri, onde foram identificados com base na chave de Melo (2003) e Holthuis (1952), sexados, conservados em álcool a 70%, posteriormente dissecados, corados com azul de metileno a 1% e fotografados usando uma câmera digital Cannon G10, resolução 14.7 MP acoplada a uma mesa estativa fotográfica com luminária CS – 920 Copy stand.; a partir das imagens foram selecionados 5 landmarks e 3 semilandmarks num total de 151 indivíduos. Para a realização das análises morfométricas foram utilizadas os programas TPS Util versão 1.54 (ROHLF, 2012) para conversão e criação de um arquivo de imagens no formato “tps”, posteriormente utilizou-se o programa TPS Dig versão 2.17 (ROHLF, 2013) para obtenção das coordenadas homólogas; para as análises multivariadas foi utilizado MorphoJ versão 1.05a (Klingenberg, 2012). A análise de função discriminante mostrou diferenças morfológicas significativas no cefalotórax de *M. jelskii* quando comparadas comunidades habitantes das bacias hidrográficas do Alto Jaguaribe *versus* Alto Piranha-açu, Alto Jaguaribe *versus* Brígida, Alto Piranha-açu *versus* Baixo Piranha-açu, Alto Piranha-açu *versus* Brígida, Baixo Piranha-açu *versus* Brígida; obtendo como resultado da análise, respectivamente: distância de Procrustes: 0,082; 0,056; 0,068; 0,059; 0,039; distância de Mahalanobis: 2,340, 2,607; 2,094; 2,419; 1,864 e $P=0,0001$ para todas as análises anteriores. Não houve diferenças morfológicas significativas entre os indivíduos comparados da bacia do Baixo Piranha-açu *versus* Alto Jaguaribe (distância de Mahalanobis= 1,137; distância de Procrustes= 0,029 e $P=0,12$). Os resultados indicam que não houve diferenças morfológicas significativas entre populações geograficamente distantes (Baixo Piranha-açu *versus* Alto Jaguaribe) indicando similaridade entre as condições ambientais; em contrapartida houve diferenças significativas entre comunidades de habitats relativamente próximos como no caso do Alto e Baixo Piranha-açu (sub-bacias de uma mesma bacia hidrográfica) fato que demonstra a importância de estudos dessa natureza ao longo de outras áreas de distribuição e exploração da espécie para aplicação de políticas ecológicas que mantenham a sustentabilidade desse recurso.

Palavras chaves: Camarão dulcícola, Landmarks, Procrustes, Semiárido.

ABSTRACT

Decapod crustaceans consist one of the most important portions of aquatic megafauna since they play a modifying role for the environment, and a controlling the population of other organisms: they are both abundant and diverse. Among the decapods, the *Macrobrachium* genus is the most representative. Within species belonging to this genus there is the *Macrobrachium jelskii*, an essentially freshwater shrimp species used in the nourishment of riverain communities as fishing baits ornamentation of aquariums. There aren't publications that deal with the geometric morphometry of the species. The accomplishment of this work had as objective to verify, through statistic analysis of morphometric data, possible variations among the population of *Macrobrachium jelskii* of distinct hydrographic basins: Alto Jaguaribe, Brígida, Alto Piranha-Açú and Baixo Piranha-Açú. The exemplars were collected with the use of small manual nets and creels during the months of June 2012 to January 2013. After the collection, the animals were packaged in polystyrene with ice and transported to the applied Zoology laboratory of Universidade Regional do Cariri (Regional University of Cariri) where they were identified based on Melo's key (2003) and Holthuis' (1952), sexed, preserved in alcohol 70%. Afterwards they were dissected, coloured with methylene blue 1% and photographed with a digital camera Cannon G10, resolution 14.7 MP coupled to a photographic stative table with a CS lamp – 920 copy stand. From the images, 5 landmarks and 2 semilandmarks were selected in a total of 151 individuals. To accomplish the morphometric analysis, were used the programs TPS Util version 1.54 (ROHLF, 2012) to conversion and creation of an image file in the “tps” format. Later, it was used the program TPS Dig version 2.17 (ROHLF, 2013) to obtain homologous coordinates. For the multivariate analysis it was used MorphoJ version 1.05a (Klingenberg, 2012). The analysis of discriminating function showed significant morphological differences in the *M. jelskii*'s cephalothorax when compared inhabitant communities of hydrographic basins from Alto Jaguaribe *versus* Alto Piranha-açu, Alto Jaguaribe *versus* Brigida, Alto Piranha-açu *versus* Baixo Piranha-açu, Alto Piranha-açu *versus* Brigida, Baixo Piranha-açu *versus* Brigida ; obtaining as analysis result respectively: Procrustes distance: 0,082; 0,056; 0,068; 0,059; 0.039; Mahalanobis distance: 2,340; 2,607; 2,094; 2,419; 1,864 and P=0,0001 to all previous analysis. There weren't significant morphological differences among the compared individuals from the basin of Baixo Piranha-açu *versus* Alto Jaguaribe (Mahalanobis distance = 1,013; Procrustes distance = 0,029 and p= 0,12). An exact interpretation of data and results indicates that there has not been significant morphological differences among populations geographically distant (Baixo Piranha-açu *versus* Alto Jaguaribe) indicating similarity in the environmental conditions. In compensation there were significant differences in communities of relatively close habitants as in the case of the Alto and baixo Piranha-açu (subbasin of the same hydrographic basin) fact that demonstrates the importance of these kind of studies in parallel with other areas of distribution and exploitation of the species to the application of ecological politics that keep this resource sustainability.

Key words: Freshwater shrimp, Landmarks, Procrustes, Semiarid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Vista lateral de *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778), adulto.....18
- Figura 2- Mapa do nordeste brasileiro destacando as bacias hidrográficas e os pontos de coleta do *Macrobrachium jelskii*. Em verde bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, azul Bacia do Rio Brígida, em cinza Bacia do Alto Piranha-Açu e vermelho Baixo Piranha-Açu, localizadas respectivamente nos estados do Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.....27
- Figura 3- Mapa do estado do Ceará, em verde bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, o ponto preto em destaque representa a localização do açude Bengue/CE. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.....28
- Figura 4- Mapa representativo do Rio Grande do Norte, em vermelho, bacia hidrográfica do Baixo Piranha-Açu, o ponto preto em destaque o rio Seridó/RN. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.....29
- Figura 5- Mapa representativo da Paraíba, em cinza bacia hidrográfica do Alto Piranha-açu, o ponto preto em destaque representa a localização do Rio São Bento Paulista/PB. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.....30
- Figura 6- Mapa do Pernambuco, em azul bacia do Rio Brigida, o ponto preto em destaque representa a localização do Rio São Pedro/PE. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.....31
- Figura 7- Petrechos utilizados nas coletas de *Macrobrachium jelskii*. A- Covos 65 cm de altura, 75 cm de diâmetro e 8 cm de abertura. B- Redes manuais de malha 1,77 mm, diâmetro 56 cm e profundidade 51 cm.....32
- Figura 8- Visão lateral do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* dissecado e corado.....33
- Figura 9- Mesa Estativa Fotográfica com Luminária CS – 920 Copy stand.....34

Figura10- Cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* com indicação dos landmarks com correspondência biológica e dos semilandmarks. Landmarks: 1- base do dente epigástrico; 2- extremidade anterior do rostro; 3- base do espinho pós-orbital; 4- base do espinho antenal; 5- base do espinho pterigostomial; semilandmarks: 6 a 8.....35

Figura 11- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias do Alto Jaguaribe versus Alto Piranha-açu.....37

Figura 12- Gráfico de barras gerados através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças das variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Alto Jaguaribe (coluna vermelha) e Alto Piranha-açu (coluna azul).....38

Figura 13- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias Alto Jaguaribe versus Baixo Piranha-açu.39

Figura 14- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando ausência de diferenças significativas entre as variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Alto Jaguaribe (coluna vermelha) e Baixo Piranha-açu (coluna azul).....39

Figura 15- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias do Alto Jaguaribe versus Brigida.40

Figura 16- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças das variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Alto Jaguaribe (coluna vermelha) e Brigida (coluna azul).....41

Figura 17- Grades de deformações relativas às variações morfológicas no cefalotórax de <i>Macrobrachium jelskii</i> coletados nas bacias Alto Piranha-açu versus Baixo Piranha-açu.	42
Figura 18- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças nas variáveis geométricas da forma do cefalotórax de <i>Macrobrachium jelskii</i> da bacia do Alto Piranha-açu (coluna vermelha) e Baixo Piranha-açu (coluna azul).....	42
Figura 19- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de <i>Macrobrachium jelskii</i> coletados nas bacias Alto Piranha-açu versus Brigida.....	43
Figura 20- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando diferenças das variáveis geométricas da forma do cefalotórax de <i>Macrobrachium jelskii</i> da bacia do Alto Piranha-açu (coluna vermelha) e Brigida (coluna azul).	44
Figura 21- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de <i>Macrobrachium jelskii</i> coletados nas bacias Baixo Piranha-açu versus Brigida.....	45
Figura 22- Gráfico de barras gerados através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças das variáveis geométricas da forma do cefalotórax de <i>Macrobrachium jelskii</i> da bacia do Baixo Piranha-açu (coluna vermelha) e Brigida (coluna azul).....	45

LISTA DE TABELA

Tabela I: Características ambientais dos locais de coleta de <i>Macrobrachium jelskii</i> : data, hora, temperatura, umidade relativa do ar e coordenada geográfica.....	32
Tabela II: Descrição dos landmarks e semilandmark e sua localização específica no <i>Macrobrachium jelskii</i>	36
Tabela III: Resultados (Distância de Mahalanobis, Distância de Procrustes, P (paramétrico)) obtidos quando comparadas as bacias do Alto Jaguaribe, Alto Piranha-açu, Baixo piranha-açu e Brigida.....	37

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO-----	16
1.1 Camarão sossego, <i>Macrobrachium jelskii</i> -----	17
1.2 Morfometria-----	19
1.3 Morfometria Geométrica-----	21
1.3.1 Marco anatômico (Landmark) -----	23
2- OBJETIVOS-----	25
2.1 Objetivo geral-----	25
2.2 Objetivos específicos-----	25
3- METODOLOGIA-----	26
3.1- Caracterização da Área de estudo-----	26
3.1.1- Açúde Bengue, bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, Aiuaba, Ceará -----	27
3.1.2- Rio São Bento Paulista, bacia hidrográfica do Baixo Piranha-Açu, Paraíba-----	28
3.1.3- Rio São Pedro, bacia do Rio Brígida, Ouricuri, Pernambuco-----	29
3.1.4- Rio Seridó, bacia hidrográfica do Alto Piranhas-açu, Rio Grande do Norte-----	30
3.2- Coleta do material biológico-----	31
3.3- Tratamento e análise das amostras-----	33
4- RESULTADOS-----	37
4.1- Bacia do Alto Jaguaribe versus Alto Piranha-açu-----	37
4.2- Bacia do Alto Jaguaribe <i>versus</i> Baixo Piranha-açu-----	39
4.3- Bacia do Alto Jaguaribe <i>versus</i> Brigida-----	40
4.5- Bacia do Alto Piranha-açu <i>versus</i> Brigida-----	43
4.6- Bacia do Baixo Piranha-açu <i>versus</i> Brigida-----	45
5-DISCURSSÃO-----	48
6- CONCLUSÃO-----	50
7- REFERÊNCIAS-----	50

1- INTRODUÇÃO

O táxon Crustacea constitui um dos maiores grupos de Arthropoda, com mais de 67.000 espécies já descritas, ocorrendo em ambientes dulcícola, estuarino, marinho e terrestre (BRUSCA e BRUSCA, 2007). Os Crustacea estão subdivididos em 6 classes, 13 subclasses e 47 ordens, entre as quais a ordem Decapoda é a mais representativa, com mais de 20% das espécies de crustáceos conhecidas (MARTIN e DAVIS, 2001).

As primeiras contribuições científicas sobre decápodos dulcícolas brasileiros foram feitas por autores estrangeiros, trabalhando aqui ou no exterior, entre as quais se destacam as descrições de novas espécies de camarões feitas por Wiegmann (1836), Heller (1862) e Müller (1880, 1892) e de caranguejos por Latreille (1828), Milne-Edwards (1853), Milne-Edwards (1869), Von Martens (1869) e Goeldi (1886).

Os decápodos compreendem um grupo bastante diversificado, sua evolução inclui uma inovação importante, única entre os malacostraca, que é o aparecimento da incubação pleopodial, com eclosão tipicamente no estágio de zoea, que resulta numa grande sobrevivência da prole. Segundo Saint Laurent (1979) esse tipo de desenvolvimento caracteriza a subordem pleocyemata, onde está incluída a infraordem Caridea.

A infraordem Caridea é composta de aproximadamente 2.500 espécies distribuídas em 31 famílias. Estes camarões ocorrem em todos os habitats aquáticos do planeta, incluindo o pelagial marinho, cavernas alcalinas e dulcícolas, destes são conhecidas atualmente 655 espécies, um quarto da infraordem Caridea (GRAVE e ANKER, 2008).

Os camarões carídeos dentro dos ecossistemas aquáticos desempenham um papel fundamental nos processos ecológicos (MAGALHÃES, 1999). Esses camarões atuam como predadores de outros invertebrados (KENSLEY e WALKER, 1982), podendo ser epibentônicos e detritívoros, além de ser presas para peixes (BAUER, 2004). O conhecimento biológico desses camarões constitui uma ferramenta básica para o desenho de estratégias de manejo, visto que possibilita um melhor aproveitamento desse recurso natural, evitando um estado de sobrepesca, e por consequência, uma produtividade decrescente. Uma exploração adequada dos recursos pesqueiros beneficia a população de pescadores artesanais, garantindo renda e trabalho e, desta forma, promovem o desenvolvimento socioeconômico da região. Ressalta-se ainda, que, a carcinocultura pode ser considerada uma alternativa importante para a manutenção da produção de camarões e preservação de populações naturais, desta forma estimulada em larga escala em diversos países (VALENTI, 1989; 2008).

A família Palaemonidae Rafinesque, 1815, engloba cerca de 981 espécies (FRANSEN e DE GRAVE, 2009; DE GRAVE e FRANSEN, 2011) está subdividida em: Euryrhynchinae Holthuis, 1950, com três espécies do gênero *Euryrhynchus* Miers, 1877 e Palaemoninae Rafinesque, 1815, com cinco gêneros: *Pseudopalaemon* Sollaud, 1911, *Cryphiops* Dana, 1852, *Palaemonetes* Heller, 1869, *Palaemon* Weber, 1795 e *Macrobrachium* Bate, 1868 (MELO, 2003).

O gênero *Macrobrachium* é o mais representativo, inclui cerca de 243 espécies que são importantes componentes dos ecossistemas de água doce e estuarinos, distribuídos em todo o mundo, em águas tropicais e subtropicais e que apresenta a maior diversidade na região do Indo-Pacífico (WOWOR et al., 2009; DE GRAVE e FRANSEN, 2011). Mais de 55 espécies são encontradas nas Américas, dos quais 20 foram relatados no Brasil (HOLTHUIS, 1952, PEREIRA, 1986, 1993; BOWLES et al., 2000; JAYACHANDRAN, 2001; MELO, 2003; ALMARAZ e MARTÍNEZ, 2008; MANTELATTO et al., 2008).

De acordo com Pereira e Garcia (1995) existem 39 espécies de *Macrobrachium* que possuem desenvolvimento larval abreviado, destes 17 encontram-se distribuídas na América do Sul. Segundo Magalhães (2000) *M. jelskii* é uma espécie que possui desenvolvimento larval abreviado.

1.1 Camarão sossego, *Macrobrachium jelskii*

A espécie *Macrobrachium jelskii* (MIERS, 1778) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) conhecida popularmente no Brasil, como camarão “sossego”, é restrita ao ambiente de água doce e de acordo com Melo (2003) a espécie é frequentemente encontrada em águas escuras com pouca vegetação marginal, substrato lodoso; mas também em águas transparentes e rápidas, com gramíneas, pedras e areia. Segundo este mesmo autor, esta espécie alimenta-se de larvas de insetos, diatomáceas, e outras algas, além de grãos de sedimentos; possui algumas peculiaridades como hábitos alimentares noturnos e em área de vegetação devido a recursos abundantes (WILLINER e COLLINS, 2002) e a capacidade de suportar baixos níveis de oxigênio dissolvido no meio em que se encontra (PAIVA e BASTOS, 1959).

Macrobrachium jelskii, em sua morfologia, apresenta rostro delgado, desenvolvido, ligeiramente inclinado para cima na extremidade distal, ultrapassa a extremidade do escafoцерito; margem superior com 5 a 8 dentes distribuídos irregularmente e com um a dois dentes pós-orbitais; margem inferior com 5 a 6 dentes. Carapaça e abdome lisos. Telson com

margem posterior provida de uma extremidade posterior mediana aguda com espinhos internos longos ultrapassando a citada extremidade e numerosas cerdas entre os espinhos internos. Pereiópodos do segundo par delgado e liso, igual na forma e no tamanho (MELO, 2003); como mostra a Figura 1. Segundo o mesmo autor a espécie distribui-se: Trinidad, Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, Bolívia e Brasil (estados e territórios do Amapá, Pará, Amazonas, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Mato Grosso, São Paulo, Santa Catarina).

A espécie *M. jelskii* apresenta uma grande importância regional sendo utilizada como isca para pesca, fonte de alimento para a população ribeirinha, na ornamentação de aquários, além de exercer um importante papel ecológico como integrante da cadeia trófica visto que são modificadores do ambiente e controladores de populações de outros organismos (CIRILO et al., 2011).

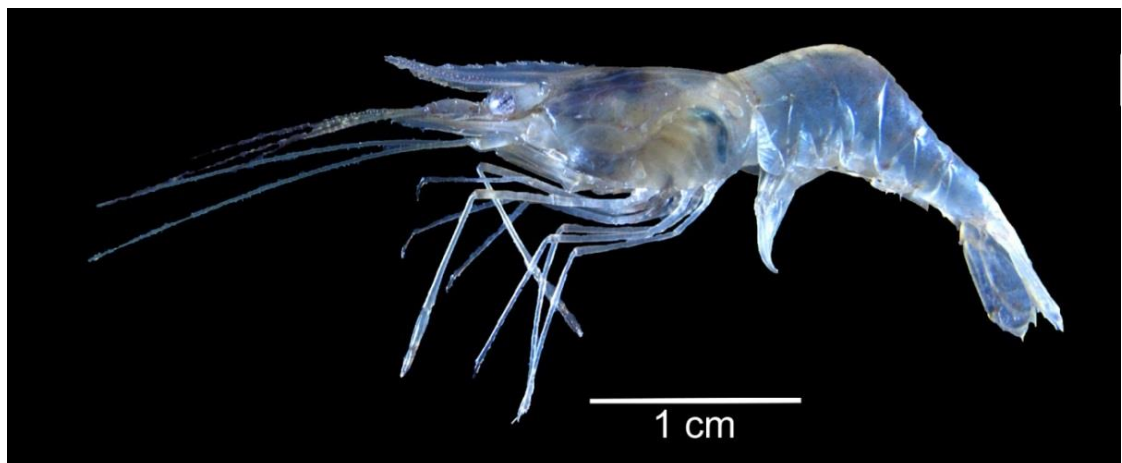


Figura 1- Vista lateral do *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778), adulto.

A sequência taxonômica aceita atualmente, proposta por Holthuis (1950, 1952a,b) está apresentada abaixo.

Classificação taxonômica da espécie *Macrobrachium jelskii*.

Filo Arthropoda

Subfilo Crustacea

Classe Malacostraca

Ordem Decapoda

Infraordem Caridea

Superfamília Palaemonoidea

Família Palaemonidae

Gênero: *Macrobrachium*

Espécie: *Macrobrachium jelskii*

1.2 Morfometria

Morfometria é o estudo da forma e sua variação e covariação positiva com outras variáveis (BOOKSTEIN, 1991; DRYDEN e MARDIA, 1998). Tradicionalmente, morfometria foi a aplicação de análises estatísticas multivariadas para conjuntos de variáveis quantitativas, tais como comprimento, largura e altura. Pode ser definida, também, como a análise da forma do corpo em relação ao tamanho através de métodos numéricos. É muito usada na biologia evolutiva, além de propiciar a interpretação e comparação dos padrões de variação de caracteres quantitativos (BLACKITH E REYMENT, 1971; CAVALCANTI E LOPES, 1990).

A morfometria em uma de suas definições mais clássicas designa qualquer análise quantitativa da variação morfológica dos organismos. Atualmente costuma ser definida como o estudo da forma e do tamanho, e de como estas variáveis se relacionam entre si. Esse conjunto de técnicas tem evoluído ao longo dos séculos desde o estabelecimento de proporções entre as diversas partes do corpo, ainda hoje utilizadas nas descrições taxonômicas, até as sofisticadas técnicas estatísticas que utilizam modelos matemáticos complexos para explicar diferenças na forma ou tamanho (MONTEIRO e REIS, 1999).

O estudo da morfometria tem interessado diversas áreas do conhecimento por diferentes motivos. Os taxonomistas utilizam para mensurar diferenças entre espécies, criando referências para comparações. Os ecólogos discutem que a forma e o tamanho de um organismo devem caracterizar aspectos de sua evolução. Já os geneticistas se preocupam em estimar a herdabilidade de caracteres morfométricos, pois podem quantificar e separar as

influências genotípicas das ambientais sob o fenótipo de uma população (PERES et al., 1995).

Para os seres vivos, são necessários, no mínimo, três vetores para descrever sua forma, este é o resultado de diversas respostas alométricas (alterações nas proporções de um organismo ao longo do crescimento) durante o desenvolvimento, por isso, os estudos morfológicos devem ser desenvolvidos através de ferramentas multivariadas (CAVALCANTI e LOPES, 1993).

As primeiras abordagens ao estudo da variação da forma compararam várias medidas, uma a uma (MORAES, 2003). Entretanto, com a disponibilidade de novas tecnologias computacionais, tornou-se possível a análise simultânea de diversas variáveis, embora ainda não seja suficiente para descrever a forma, já que os organismos são multidimensionais. As análises morfométricas podem ser realizadas de diversas formas, seguindo uma série de passos, onde fica claro que os resultados de análises preliminares acabam sendo imprescindivelmente analisados por métodos multivariados (MONTEIRO e REIS, 1999).

No mundo, muitos trabalhos já foram realizados utilizando a morfometria para discriminar populações (VIDALES et al., 1997; STRAUSS, 1985), identificar estoques pesqueiros (CADRIN, 2000), identificar dimorfismo sexual (FAIRBAIRN, 1997; BARAS, 1999; RAPP PY-DANIEL e COX FERNANDES, 2005), caracterizar diferenças entre espécies (STRAUSS e BOOKSTEIN, 1982; AGUIRRE E SHERVETTE, 2005), caracterizar uma única espécie e também seu crescimento (CHÁPULI e RUIZ, 1984; STRAUSS e FUIMAN, 1985; EHLIGER, 1991; FULFORD e RUTHERFORD, 2000).

Dentre as pesquisas sobre morfometria, alguns trabalhos relevantes realizados no Brasil podem ser citados, como é o caso de Cavalcanti e Lopes (1990; 1993); Almeida (1999). Estes autores fizeram estudos morfométricos para comparar diferenças entre espécie de peixes das famílias Sciaenidae, Serranidae e Squalus, família de tubarão, respectivamente. Cavicchioli (1995) discriminou morfometricamente as formas larvais de duas espécies de Serrasalmidae: *Serrasalmus spilopleura* e *S. marginatus*, no alto rio Paraná. Rincon Filho (1998), Freire et al., (1998; 1999) e Silva (2000) caracterizaram morfometricamente o tubarão (*Pseudocarcharias kamoharai*) capturado na região nordeste, o agulhão-vela (*Istiophorus albicans*) também capturado na região nordeste e a Albacora laje (*Thunnus albacares*) do Atlântico Sul.

1.3 Morfometria Geométrica

Quantificar fenômenos por meio de modelos matemáticos e estatísticos é uma prática já estabelecida em diversos ramos da biologia. O termo morfometria foi utilizado por muito tempo de forma indiscriminada para qualquer estudo que analisava quantitativamente a variação da morfologia encontrada nos organismos. Entretanto, nos anos de 1980 houve uma revolução metodológica que fez surgir à necessidade de um embasamento teórico e filosófico, surgindo então a morfometria geométrica – que permite a comparação de padrões morfológicos a partir de caracteres multivariados, considerando simultaneamente várias características em uma estrutura corporal complexa (MONTEIRO E REIS, 1999).

Atualmente existem diversas metodologias para caracterizar a forma do corpo do animal. Dentre estas, se destaca a morfometria tradicional, descrita por Lima (1967) que, segundo Fonteles Filho (1989), objetiva criar estimativas sobre o tipo de crescimento do indivíduo, isométrico ou alométrico, ao longo da vida; morfometria geométrica proposta por Strauss e Bookstein (1982), que visa detectar sistematicamente as diferenças na forma nas direções oblíqua, horizontal e vertical, usando um sistema de medida que geralmente assegura a cobertura uniforme do limite de configuração da espécie.

A Morfometria Geométrica (MG) é um conjunto de novas técnicas no estudo da forma de estruturas biológicas em que são utilizados Marcos Anatômicos (Landmarks) (ROHLF E MARCUS, 1993) ou Contornos. Nos métodos morfométricos tradicionais são usadas variáveis de quantificação de forma, por exemplo, razões entre distâncias ou entre ângulos de estruturas. Utilizando-se Landmarks obtém-se uma maior informação morfológica. Uma das principais vantagens da MG sobre os métodos tradicionais é o processo através do qual se quantifica a variação entre formas – Distância de Procrustes (ROHLF, 1999).

Durante os anos 80, ocorreu uma revolução metodológica nesta área fazendo com que aparecesse a necessidade de um embasamento teórico e filosófico, culminando com o surgimento de uma área de pesquisa entre a Biologia, a Estatística e a Geometria (MONTEIRO e REIS, 1999). O termo "revolução na morfometria", utilizado em 1993 em um artigo de Rohlf e Marcus, indica uma nova maneira de medir estas variações.

Os métodos atuais de morfometria, diverso daqueles utilizados tradicionalmente, trazem um interesse considerável como ferramenta para resolver problemas no campo da sistemática, lembrando que se faz necessário evitar distorções para estimar filogenias (ROHLF, 2000).

Estudos de populações, complexo de espécies, dentre outros, realizados com insetos

comumente utilizam a morfometria geométrica, associada ou não a outra ferramenta, para compreensão desses grupos, observando variações morfológicas significativas (AYTEKIN et al., 2007; BAYLAC et al., 2003; HOFFMAN e SHIRRIFFS, 2002; PETRORIUS, 2005; SILVA, 2008).

Ao comparar apenas a forma de uma figura com outra, a informação excedente deve ser retirada do conjunto de pontos. No caso dos métodos de superposição de marcos anatômicos, a variação de forma é estudada nas próprias coordenadas dos marcos e como foi dito anteriormente, após a retirada dos efeitos de tamanho, orientação e posição. Logo, se as configurações estão centradas em um ponto comum, proporcionalizadas de forma que tenham o mesmo tamanho e rotacionadas segundo algum critério de otimização, as coordenadas encontradas localizam um ponto no espaço de forma (Shape Space), chamado de espaço de forma de Kendall (KENDALL, 1984; 1989).

A remoção dos parâmetros indesejáveis e a representação dos espécimes no espaço da forma de Kendall são feitos por meio de diferentes métodos de superposição de marcos anatômicos. E o método escolhido foi Superposição Ortogonal pelos Quadrados Mínimos (BOOKSTEIN 1986). De acordo com esse método, o centro da configuração de pontos de cada espécime é calculado, ou seja, o centroide, que é o vetor correspondente às médias das coordenadas X e Y de todos os pontos marcados em cada fotografia (ZELDITCH et al., 2004). Assim, o tamanho de centroide corresponde à raiz quadrada do somatório dos quadrados das distâncias entre cada ponto de referência e o centro de massa, ou centroide (MONTEIRO E REIS, 1999; ASTUA DE MORAES, 2003).

A sobreposição de marcos anatômico ocorre por meio de interações repetidas. Uma das formas é escolhida aleatoriamente, e todas as demais são sobrepostas a ela pelo centroide (translação), colocadas em escala igualando-se os tamanhos de centroide (escalamento) e rotacionadas até que sejam minimizados os quadrados das distâncias entre os pontos correspondentes entre cada forma e a referência (rotação) (GOWER 1975; ROHLF E SLICE 1990; ADAMS, ROHLF E SLICE 2004; ASTUA DE MORAES, 2004).

A partir da configuração de referência é construída uma matriz com as distâncias entre os pontos de referência correspondentes utilizados, denominada matriz da energia de deformação, que delimita as deformações possíveis para a forma de referência ao descrever um subespaço tangente linear onde serão estudadas as variações de forma. Os autovetores dessa matriz são chamados deformações principais. Cada autovetor descreve uma possível mudança de forma aplicável à referência (MONTEIRO e REIS 1999). Essas duas matrizes são associadas, cada valor da primeira matriz está associado a um vetor da segunda (ASTUA

DE MORAES, 2003).

Para descrever as deformações que transformam a configuração de referência nas configurações originais, as coordenadas dos pontos de referência de cada indivíduo são projetadas nas deformações principais. Essa projeção origina escores ou pesos que ponderam quanto de cada deformação principal é necessário para realizar a deformação da referência no alvo. Aos vetores de pesos denominamos deformações parciais, que são características de cada indivíduo, e o conjunto dessas deformações parciais resulta na matriz W (matriz de pesos), que é a matriz dos escores de deformações parciais ou “Partial Warps”, onde é possível a aplicação de estatística multivariada (BOOKSTEIN, 1991; MONTEIRO E REIS 1999; ASTUA DE MORAES, 2004).

Esta nova abordagem permite a descrição da variabilidade usando uma análise estatística robusta bem como a utilização de Thin-Plate Spline (TPS) para ilustrar e descrever os resultados em termos de deformações. Uma das principais inovações da MG foi a reformulação das ideias de D’Arcy Thompson, o qual visualizava as formas biológicas como distorções de um sistema de Coordenadas Geométricas (THOMPSON, 1917).

Geralmente, os estudos morfométricos envolvendo espécies de crustáceos utilizam a estrutura rígida dos organismos com o intuito de verificar o dimorfismo sexual entre os indivíduos (THOMPSON, 1917), contribuir na classificação taxonômica das espécies (GIRI E LOY, 2008; RIEDLECKER et al., 2009) e/ou verificar a variação morfológica entre populações (RIEDLECKER et al., 2009; HOPKINS E THURMAN, 2010; SILVA et al., 2010). Além disso, a morfometria geométrica tem sido usada também na identificação de espécies invasoras aplicando-se a variação de forma como padrão (RIEDLECKER et al., 2009). No entanto, até o presente nenhum trabalho sobre variação morfológica intra-específica de crustáceos dulcícolas habitantes de bacias hidrográficas distintas foi realizado a partir da técnica de morfometria geométrica.

1.3.1 Marco anatômico (Landmark)

Fundamental para análises de morfometria geométrica, os “marcos anatômicos” (landmarks) são loci anatômicos discretos que podem ser reconhecidos como os mesmo loci em todos os espécimes estudados. Matematicamente, são pontos de correspondência combinados dentro e entre populações (ZELDITCH et al., 2004). Monteiro e Reis (1999) afirmam que esses landmarks são os pontos nos quais as estruturas biológicas são amostradas e que permitem identificar as variações de forma entre as mesmas estruturas morfológicas nos

diferentes exemplares em estudo; aqueles aos quais estão ligadas as explicações sobre processos biológicos. Na morfometria tradicional, no entanto, os estudos eram baseados em análises multivariadas de um conjunto de medidas aleatórias (ROHLF, 2000; ADAMS et al., 2004).

A abordagem mais comum e mais rica em informações para a representação de dados estudados na área da MG é dada em termo de marcos anatômicos, ou usualmente pontos de curvatura máxima ou junções entre estruturas, ou ainda, pontos localizados em regiões chave na forma de interesse, são localizados respeitando a homologia correspondência biológica da posição de marcos de forma para forma (SNEATH e SOKAL, 1973), obtendo-se assim uma maior informação morfológica.

2- OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- ❖ Verificar possíveis variações no cefalotórax do *Macrobrachium jelskii* de bacias hidrográficas distintas (Alto Jaguaribe, Alto Piranha-Açu e Baixo Piranha-Açu e Brígida) do Nordeste brasileiro.

2.2 Objetivos específicos

- ❖ Verificar, através de análises estatísticas de dados morfométricos, semelhanças e diferenças entre indivíduos da espécie *M. jelskii* de habitats hidrográficos distintos;
- ❖ Buscar evidências morfológicas da existência de isolamento reprodutivo em populações de mesma espécie entre bacias hidrográficas distintas.

3- METODOLOGIA

3.1- Caracterização da Área de estudo

A região Nordeste, com 1,56 milhão de km² (18,2% do território nacional), contém a maior parte do Semi-Árido brasileiro, o qual é formado por um conjunto de espaços que se caracterizam pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2800 h/ano, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C e evaporação de 2.000 mm/ano (FILHO, 2002).

O governo, com vistas a combater os efeitos das secas no semi-árido nordestino, tem investido na construção de grandes obras de engenharia para represar água, o resultado foi um número expressivo de açudes e barragens em todo o semi-árido nordestino, estimado em mais de 70 mil, que represam cerca de 30 bilhões de m³ de água. Isto representa a maior reserva superficial de água artificialmente acumulada em região semi-árida do mundo. A exploração dos açudes foi planejada em duas vertentes: uma envolvendo atividades agrárias e de abastecimento populacional e outra qualificada de complementar, abrangendo a atividade pesqueira (DNOCS, 2006).

Este trabalho teve como área de abrangência as bacias hidrográficas de quatro estados do semiárido nordestino, são eles: Açude Bengue, Aiuaba/Ceará (S- 06°35'58,2", W- 040°08'30,3") bacia do Alto Jaguaribe; Rio Seridó/Rio Grande do Norte (S- 06°27'28,4" W- 37°05'10,7") bacia do Baixo Piranha-açu; Rio São Bento Paulista/Paraíba (S-06°46'80,0" W- 037°48'77,7") bacia do Alto Piranha-açu e Rio São Pedro, Ouricuri/Pernambuco (S- 08°07'57,66", W-40°05'3,98") bacia do rio Brigida, figura 2 .

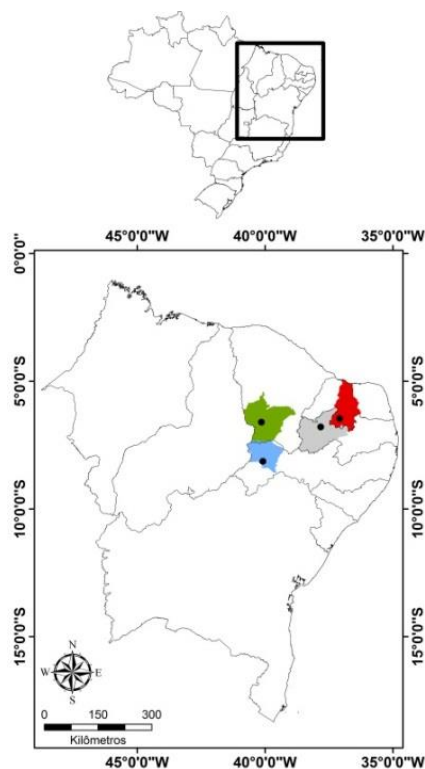


Figura 2- Mapa do nordeste brasileiro destacando as bacias hidrográficas e os pontos de coleta de *Macrobrachium jelskii*. Em verde bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, azul Bacia do Rio Brígida, em cinza Bacia do Alto Piranha-açu e vermelho Baixo Piranha-açu, localizadas respectivamente nos estados do Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.

3.1.1- Açúde Bengue, bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, Aiuaba, Ceará

A bacia do Alto Jaguaribe possui uma área de 24 336 km², e abrange 28 municípios, é uma das Sub-Bacias do rio Jaguaribe (figura 3), tem como principais afluentes os rios: Jucá, rio dos Bastiões, o rio Cariús, o riacho da Conceição e outros, suas águas afluem para o açude Orós, um dos maiores do Estado, com capacidade de 1.940.000.000 m³ (COGERH, 2002).

A precipitação anual na Bacia do Jaguaribe apresenta uma distribuição espacial bastante irregular, oscilando entre 500 e 1.000 mm. A área onde se encontra as menores precipitações compreende o setor Oeste, envolvendo o Sertão dos Inhamuns, chegando a atingir valores inferiores a 500 mm por ano. As maiores precipitações ocorrem na região do Cariri, norte da Bacia e Serra do Pereiro (COGERH, 2002).



Figura 3- Mapa do estado do Ceará, em verde bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, o ponto preto em destaque representa a localização do açude Bengue/CE. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.

3.1.2- Rio São Bento Paulista, bacia hidrográfica do Alto Piranha-Açu, Paraíba

O município de Paulista encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas. Seus principais tributários são: o Rio Piranhas e os riachos: do Retiro, Salgadinho, do André, Grota Funda, da Timbaúba, do Couro, Boa Vista, do Mulungu, Mato Grosso, do Moleque, do Livramento, Grande, Malhada da Besta, Barro Vermelho, Sanharã, Empanzinado, da Palha, o, Cachoeirinha, do Veludo, Bálsamo, do Junco, dos Grossos, da Água Fria, Jurema, do Cipó, dos Pilões e das éguas, além dos córregos: da Areia, dos Mocós, Mateus Pereira, Mimoso, Luciano e do Preto. O principal corpo de acumulação é a Lagoa das Areias (CERH, 2013).

O rio Piranhas-Açu nasce na Serra de Piancó no estado da Paraíba e tem sua foz no Oceano Atlântico, próximo à cidade de Macau no Rio Grande do Norte, percorrendo pouco mais de 400 km. Seus principais afluentes são os rios Piranhas, afluente pela margem esquerda no estado da Paraíba, e o rio Seridó (figura 4), afluente pela margem direita no estado do Rio Grande do Norte; possui uma área total de drenagem de 43.681,5 km², sendo 26.208,9 km² (60% da área da bacia) no Estado da Paraíba e 17.472,6 km²(40% da área da bacia) no Estado do Rio Grande do Norte (CERH, 2013).



Figura 4- Mapa representativo da Paraíba, em cinza bacia hidrográfica do Alto Piranha-açu, o ponto preto em destaque representa a localização do Rio São Bento Paulista/PB. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.

3.1.3- Rio São Pedro, bacia do Rio Brígida, Ouricuri, Pernambuco

A Microrregião de Araripina, localizada no semiárido pernambucano, é uma região formada por 10 municípios, tem área de 11.792 km² e predominam, em quase toda sua extensão, condições ecológicas desfavoráveis, com elevadas temperaturas, chuvas escassas e mal distribuídas, rios temporários e vegetação xerófila, tendo como atividades fundamentais as culturas de subsistência e a pecuária extensiva (MALTCHIK, 1999).

A área de estudo é a Bacia hidrográfica do Rio Brígida, localizada no Sertão do Estado de Pernambuco está entre as coordenadas 7° 30' a 9° 00' de latitude Sul e 39° 30' a 41° 00' de longitude Oeste e aproximadamente 700 m de altitude, com nascente na Chapada do Araripe e Foz no Rio São Francisco, possui uma área de 14.366 km² e uma extensão de 160 km. A Bacia possui um total de 15 municípios, dentre os quais 6 estão completamente inseridos: Araripina, Bodocó, Granito, Ipubi, Ouricuri e Trindade. Os outros municípios que fazem parte de seu território são: Cabrobó, Exu, Moreilândia, Orocó, Parnamirim, Santa. Maria da Boa Vista, Santa Cruz, Santa Filomena e Serrita (BRASIL, 2005).

O Rio São Pedro é o maior depositário da bacia do rio Brígida, com 174 km de extensão, tem suas nascentes na chapada do Araripe a uma altitude de aproximadamente 700 m (SALES, 2001), sendo um dos mais importantes da microrregião de Araripina (figura 5).



Figura 5- Mapa do Pernambuco, em azul bacia do Rio Brígida, o ponto preto em destaque representa a localização do Rio São Pedro/PE. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.

3.1.4- Rio Seridó, bacia hidrográfica do Baixo Piranhas-açu, Rio Grande do Norte

A microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte constitui a área do presente estudo que se situa na parte centro-sul deste Estado, da qual fazem parte os seguintes municípios: Acari, Carnaúba dos Dantas, Cruzeta, Currais Novos, Equador, Jardim do Seridó, Ouro Branco, Parelhas, Santana do Seridó e São José do Seridó, totalizando juntos 3.825,73 km² de área territorial, equivalendo a 7, 24% de todo o território do Estado. Esse subespaço do Rio Grande do Norte faz parte da região semiárida ou do polígono das secas nordestinas e diferencia-se de outras áreas do Estado, dentre outros fatores, por abranger uma enorme área fustigada por secas constantes (SERHID, 2000).

A região do Seridó Oriental é banhada pela bacia do Rio Piranhas – açú, localizada na Região Central do Rio Grande do Norte (Figura 06), entre os paralelos de 4°50'16.93" e 7° 00' 42.94" de latitude Sul, e os meridianos de 36°06'18.01" e 37°41'46.76" de longitude Oeste, onde predominam o clima semiárido, solos rasos e pedregosos; ocupa uma superfície de 17.498,5 km², correspondendo a cerca de 32,8% do Estado do RN, e abrange 33 municípios perfazendo toda a mesorregião central e parte do agreste e oeste. Sua cabeceira dar-se na Serra do Bongá, na Paraíba, adentra no RN pelo município de Jardim de Piranhas e deságua no oceano Atlântico nas proximidades da cidade de Macau (GRUBEN E LOPES, 2001).

Segundo a Fundação Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte o IDEC (1993) das bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Norte, a do rio Piranhas-Açu é a mais extensa, recobrando 34,7% da superfície estadual, assumindo, dessa forma, grande importância econômica e social. Os principais afluentes do Piranhas-Açu no Rio Grande do

Norte (figura 6), são os rios Espinharas, Seridó, Sabugi, Bodó e Pataxó, pela margem direita, e Paraú, Panon e Riacho Umbuzeiro pela margem esquerda, enumerados em ambas as margens respectivamente pela ordem decrescente da área drenada.



Figura 6- Mapa representativo do Rio Grande do Norte, em vermelho, bacia hidrográfica do Baixo Piranha-Açu, o ponto preto em destaque o rio Seridó/RN. Fonte: Oliveira, H. F. 2013.

3.2- Coleta do material biológico

A coleta foi realizada com o auxílio de armadilhas conhecidas popularmente como “matapi”, confeccionada de maneira artesanal através de varetas finas de talas das palmeiras “juba” (*Astrocaryum spp.* e *Atrix spp.*) ou “jupaty” (*Raphia vinifer*), amarradas com um traçado de cipó, formando uma armação cilíndrica com 65 cm de altura e 75 cm de circunferência, fechada em cada extremidade em forma de funil, com a parte mais estreita voltada para dentro de diâmetro 8 cm e uma pequena porta por onde é retirado o camarão (Figura 3), este apetrecho torna a pesca do camarão bastante seletiva, de acordo com a abertura lateral e entre talas, foi utilizada como isca uma mistura de bolacha doce com sardinha.

As armadilhas foram colocadas arbitrariamente ao longo do curso dos corpos d’água, rente ao fundo, presa a um bastão de ferro sempre com a boca a jusante permanecendo assim, em média por 12 horas (período noturno).

Foram utilizadas ainda para coleta uma rede manual de malha 1,77 mm, diâmetro 56 cm e profundidade 51 cm, passadas nas bordas dos corpos d’água por um período de 1 hora com esforço de captura de 2 pessoas.



Figura 7- Aparelhos utilizados nas coletas de *Macrobrachium jelskii*. A- Covos 65 cm de altura, 75 cm de diâmetro e 8 cm de abertura. B- Redes manuais de malha 1,77 mm, diâmetro 56 cm e profundidade 51 cm.

Antes do início da coleta do material biológico foram retiradas as condições ambientais, os dados obtidos estão representados na tabela I.

Tabela I: Características ambientais dos locais de coleta do *M. jelskii*: data, hora, temperatura, umidade relativa do ar e coordenada geográfica.

LOCAL	BACIA HIDROGRÁFICA	DATA	HORA	TEMPERATURA DA ÁGUA	UMIDADE DO AR	COORDENADAS
Açúde Bengue, Aiuaba/CE	Alto Jaguaribe	19/09/2012	18:00 às 19:00 hs	26,2°C	48%	S- 06°35'58,2 W- 040°08'30,3"
Rio São Pedro, Ouricuri/PE	Brigida	15/01/2013	18:00 às 19:00 hs	29°C	65%	S- 08°07'57,66" W-40°05'3,98"
Rio São Bento Paulista/PB	Baixo Piranha-Açu	14/06/2012	8:05 às 11:02	28,3°C	45%	S-06°46'80,0" W-037°48'77,7"
Rio Seridó/RN	Alto Piranha- Acu	12/06/2012	9:00 às 11:30 hs	27,7°C	50%	S- 06°27'28,4" W- 37°05'10,7"

Após coletados os exemplares foram acondicionados em sacos plásticos e postos em caixas de isopor contendo gelo, posteriormente levados ao laboratório de Zoologia aplicada da Universidade Regional do Cariri, onde os mesmos foram identificados segundo a chave de Melo (2003) e Holthuis (1952). Os camarões foram preservados em solução de álcool 70%, posteriormente dissecados, tiveram o cefalotórax corado com azul de metileno a 1% para facilitar sua visualização e fotografados (Figura 8). O cefalotórax foi a estrutura corporal escolhida para o estudo da variação na forma por ser uma estrutura anatômica rígida, que não deforma com facilidade, e que aperfeiçoa a tomada de fotografias e as análises morfométricas, utilizou-se apenas indivíduos adultos com rostros em perfeito estado.

Todas as coletas foram realizadas com licença de coleta emitida pelo Sisbio Instituto Chico Mendes (ICMBIO) (número de solicitação 29615).



Figura 8- Visão lateral do cefalotórax do *Macrobrachium jelskii* dissecado e corado.

3.3- Tratamento e análise das amostras

Para fotografar o cefalotórax dos indivíduos em estudo utilizou-se um suporte forrado com EVA preto ao fundo com um furo central para assegurar melhor modelagem do formato do mesmo, sendo padronizado para todas as amostras, a uma altura aproximada de 3 cm da lente da câmera digital Cannon G10, resolução 14.7 MP acoplada a uma Mesa Estativa Fotográfica com Luminária CS – 920 Copy stand (Figura 4), para obtenção das imagens. Em seguida essas imagens foram convertidas em formato Tps utilizando para tal o software Tpsutil, as coordenadas cartesianas de landmarks e semilandmarks (Figura 10) foram digitalizadas com o auxílio do software TpsDig (Rohlf 2005) em seguida foi utilizado o

MorphoJ para a análise dos dados.

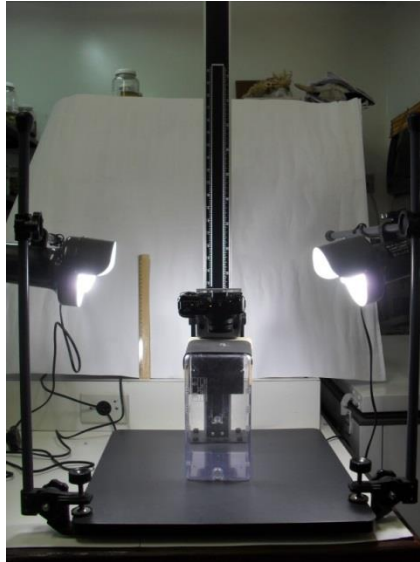


Figura 9- Mesa Estativa Fotográfica com Luminária CS – 920 Copy stand.

Para obtenção das variáveis de forma, os arquivos com as coordenadas X e Y obtidas através da digitalização dos landmarks e semilandmarks foram analisados no programa MorphoJ. Os efeitos de tamanho, orientação e posição, foram removidos para análise de forma. Desta forma, a superposição ortogonal pelo método de quadrados mínimos gerou uma configuração média de referência, a qual foi utilizada para que todos os espécimes fossem sobrepostos. Nesse método, os efeitos de tamanho foram removidos colocando-se o centroide das configurações na origem (0,0) do sistema cartesiano, igualando-se o tamanho do centroide de cada configuração a um (1), e rotacionadas para que a soma dos quadrados das distâncias entre os landmarks correspondentes nas configurações seja a menor possível. Como os semilandmarks são pontos sem correspondência biológica, eles deslizam ao longo da curva ou superfície até que a medida da diferença de forma entre as configurações seja a mínima possível (MITTEROECKER e GUNZ, 2009, ROHLF e SLICE, 1990; MONTEIRO e REIS, 1999).

Para a análise de deformações foi utilizada a técnica "*thin plate spline*" desenvolvida por Bookstein (1991). Os componentes principais de forma (deformações relativas) gerados por esta técnica foram usados nas análises de agrupamento das amostras. No presente estudo

foram considerados duas componentes principais que quantificaram 67% da variação total de forma (SHEETS et al., 2006).

A visualização das diferenças de forma entre as populações foi feita através das grades de deformações geradas pelo programa MorphoJ. A segregação dos grupos de indivíduos das diferentes bacias hidrográficas foi verificada através da análise discriminante, que verifica a variação de forma entre os grupos relativa àquela dentro dos grupos, com os componentes principais (deformações relativas) que concentrarem as maiores porcentagens de variação. A visualização das diferenças de forma no cefalotórax entre as populações através das grades de deformações foi feita no programa MorphoJ utilizando os escores gerados pela análise discriminante.

A técnica escolhida para o presente estudo baseou-se em pontos de referência ou marcos anatômicos homólogos, selecionados pela sua capacidade de cobrir a forma do cefalotórax dos indivíduos fotografados (HIMGST–ZAHER E ASTUA DE MORAES, 2003). Nas Análises baseadas em pontos de referência, os marcos anatômicos escolhidos em duas ou três dimensões, geram coordenadas cartesianas. Estas contem informações não relacionadas à forma que devem ser removidas matematicamente antes que as análises de forma sejam realizadas nessas coordenadas (ADAMS, ROHLF E SLICE, 2004).

Foi seguida uma metodologia de fácil reconhecimento visual dos landmarks; assim, foram escolhidos os 1°, 2°, 3°, 4°, 5° Landmarks e 6°, 7°, 8° semilandmarks (figura 10) de forma a proporcionar uma distribuição mais homogênea do contorno dos exemplares. A descrição de cada landmark e semilandmark está apresentada na tabela II.

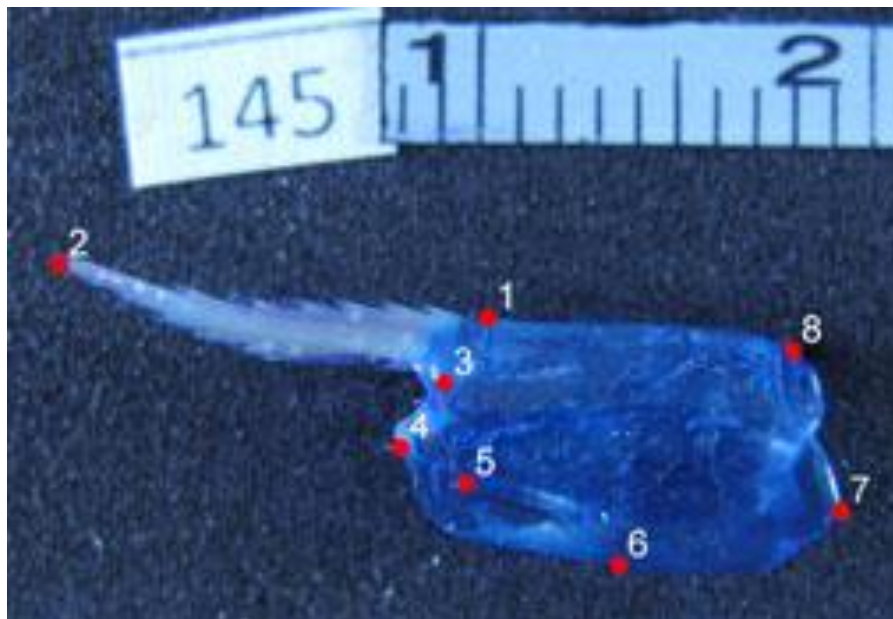


Figura 10- Cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* com indicação dos landmarks com correspondência biológica e dos semilandmarks. Landmarks: 1- base do dente epigástrico; 2- extremidade anterior do rosto; 3- base do espinho pós-orbital; 4- base do espinho antenal; 5- base do espinho pterigostomial; semilandmarks: 6 a 8.

Os landmarks podem ser divididos em três categorias:

- 1- Justaposição de tecidos: relacionam pontos de encontro entre três estruturas.
- 2- Pontos de máxima curvatura ou outros processos morfogenéticos locais: incluem extremidades e vales de invaginação.
- 3- Pontos extremos: Descrevem pontos relacionados à maior distância que pode ser medida em uma estrutura, como diâmetros e interseção de segmentos entre marcos.

Tabela II: Descrição dos landmarks e semilandmarks e sua localização específica no *M. jelskii*.

Landmarks	Localização
1° Landmarks	Base do dente epigástrico
2° Landmarks	Extremidade anterior do rosto
3° Landmarks	Base do espinho pós-orbital
4° Landmarks	Base do espinho antenal
5° Landmarks	Base do espinho branquiostergal
6° Semilandmarks	Extremidade posterior da reta perpassando 4° e 5° landmarks
7° Semilandmarks	Extremidade posterior da reta perpassando 2° e 3° landmarks
8° Semilandmarks	Extremidade póstero-superior do cefalotórax

4- RESULTADOS

O total de 151 cefalotórax foram fotografados para análise, sendo 36 da bacia do Alto Jaguaribe/CE, 40 da bacia do Alto Piranha-Açu/PB, 35 da bacia do Baixo Piranha-Açu/RN e 40 indivíduos da bacia do rio Brígida/PE, sendo 80 indivíduos fêmeas e 71 indivíduos machos, utilizou-se apenas indivíduos adultos.

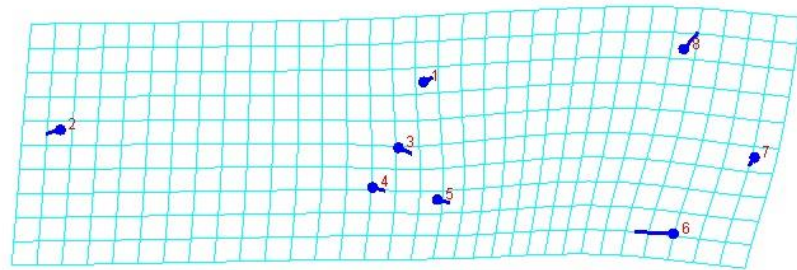
Tabela III: Resultados (Distância de Mahalanobis, Distância de Procrustes, P (paramétrico)) obtidos quando comparadas as bacias do Alto Jaguaribe, Alto Piranha-açu, Baixo piranha-açu e Brigida.

BACIAS HIDROGRÁFICAS	DISTÂNCIA DE MAHALANOBIS	DISTÂNCIA DE PROCUSTES	P (PARAMÉTRICO)
Alto Jaguaribe <i>versus</i> Alto Piranha-açu	2,340	0,082	< 0,0001
Alto Jaguaribe <i>versus</i> Baixo Piranha-açu	1,137	0,029	P=0,12
Alto Jaguaribe <i>versus</i> Brigida	2,607	0,056	< 0,0001
Alto Piranha-açu <i>versus</i> Baixo Piranha-açu	2,094	0,068	< 0,0001
Alto Piranha-açu <i>versus</i> Brigida	2,419	0,059	< 0,0001
Baixo Piranha-açu <i>versus</i> Brigida	1,864	0,039	< 0,0001

4.1- Bacia do Alto Jaguaribe versus Alto Piranha-açu

A análise discriminante permitiu a visualização gráfica das diferenças na forma entre os cefalotórax por meio da análise de componentes principais (PCA). Foram geradas 12 PCs, sendo as 2 primeiras as mais representativas, explicando 78 % da variação entre as bacias do Alto Piranha-açu e Alto Jaguaribe.

A análise dos componentes principais descreveu os eixos ortogonais de maior variação da forma a partir das deformações parciais e foi possível capturar e representar a maior parte da variação ao longo de alguns poucos eixos: 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7° e 8° (figura 11).



ALTO JAGUARIBE -- ALTO PIRANHA-AÇU

Figura 11- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias do Alto Jaguaribe versus Alto Piranha-açu.

Diferenças morfológicas significativas, no cefalotórax dos camarões, foram registradas quando comparadas as bacias do Alto Jaguaribe e Alto Piranha-açu (Distância de Procrustes: 0,082; Distância de Mahalanobis: 2,340; $P < 0,0001$), figura 12.

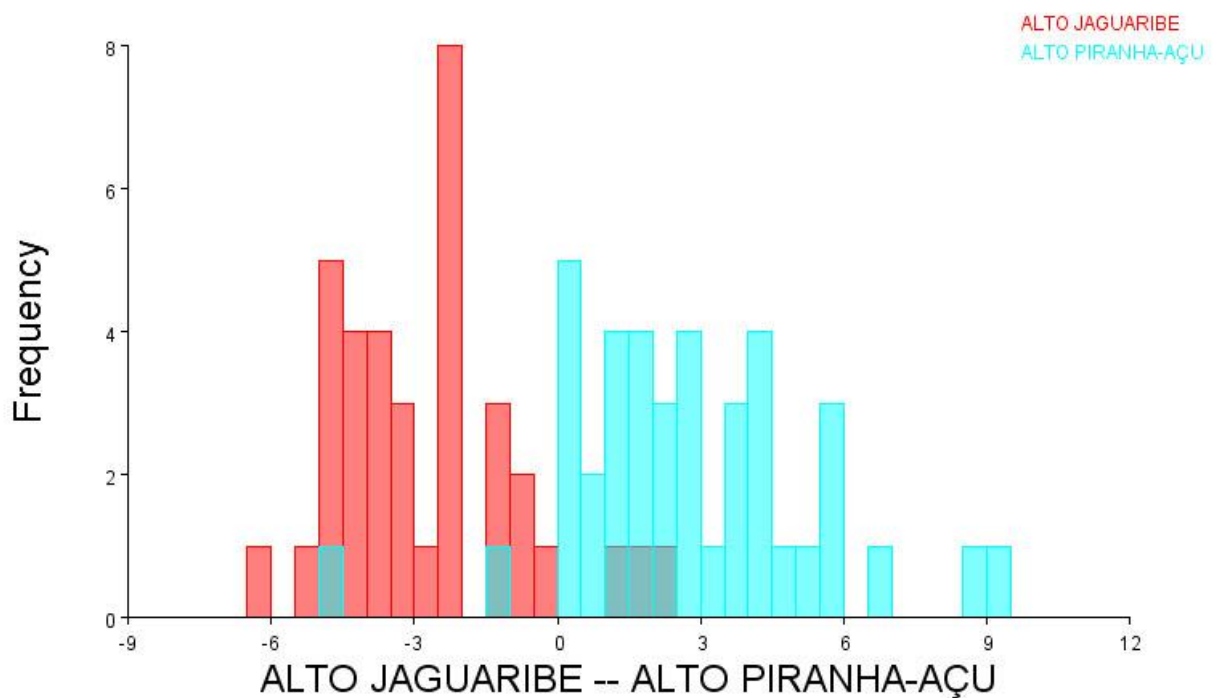
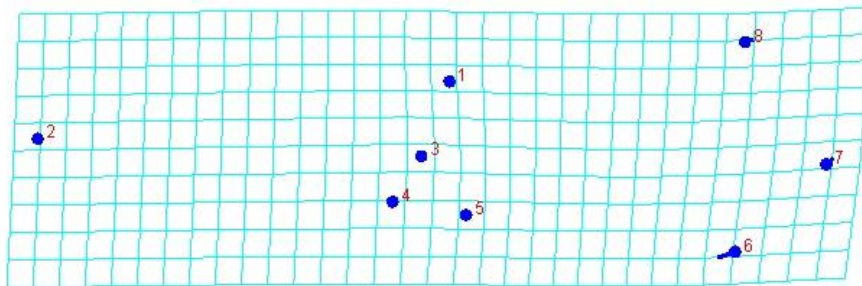


Figura 12- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças das variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Alto Jaguaribe (coluna vermelha) e Alto Piranha-açu (coluna azul).

4.2- Bacia do Alto Jaguaribe *versus* Baixo Piranha-açu

A análise discriminante permitiu a visualização gráfica das diferenças na forma entre os cefalotórax por meio da análise de componentes principais (PCA). Foram geradas 12 PCs, sendo as 2 primeiras as mais representativas, explicando 81 % da variação entre as bacias do Baixo Piranha-açu e Alto Jaguaribe.

A análise dos componentes principais descreveu os eixos ortogonais de maior variação da forma a partir das deformações parciais e foi possível capturar e representar a maior parte da variação ao longo de alguns poucos eixos: 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° e 7° (figura 13).



ALTO JAGUARIBE -- BAIXO PIRANHA-AÇU

Figura 13- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias Alto Jaguaribe *versus* Baixo Piranha-açu.

Não foram registradas diferenças morfológicas significativas no cefalotórax dos camarões analisados quando comparadas as bacias do Alto Jaguaribe e Baixo Piranha-açu (Distância de Procrustes:0,029; Distância de Mahalanobis: 1,137; P=0,12), figura 14.

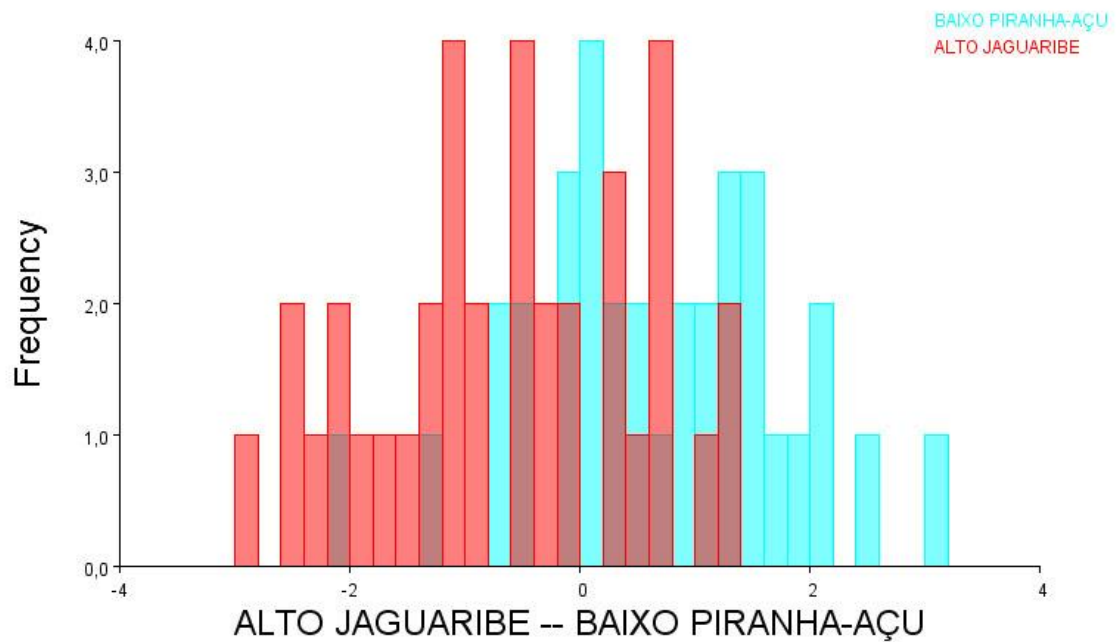
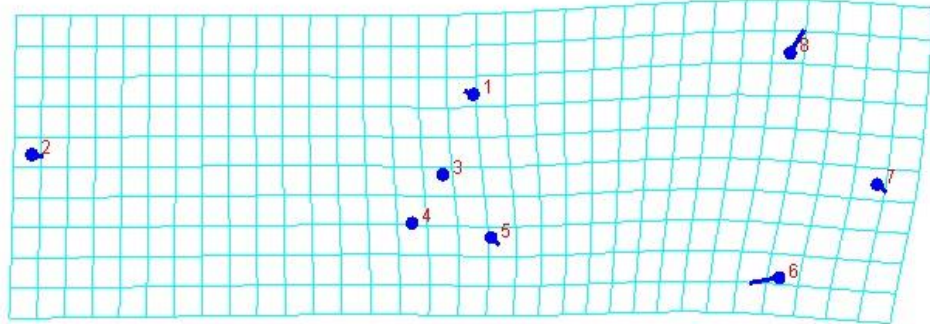


Figura 14- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando que não houve diferenças significativas entre as variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Alto Jaguaribe (coluna vermelha) e Baixo Piranha-açu (coluna azul).

4.3- Bacia do Alto Jaguaribe versus Brigida

A análise discriminante permitiu a visualização gráfica das diferenças na forma entre os cefalotórax por meio da análise de componentes principais (PCA). Foram geradas 12 PCs, sendo as 2 primeiras as mais representativas, explicando 81% da variação entre as bacias do rio Brigida e Baixo Piranha-açu.

A análise dos componentes principais descreveu os eixos ortogonais de maior variação da forma a partir das deformações parciais e foi possível capturar e representar a maior parte da variação ao longo de alguns poucos eixos: 1°, 2°, 5°, 6°, 7° e 8° (figura 15).



ALTO JAGUARIBE -- BRIGIDA

Figura 15- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias do Alto Jaguaribe versus Brigida.

Diferenças morfológicas significativas, no cefalotórax dos camarões, foram registradas quando comparadas as bacias do Alto Jaguaribe e Brigida (Distância de Procrustes: 0,056; Distância de Mahalanobis: 2,607; $P < 0,0001$), figura 16.

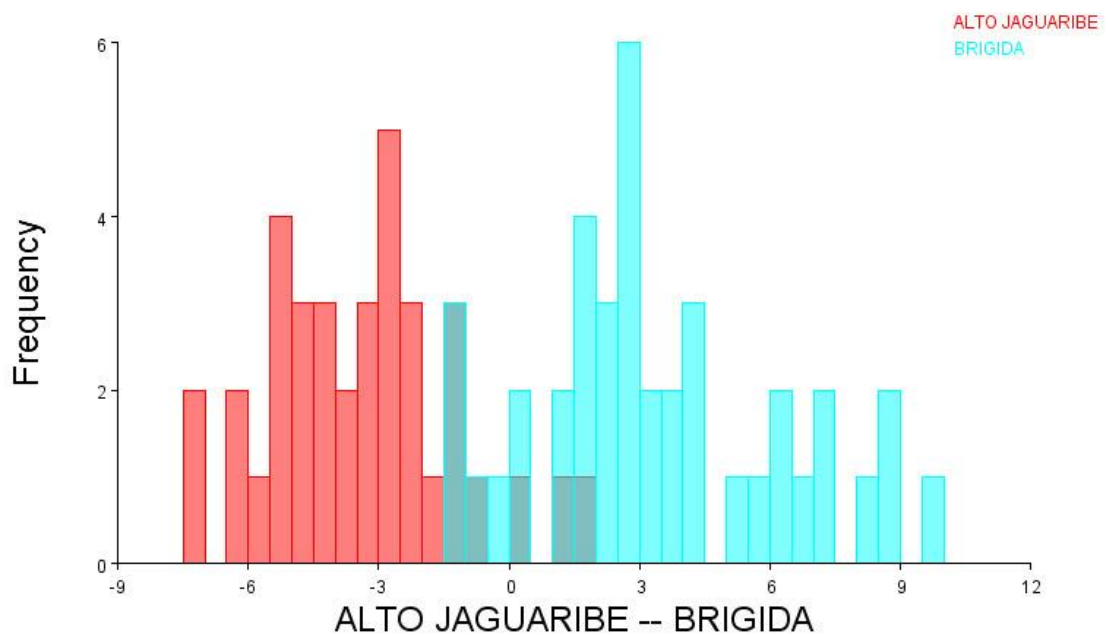
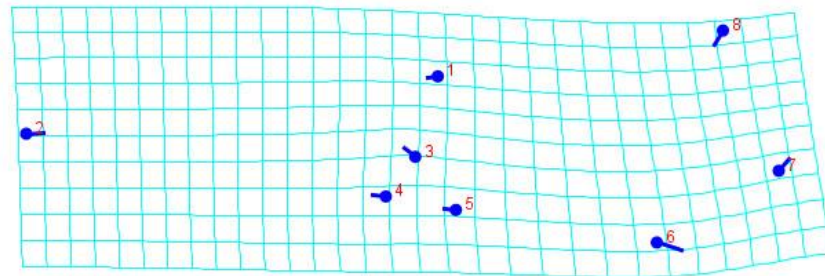


Figura 16- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças nas variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Alto Jaguaribe (coluna vermelha) e Brigida (coluna azul).

4.4- Bacia do Alto Piranha-açu versus Baixo piranha-açu

A análise discriminante permitiu a visualização gráfica das diferenças na forma entre os cefalotórax por meio da análise de componentes principais (PCA). Foram geradas 12 PCs, sendo as 2 primeiras as mais representativas, explicando 75 % da variação entre as bacias do Alto Piranha-açu e Baixo Piranha-açu.

A análise dos componentes principais descreveu os eixos ortogonais de maior variação da forma a partir das deformações parciais e foi possível capturar e representar a maior parte da variação ao longo de alguns poucos eixos: 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7° e 8° (figura 17).



ALTO PIRANHA-AÇU -- BAIXO PIRANHA-AÇU

Figura 17- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias Alto Piranha-açu versus Baixo Piranha-açu.

Diferenças morfológicas significativas, no do cefalotórax dos camarões, foram registradas quando comparadas as bacias do Alto Piranha-açu e Baixo Piranha-açu (Distância de Procrustes: 0,068; Distância de Mahalanobis: 2,094; $P < 0,0001$), figura 18.

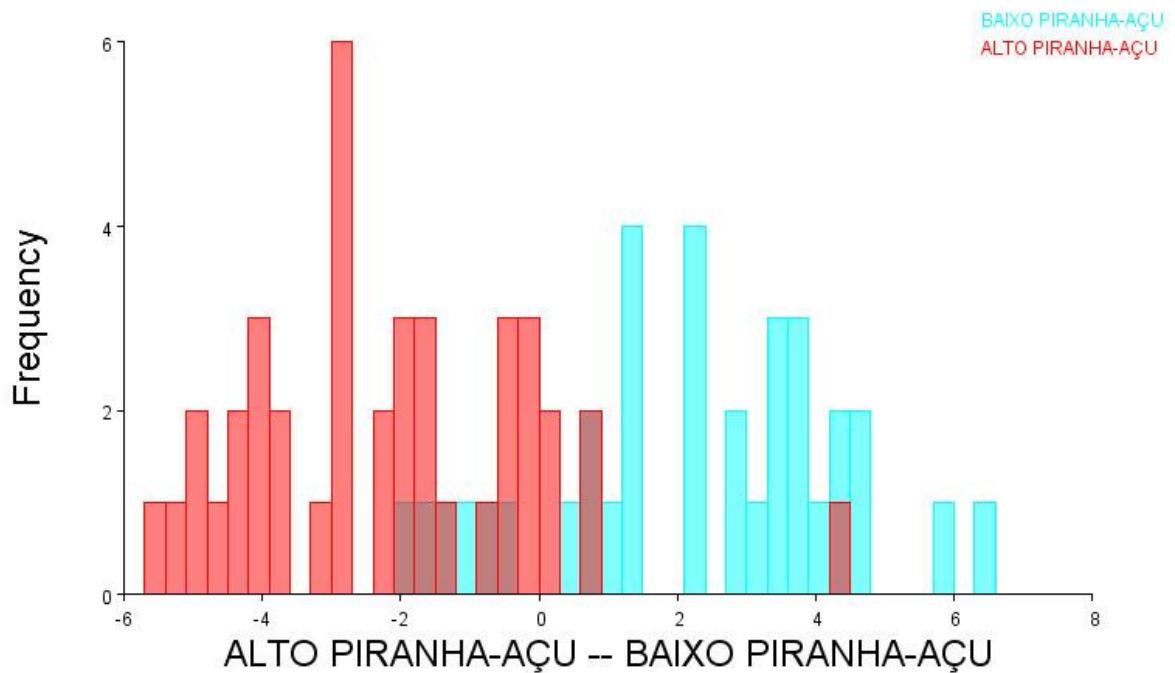
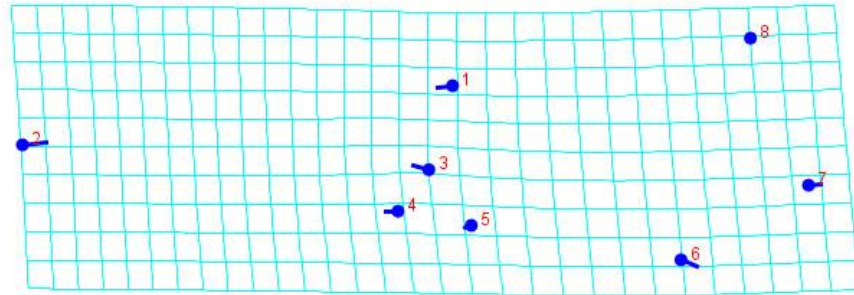


Figura 18- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças nas variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Alto Piranha-açu (coluna vermelha) e Baixo Piranha-açu (coluna azul).

4.5- Bacia do Alto Piranha-açu versus Brigida

A análise discriminante permitiu a visualização gráfica das diferenças na forma entre os cefalotórax por meio da análise de componentes principais (PCA). Foram geradas 12 PCs, sendo as 2 primeiras as mais representativas, explicando 74% da variação entre as bacias do rio Brigida e Baixo Piranha-açu.

A análise dos componentes principais descreveu os eixos ortogonais de maior variação da forma a partir das deformações parciais e foi possível capturar e representar a maior parte da variação ao longo de alguns eixos: 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° e 7° (figura 19).



ALTO PIRANHA-AÇU -- BRIGIDA

Figura 19- Grade de deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias Alto Piranha-açu versus Brigida.

Diferenças morfológicas significativas, no do cefalotórax dos camarões, foram registradas quando comparadas as bacias do Alto Piranha-açu e Brigida (Distância de Procrustes: 0,059; Distância de Mahalanobis: 2,419; $P < 0,0001$), figura 20.

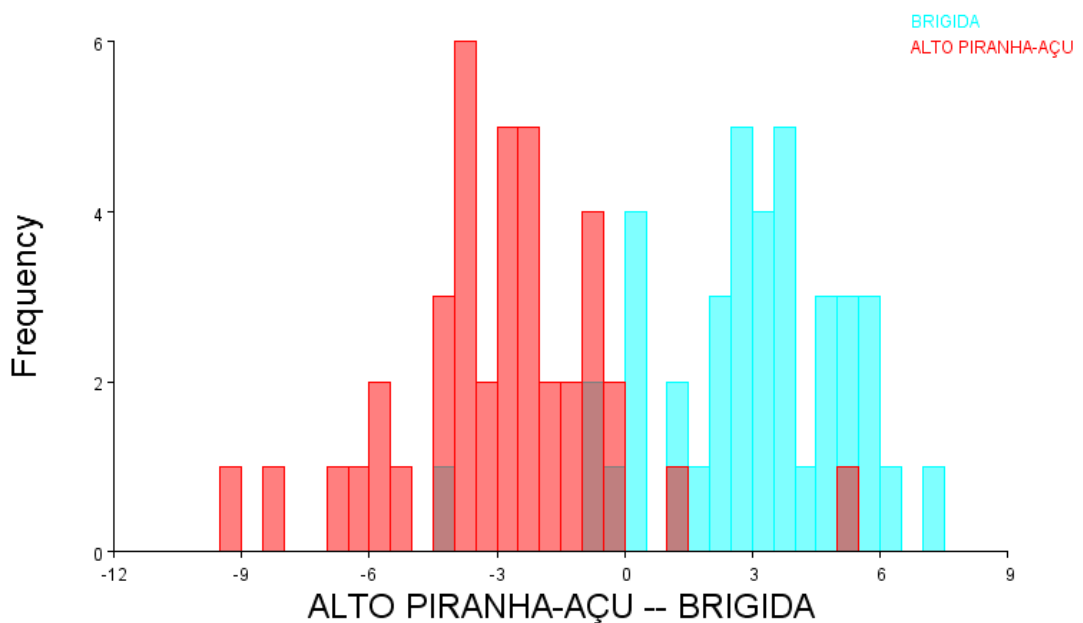
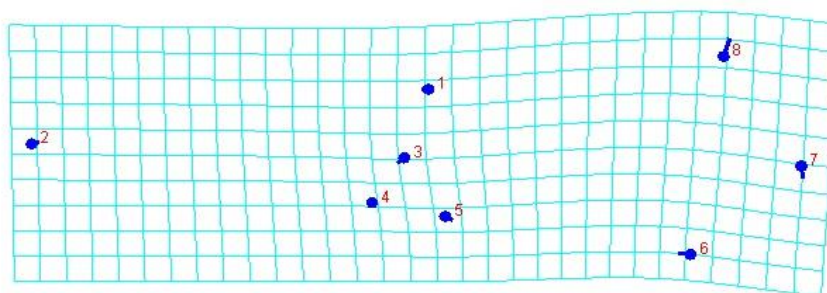


Figura 20- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças nas variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Alto Piranha-açu (coluna vermelha) e Brigida (coluna azul).

4.6- Bacia do Baixo Piranha-açu versus Brigida

A análise discriminante permitiu a visualização gráfica das diferenças na forma entre os cefalotórax por meio da análise de componentes principais (PCA). Foram geradas 12 componentes principais (PCs), sendo as 2 primeiras as mais representativas, explicando 82% da variação entre as bacias do rio Brigida e Baixo Piranha-açu.

A análise dos componentes principais descreveu os eixos ortogonais de maior variação da forma a partir das deformações parciais e foi possível capturar e representar a maior parte da variação ao longo de alguns eixos: 2°, 3°, 5°, 6°, 7° e 8° (figura 21).



BAIXO PIRANHA-AÇU -- BRIGIDA

Figura 21- Deformação relativa às variações morfológicas no cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* coletados nas bacias do Baixo Piranha-açu versus Brigida.

Diferenças morfológicas significativas, no cefalotórax dos camarões, foram registradas quando comparadas as bacias do rio Brigida e Baixo Piranha-açu (Distância de Procrustes: 0,039; Distância de Mahalanobis: 1,864; $P < 0,0001$). Figura 22.

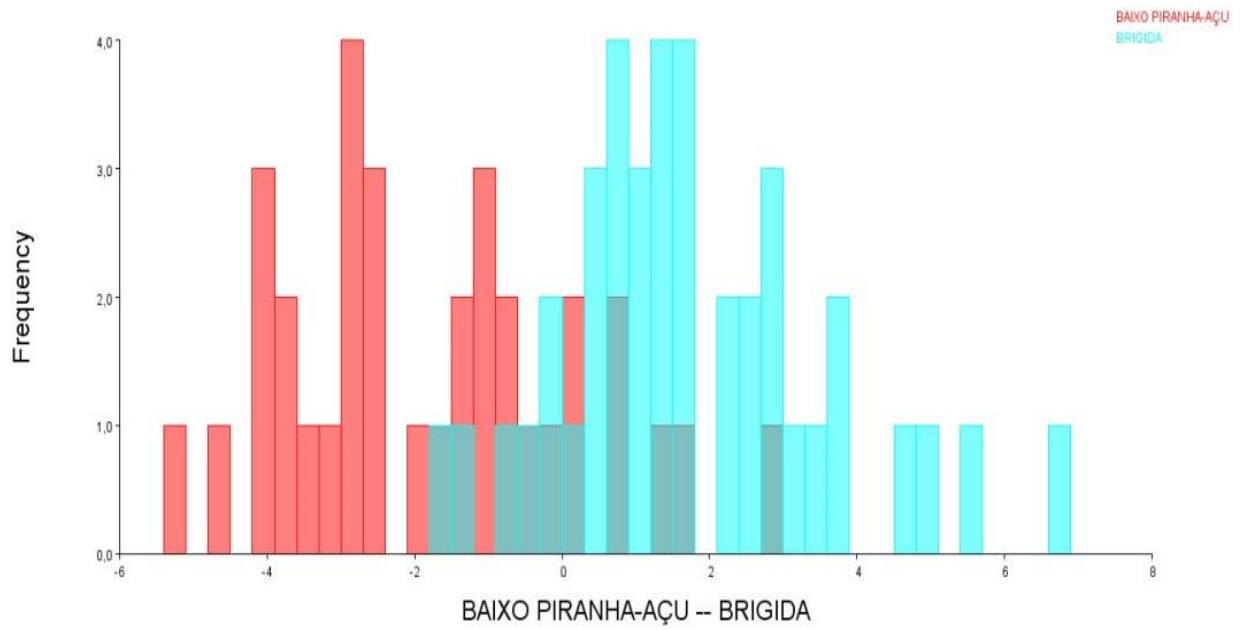


Figura 22- Gráfico de barras gerado através da análise da função discriminante evidenciando as diferenças nas variáveis geométricas da forma do cefalotórax de *Macrobrachium jelskii* da bacia do Baixo Piranha-açu (coluna vermelha) e Brigida (coluna azul).

5- DISCUSSÃO

A análise multivariada revelou diferenças morfométricas entre os grupos de *M. jelskii* estudados, indicando a formação de estoques morfologicamente distintos nas áreas amostradas (Bacia do Rio Brigida, Alto Jaguaribe, Alto e Baixo piranha-açu), confirmando a hipótese de que as bacias hidrográficas nordestinas possuem características ambientais distintas que podem influenciar na diferenciação morfológica entre grupos populacionais do camarão sossego, *M. jelskii*, porém não foram encontradas diferenças significativas quando comparadas as bacias hidrográficas do Alto Jaguaribe com Baixo Piranha-açu (tabela III). A partir dos resultados obtidos foi possível identificar 4 grupos que podem ser considerados como estoques independentes, uma vez que possuem morfologia diferente, conforme descrito por Waldman et al. (1988).

Macrobrachium jelskii é uma espécie de pequeno porte, possui ovos relativamente grandes sendo que esta riqueza de material nutritivo presente nos ovos viabiliza um desenvolvimento embrionário mais prolongado, ocorrendo a formação de um nauplius embrionizado e a eclosão em uma forma mais elaborada (MAGALHÃES, 2000). Essa fase larval curta, praticamente inexistente na espécie pode induzir a uma diminuição no poder de dispersão destas larvas o que justificaria o fato de bacias hidrográficas com fluxo contínuo de água comportarem populações, morfologicamente, distintas de *M. jelskii*.

A comparação morfológica de estruturas ou organismos tem sido de grande interesse científico, assim como as causas e os efeitos da variação entre espécies e populações (BOOKSTEIN, 1991). Destaca-se ainda, o entendimento da variabilidade das populações em ambientes diferentes, fornecendo informações dos seus hábitos e características dos ciclos de vida destas espécies (GRAY, 1987).

A comparação entre os locais de amostragem permitiu constatar variações morfológicas entre populações de *M. jelskii*, mesmo quando comparadas sub-bacias hidrográficas pertencentes a uma mesma bacia, corroborando com o trabalho de Zelditch et al. (2004), este afirma que uma variedade de processos biológicos causa diferenças na forma entre espécies ou entre partes dos organismos, tais como desenvolvimento ontogenético, adaptação a fatores geográficos locais, diversificação evolucionária de longo prazo entre outros.

A interferência do ambiente no desenvolvimento de um dado organismo pode causar mudanças na forma e induzir a mudanças morfológicas em indivíduos com o mesmo genótipo. Essa condição é comum em espécies com ampla distribuição geográfica (PERES-

NETO E MAGNAN, 2004). Conceito que corrobora com este estudo, pois *M. jelskii* é uma espécie de ampla distribuição geográfica e apresentou variações morfológicas quando comparadas comunidades de hábitat distintos.

Conhecer a variabilidade das populações em habitats similares ou diferentes, quando em regiões geográficas distintas, pode fornecer informações dos efeitos deste habitat sobre as características do ciclo de vida das espécies (GRAY, 1991).

Segundo Agrawal (2001) a variabilidade intraespecífica é um fenômeno bastante comum na natureza, ocorrendo em diversos grupos de vertebrados e invertebrados. Esta variabilidade nem sempre está associada ao genótipo do organismo, mas sempre se expressa no seu fenótipo. Este conceito foi observado com a realização desse trabalho, das 6 análises comparando as bacias hidrográficas entre si 5 apresentaram diferenças significativas entre os indivíduos ($P < 0,0001$).

Para Monteiro e Reis (1999) a morfometria geométrica apresenta vantagens sobre a convencional uma vez que representa a forma de partes homólogas com correspondência biológica do corpo e não apenas o tamanho dessas partes, e permite identificar a posição relativa ou a orientação de uma dada estrutura corporal em relação ao organismo como um todo. Entretanto, Cadrin (2000) ao revisar a evolução das técnicas morfométricas na identificação de estoques pesqueiros indica que, apesar de eficiente, a utilização de marcos anatômicos pode limitar a análise quando partes móveis do corpo são consideradas (abdômen e quela dos crustáceos). Foram analisados pontos anatômicos do cefalotórax do *M. jelskii*, por se tratar de uma estrutura rígida, fixa e de difícil deformação.

Fernandes et al. (2011) compararam os valores de comprimento total assintótico e coeficiente de crescimento de *X. kroyeri* ao longo de gradientes latitudinais no oceano Atlântico Sul-Occidental, verificando tendência de valores maiores em baixas latitudes. No entanto, Boschi (1997) e Castilho et al. (2007) verificaram que para o camarão *Artemesia longinaris* os espécimes são menores em baixas latitudes. Resultado semelhante foi obtido por Bauer (1992) para camarões sicionídeos, em que as fêmeas de águas temperadas são maiores em relação às que se distribuem em águas tropicais. Castilho et al. (2007) sugeriram que variações em parâmetros como tamanho do corpo, maturidade sexual e longevidade são influenciadas pelas condições de habitat correlacionadas com a latitude (temperatura da água e de suprimento de nutrientes/alimento).

Silva et al. (2010) distinguiram populações de braquiúros através da forma do cefalotórax, relacionando as diferenças com as variações de condições ambientais ao longo de gradientes latitudinais. A técnica também foi aplicada com sucesso em anfípodas a partir da

marcação de marcos anatômicos no segundo guinótopo (RIEDLECKER et al., 2008) e em isópoda no exopodito (KAMILARE E SFENTHOURAKIS, 2009). No caso dos camarões peneídeos, apenas a morfometria convencional que considera a combinação de medidas lineares do corpo, buscando variações intraespecíficas, havia sido aplicada até o presente.

A análise das populações de *M. jelskii* das bacias hidrográficas do Baixo Piranha-açu e Alto Jaguaribe, comparadas entre si, não apresentaram diferenças morfométricas significativas, mesmo tratando-se de populações habitantes de localidades geograficamente distantes (aproximadamente 400 km entre os pontos de coleta). Voloch e Solé-Cava (2005) analisaram amostras provenientes de campos de pesca localizados entre 18°S e 23°S e não verificaram diferenças entre os locais amostrados, sugerindo a existência de uma única população para esta área. Em contrapartida, Cadrin (2000) argumenta que análises morfométricas podem detectar pequenas diferenças na estrutura do estoque que não são identificadas por dados genéticos, principalmente quando a estruturação do estoque é resultado de uma subdivisão recente na população.

Aldrich (1993) afirma que a variabilidade do local pode caracterizar a forma e até mesmo a taxonomia de crustáceos, fato que poderia ser examinado de forma confiável através de uma abordagem global da forma da carapaça (ou apêndices). O presente estudo mostra que a aplicação de morfometria geométrica na análise da forma do cefalotórax do *M. jelskii* fornece resultados que são comparáveis ou melhor do que os obtidos convencionalmente. Embora as diferenças possam ser por vezes, difíceis de detectar a olho nu, eles ainda podem ter importantes conseqüências ecológicas ou determinam tendências evolutivas.

Schmit (1942) sugeriu que espécies que vivem em habitats semelhantes e apresentam formas diferentes, pode está relacionado a uma resposta evolutiva por possível plasticidade das espécies.

6- CONCLUSÃO

A rigidez do cefalotórax e o fácil reconhecimento de pontos homólogos ao longo dessa estrutura tornam os camarões bons modelos para estudos usando essa ferramenta estatística. Não houve diferenças morfológicas significativas entre as populações do Baixo Piranha-açu e Alto Jaguaribe, em contrapartida, comunidades de habitats relativamente próximos (Brigida *versus* Alto Piranha-açu; Brigida *versus* Baixo Piranha-açu; Brigida *versus* Alto Jaguaribe; Alto Piranha-açu *versus* Baixo Piranha-açu; Alto Piranha-açu *versus* Alto Jaguaribe) apresentaram diferenças morfológicas significativas indicando a ocorrência de populações distintas de *M. jelskii* nessas áreas; fato este que demonstra a importância de estudos dessa natureza ao longo de outras áreas de distribuição e exploração da espécie para aplicação de políticas ecológicas que mantenham a sustentabilidade desse recurso.

7- REFERÊNCIAS

- ADAMS, D. C., ROHLF, F. J.; SLICE, D. E. 2004. **Geometric morphometrics: Ten years of progress following the “revolution”**. The Italian Journal of Zoology, 71(9), 5–16. doi: 10.1080/11250000409356545.
- AGRAWAL, A. 2001. **A.Phenotypic Plasticity in the Interactions and Evolution of Species**. Science, v. 294, p. 321-323.
- AGUIRRE, W. E.; SHERVETTE, V. R. 2005. **Morphological diversity of the Cynoscion group (Perciformes: Sciaenidae) in the Gulf os Guayaquil, Ecuador (Perciformes: Sciaenidae), a comparative approach**. Environmental Biology of Fishes, 73: 403-413.
- ALDRICH, J. C., 1993. **The identification of biota through the analysis of their two-dimensional shapes, and the recognition of local forms in *Carcinus maenas* L.** In: J. C. Aldrich (ed.), Quantified phenotypic responses in morphology and physiology. JAPAGA, Ashford, pp. 55-64.
- ALMARAZ, G. A. R.; MARTÍNEZ, R. M. 2008. **Conocimiento de los acociles y langostinos del noreste de México: Amenazas y propuestas de conservación**, p. 167-206.
- ALMEIDA, L.B. 1999. **Caracterização morfométricas de três espécies de *Squalus* presentes na costa nordeste do Brasil e aspectos da biologia reprodutiva da espécie mais abundante (*Squalus* tipo 1)**. Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Oceanografia. 61 p.
- ASTUA DE MORAES, D. 2003. **A morfometria geométrica e a “revolução na morfometria”: localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos**. Boletem. Ano III. Número 3.
- ASTUA DE MORAES, D. 2004. **Evolução morfológica do crânio e elementos pós-cranianos dos marsupiais americanos (*Didelphimorphia*, *Paucituberculata*, *Microbioteria*)**. 274 p. Tese (Doutorado em Zoologia), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- AYTEKIN, A. M; TERZO, M.; RASMONT, P; ÇAGATAY, N. 2007. **Landmark based geometric morphometric analysis of wing shape in *Sibiricobombus* Vogt (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* Latreille)**. Annales de la Société Entomologique de France, [s.l.], n. 43, v. 1, p. 95-102.
- BARAS, E. 1999. **Functional implications of early sexual growth dimorphism in vudu**. Journal of Fish Biology, 54 (1): 119.
- BAUER, R. T. 2004. **Remarkable Shrimps: adaptations and natural history of the carideans**. University of Press, Norman. Marine Resources Library, 282, p.
- BAYLAC, M.; VILLEMANT, C.; SIMBOLOTTI, G. 2003. **Combining geometric morphometrics with pattern recognition for the investigation of species complexes**. Biological Journal of the Linnean Society, [s.l.], n. 80, p.89–98.

- BLACKITH, R. E.; REYMENT, R. A. 1971. **Multivariate morphometrics**. London, Academic Press, 412p.
- BOOKSTEIN, F. L. 1991. **Morphometric tools for landmark data: geometry and biology**. Cambridge University Press: New York. 435 pp.
- BOOKSTEIN, F. L. 1989a. **Principal warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations**, **IEEE trans.** on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 11(6):567-585.
- BOOKSTEIN, F. L. 1989b. **“Size and Shape”: a comment on semantics**. Systematic Zool., 38:173-180.
- BOOKSTEIN, F. L. 1986. **Size and shape spaces for landmark data in two dimensions**. Statistical Science, Beachwood. v. 1, p. 181-222.
- BOWLES, D. E.; AZIZ, K.; KNIGHT, C. L. 2000. **Macrobrachium (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: A review of the species and An assessment of threats to their survival**. Journal of Crustacean Biology 20(1):158-171.
- BRASIL. CPRM - Serviço Geológico do Brasil (2005(a)). **“Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Parnamirim, estado Pernambuco”**. Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos Souza Junior, Manoel Julio da Trindade G. Galvão, Simeones Néri Pereira, Jorge Luiz Fortunato Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 12 p. + anexos.
- BRUSCA, R. C.; G. J. BRUSCA. 2011. **Invertebrados. 2ª ed.** Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. 2007. (Ed.). **Invertebrados. 2. ed.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 968p.
- CADRIN, S. X., 2000, **Advances in morphometric identification of fishery stock**. Rev. Fish. Biol. Fisher. 10, 91-112.
- CALLE, D. A.; QUIÑONES, M. L.; ERAZO H. F.; JARAMILLO, N. 2008. **Discriminación por morfometría geométrica de once especies de Anopheles (Nyssorhynchus) presentes en Colombia**. Biomédica. 28: 371-85.
- CASTILHO, A. L.; GAVIO, M. A.; COSTA R. C.; BOSCHI, E. E.; BAUER R. T.; FRANZOZO, A. 2007. **Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the endemic South American shrimp *Artemesia Longinaris* (Decapoda: Penaeoidea)**. J. Crust. Biol. 27, 548-552.
- CAVALCANTI, M. J.; GALLO-DA-SILVA, V.; AFONSO, A. F. 1997. **Identificação de *Rhinoptera bonasus* (Mitchill, 1815) e *Rhinoptera brasiliensis* Müller & Henle, 1841 (Chondrichthyes, Myliobatiformes, Rhinopteridae)**. Acta Biologica Leopoldensia 19 (2): 205-215.
- CAVALCANTI, M. J.; GOMES, U. L.; TOMÁS, A. R. G. 1996. **Discriminação morfológica entre *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) e *Rhizoprionodon lalandii***

(Valenciennes, 1839) (Elasmobranchii, Carcharhiniformes, Carcharhinidae): Um estudo multivariado. Acta Biologica Leopoldensia 18 (2): 103-118.

CAVALCANTI, M. J.; LOPES, P. R. D. 1990. **Morfometria comparada de *Ctenosciaena gracilicirhus*, *Paralonchurus brasiliensis* e *Micropogonias furnieri* (Teleostei: Sciaenidae) pela análise multivariada de redes de treliças.** Revista Brasileira de Zoologia, v.7, n.4, p. 627-635.

CAVALCANTI, M. J.; LOPES, P. R. D. 1993. **Análise morfométrica multivariada de cinco espécies de Serranidae (Teleostei: Perciformes).** Acta Biologica Leopoldensia, v.15, n.1, p.53-64.

CAVICCHIOLI, M. 1995. **Discriminação morfométricas e exigências ambientais de larvas de *Serrasalmus spilopleura* e *Serrasalmus marginatus* (Characidae, Serrasalminidae) em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil.** Dissertação de mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Maringá. 54 p.

CIRILO, A. T. O.; SANTOS, M. C.; NUNES, M. L. 2011. **Caracterização física e nutricional do camarão “saborica” (*Macrobrachium jelskii*, Miers, 1877) e de produtos derivados.** Scientia Plena, v. 7, n. 7, p. 1-6.

CHÁPULI, R. M.; RUIZ, M. B. 1984. **Tendencias generales del crecimiento relativo em escualos.** Inv. Pesq., 48 (2): 303-317.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). Disponível em < <http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/gestao-participativa/documentos/alocacao-negociada-de-agua-no-vale-do-jaguaribe-e-banabuiu.pdf> > Acesso dia 10/10/2013.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CERH). Disponível em < <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.21.04.51/doc/3709-3716.pdf> > Acesso em 25/10/2013.

DE GRAVE, S.; FRANSEN, C. H. J. M. 2011. **Carideorum catalogus: the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda).** Zoologische Mededelingen 89(5):195-589.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA A SECA. (DNOCS). Disponível em < http://www2.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia6_v7n2.pdf > Acesso em 02/11/2013.

DRYDEN I. L.; MARDIA K. V. 1998. **Statistical shape analysis.** John Wiley & Sons, New York.

EHLINGER, T. J. 1991. **Allometry and analysis of morphometric variation in the bluegill, *Lepomis macrochirus*.** Copéia, 2: 347-57.

FAIRBAIRN, D. J. **Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females.** Annual Review of Ecology and Systematics. v. 28, p.659-668. 1997.

- FERNANDES, C. S. 2011. **Morfometria geométrica de populações subterrâneas e epígeas dos caranguejos de água doce do gênero *Aegla* Leach, 1820, (Crustacea: Anomura: Aegliidae) no Vale do Ribeira, Iporanga, SP.** Dissertação (Mestrado) São Carlos: UFScar.
- FILHO, J. C. M. 2002. **A seca de 1993: Crônica de um flagelo anunciado/** José de Castro Moreira Filho, Osmil Torres Galindo Filho, Renato Santos Duarte. - Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, v. 4, 138 p.
- FONTELES F., A. A. 1989. **Recursos Pesqueiros: Biologia e Dinâmica Populacional.** Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará, 296 p.
- FRANSEN, C. H. J. M.; DE GRAVE, S. 2009. **Evolution and radiation of shrimp-like decapods: an overview**, p. 245-260. *In:* Martin, J. W.; Crandall, K. A. & Felder, D. L. eds. Decapod Crustacean Phylogenetics. Boca Raton: CRC Press.
- FREIRE, K. M. F.; FERREIRA, A. V.; LESSA, R. P.; OLIVEIRA, J. E. L. 1998/1999. **Morphometric relationships to sailfish, *Istiophorus albicans*, caught off Northeastern Brasil.** Bol. Inst. Pesca, 25 (único): 1-6.
- FULFORD, R. S.; RUTHERFORD, D. A. 2000. **Discrimination of larval *Morone* geometric shape differences with landmark morphometrics.** Copeia, 4: 965-972.
- GIRI, F.; LOY, A. 2008. **Size and shape variation of two freshwater crabs in Argentinean Patagonia: the influence of sexual dimorphism, habitat, and species interactions.** Journal of Crustacean Biology, Lawrence, v. 28, n. 1, p. 37-45.
- GOELDI, E. A. 1886. **Studien über neue und weniger bekannte Podophthalmen Brasiliens.** Arch. Naturges., 52(1): 19-46.
- GOWER, J. C. 1975. **Generalized Procrustes Analysis.** Psychometrika, Greensboro, v. 40, p. 33-51.
- GRAVE, S.; Y. CAI; A. ANKER. 2008. **Global diversity of shrimps (Crustacea, Decapoda, Caridea) in freshwater.** *Hydrobiologia*, 595: 287 – 293.
- GRAY, C. A. 1991. **Temporal variability in the demography of the palaemonid prawn *Macrobrachium intermedium* in two seagrasses.** Marine Ecology Progress Series, 75: 227-237.
- GRAY, R. D. 1987. **Faith and foraging: A critique of the “paradigm argument from design” in: Foraging Behaviour**, (eds) A. C. Kamil, J. R. Krebs, and H. R. Pulliam, New York, Plenum Press, p. 69-40.
- GRUBEN, A.; LOPES, P. D. 2001. **A Bacia do Rio Piranhas-Açu.** Brasília: Projeto marca d'água, p. 4 p.10.
- HELLER, L. B. 1862. **Beitrag zur naheren Kenntniss der Macrouren.** S. B. Akad- wien., 45: 389-426.
- HINGST-ZAHER, E.; ASTUA DE MORAES, D. A. 2003. **Consequences of the choice of landmarks for visualization and biological interpretation of shape changes in 2-D**

geometric morphometrics: a study case. In: XVI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing SIBGRAPI, São Carlos, 2003. Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (Cd-Rom). Los Alamitos, IEEE Computer Society Press, 8p.

HOFFMAN, A. A; SHIRRIFFS, J. 2002. **Geographic variation for wing shape in *Drosophila serrata*.** Evolution, [s.l.], v. 56, n. 3, p.1068-1073.

HOLTHUIS, L. B. 1952. **A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae.** Occasional Paper of the Allan Hancock Foundation, Los Angeles, 12: 1-396.

HOLTHUIS, L. B. 1950. **The Decapoda of the Siboga-Expedition. Part X. The Palaemonidae collected by the Siboga and Snellius expeditions with remarks on other species I. Subfamily Palaemonidae.** Siboga Expeditie, Monographie. 268p.

HOPKINS M.J., THURMAN C.L., 2010, **The geographic structure of morphological variation in eight species of fiddler crabs (Ocypodidae: genus *Uca*) from the eastern United States and Mexico.** Biol. J. Linn. Soc. 100, 248-270.

IDEC, Fundação Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte, **Inventário do espelho d'água superficial do estado do Rio Grande do Norte.** Natal, 1993, 213p.

IHERING, H. VON. 1897. **Os camarões de água doce do Brasil.** Revista do Museu Paulista, 2: 421-432.

JAYACHANDRAN, K. V. 2001. **Biogeography of palaemonid prawns of the world,** p. 393-402. In: Jayachandran, K. V. ed. Palaemonid Prawns: Biodiversity, Taxonomy, Biology and Management. New Hampshire, USA: Science Publishers, Inc.

KAMILARI M., SFENTHOURAKIS S. 2009. **A morphometric approach to the geographic variation of the terrestrial isopod species *Armadillo tuberculatus* (Isopoda: Oniscidea).** J. Zool. Syst. Evol. Res. 47, 219-226.

KENDALL, D. G. **A Survey of the Statistical Theory of Shape.** Statistical Science 4(2): 87–120, 1989.

KENDALL, D. G. **Shape manifolds, procrustean metrics, and complex projective spaces.** 1984. Bull. Lond. Math. Soc. 16: 81–121.

KENSLEY, B.; WALKER, I. 1982. **Palaemonid Shrimp from the Amazon Basin, Brasil, (Crustácea: Decapoda: Palaemonidae).** Smithsonian Continental Zoology, 362 p.

KLINGENBERG, C. P. 2011. **MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics.** Molecular Ecology Resources 11:353-357.

LATREILLE, P. A. 1828. **Trichodactyle, Trichodactylus.** In: Encyclopédie Méthodique. Histoire naturelle. Entomologie, ou Histoire Naturelle des Crustacés, des Arachnides et des Insectes. Paris, Agasse. vol. 10, p. 705.

- LIMA, C. R. A. 2007. **Utilização de técnicas multivariadas e de morfometria geométrica na discriminação de espécies do gênero *Rhinobatos* (Família Rhinobatidae) do Nordeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Biometria). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento Estatística Informática.
- LIMA, H. H. 1967. **Sobre a ocorrência de *Lutjanus bucanella* (Cuvier, 1828) Poey, 1868 no litoral brasileiro.** Arq. Est. Biol. Mar. Univ. Fed. Ceará, Fortaleza, 7(2): 177-180.
- MAGALHÃES, C. 2000. **Abreviated development of *Macrobrachium jelskii* (Miers 1977) Crustacea: Decapoda: Palaemonidae from de Rio Solimoes foodplain, Brasil reares in the laboratory.** Nauplius, Río Grande, 8 (1): 1-14.
- MAGALHÃES, C. 1999. **Biodiversidade do Estado de São Paulo.** São Paulo, FAPESP. 279p.
- MALTCHIK, L. 1999. **Ecologia de rios intermitentes tropicais. In: Pompeo, M.L.M (Ed.) Perspectivas da limnologia no Brasil.** Gráfica e Editora União, São Luiz. MELO, G. A. S. 2003. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil.** São Paulo, Editora Loyola, 430 pp.
- MANTELATTO, F. L.; PILEGGI, L. G.; SUÁREZ, H. E. MAGALHÃES, C. 2008. **First record and extension of the known distribution of the inland prawn, *Macrobrachium aracamuni* Rodríguez, 1982 (Decapoda, Palaemonidae) in Brazil.** Crustaceana 81(2):241-246.
- MARTIN, J. W.; DAVIS, G. E. 2001. **An update classification of the recent Crustacea.** Natural History of Los Angeles Country. Science Series, 124p.
- MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil.** São Paulo: Ed. Loyola. (2003).
- MILNE-EDWARDS, A. 1869. **Description de quelques espèces nouvelles de Crustacés provenant du voyage de M.A. Bouvier aux îles du Cap Vert.** Revue et Magasin de Zoologie, Paris, 21: 374-378.
- MILNE-EDWARD, H. 1853. **Mémoire sur la famille des Ocyropodiens.** Ann. Sci. Nat., Zool., 20(3): 163-226.
- MITTEROECKER, P.; GUNZ P. 2009, **Advances in geometric morphometrics.** Evol. Biol. 36, 235-247.
- MONTEIRO, L.; DOS REIS, S. F. 1999. **Princípios de morfometria geométrica.** Holos Editora. 188 pp.
- MORAES, D. A. **A Morfometria Geométrica e a sua “Revolução na Morfometria”: localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos.** Bioletim, ano III, nº 3. 2003.
- MÜLLER, F. 1892. **Descrição de *Janira exul*, crustáceo isópode do Estado de Santa Catarina.** *Archivos do Museu Nacional* 8: 207-220.

- MÜLLER, F. 1880a. *Palaemon potiuna*. Ein Beispiel abgekürzter Verwandlung. Zool. Anz., 3: 152-157.
- ORTAMANN, A. 1897. Os camarões de água doce da América do Sul. *Revista do Museu Paulista*, 2: 173-216.
- PAIVA, J. A. M.; BASTOS, M. P. 1959. Notas sobre o consumo de oxigênio do camarão “sossego” *M. jelskii* (Miers, 1877) Chace e Holthuis 1943. *Revista Brasileira de Biologia*, 19: 413-419.
- PEREIRA, G. A. 1986. Freshwater shrimps from Venezuela I: Seven new species of Palaemoninae (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Proceedings of Biological Society of Washington* 69(2):198- 213.
- PEREIRA, G. A.; GARCIA, J.V. D. 1995. Larval development of *Macrobrachium reyesi* Pereira (Decapoda: Palaemonidae), with a discussion on the abbreviated development in palaemonids. *Journal of Crustacean Biology*, 15 (1):117-133.
- PERES-NETO, P. R., MAGNAN P. 2004. The influencing in swimming demand on phenotypic plasticity and morphological integration: a comparison of two polymorphic charr species. *Oecologia* 140, 36-45.
- PERES, P. R. NETO; VALENTIN, J. L.; FERNANDEZ, F. 1995. **Tópicos em tratamentos de dados biológicos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PETTORIUS, E. 2005. Using geometric morphometrics to investigate wing dimorphism in males and females of Hymenoptera – a case study based on the genus *Tachysphex* Kohl (Hymenoptera: Sphecidae: Larrinae). *Australian Journal of Entomology*, Austrália, n. 44, p.113-121.
- PIORSKI, N. M.; NUNES, J. L. S. 2000. Dimorfismo sexual e tendência alométrica de *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 (Elasmobranchii: Urolophidae). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 13, nº 1, p. 67-81.
- RAPP PY-DANIEL, L. H.; COX FERNANDES, C. 2005. Dimorfismo sexual em Siluriformes e Gymnotiformes (Ostariophysi) da Amazônia. *Acta Amazônica*, 35 (1): 97-110.
- RIEDLECKER E.I.; ASHTON G. V.; RUIZ G. M. 2009. Geometric morphometric analysis discriminates native and non-native species of Caprellidae in western North America. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 89, 535-542.
- RINCON FILHO, G. 1998. Idade e crescimento de *Squalus mitsukurii* e análise morfométrica de *Pseudocarcharias kamoharai*. In: Relatório parcial de bolsa DTI do programa REVIZEE. p.7.
- ROHLF, F. J. **Geometric morphometrics and phylogeny**. Graduate Studies in Ecology and Evolution, NY, n. 1059, 15p., 2000.

ROHLF, F. J.; MARCUS, L. F. 1993. **A revolution in morphometrics**. Trends in Ecology and Evolution 8(4): 129-132.

ROHLF, F. J. 1999. **Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces**. J. Classif. 16:197-223. <http://dx.doi.org/10.1007/s003579900054>.

ROHLF F. J., SLICE D. E. 1990. **Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks**. Syst. Zool. 39, 40-59.

ROHLF, F. J. **TPSDig. Digitize Landmarks and Outlines, version 2.17**. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, 2013.

ROHLF, F. J. **TPS Utility program, version 1.54**. Department of Ecology and Evolution, state University of New York at Stony Brook, 2012.

SAINT LAURENT, M. 1979. **Ver une nouvelle classification des Crustacés Décapodes Reptantia**. Bulletin de l'Office National des Pêches Tunicae, [s. 1] v. 3, p. 15-31.

SCHMITT W., 1942. **The species of *Aegla*, endemic South American fresh-water crustaceans**. Proc. U.S. Natl. Mus., 91: 431-520.

SHEETS H. D., COVINO K. M., PANASIEWICZ J.M., MORRIS S.R., 2006. **Comparison of geometric morphometric outline methods in the discrimination of age-related differences in feather shape**. Front. Zool. 3, 3-15.

SILVA, E. L. 2000. **Utilização de Técnicas Multivariadas no Estudo Morfométrico da albacora laje *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) do Atlântico**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 64 p.

SILVA, I. C.; MESQUITA, N.; PAULA, J. 2010. **Genetic and morphological differentiation of the mangrove crab *Perisesarma guttatum* (Brachyura: Sesarmidae) along an East African latitudinal gradient**. The Linnean Society of London, Biological Journal of the Linnean Society, 99, 28–46.

SILVA, I. C., PAULA; J. 2008. **Is there a better chela to use for geometric morphometric differentiation in brachyuran crabs? A case study using *Pachygrapsus marmoratus* and *Carcinus maenas***. J. Mar. Biol. Assoc. UK 88, 941–953.

SIMONE, L. R. L.; CHICHVARKHIN, A. 2004. **Comparative Morphological Study of Four Species of *Barbatia* Occurring on the Southern Florida Coast (Arcoidea, Arcidae)**. Malacologia, [s.l.], v. 46, n. 2, p.355-379.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. 1973. **Numerical taxonomy**. Freeman, San Francisco, 173. Thompson, D. W. - On growth and form. Cambridge Univ. Press, London, 753 p.

STRAUSS, R. E.; BOOKSTEIN, F. L. 1982. **The truss: body reconstructions in morphometrics**. Syst. Zool.,31(2): 113-35.

STRAUSS, R. E. 1985. **Evolutionary allometry and variation in body the south american catfish genus *Corydoras* (Callichthyidae)**. Syst. Zool., 34(4): 381-96.

- STRAUSS, R. E.; FUIMAN, L. A. 1985. **Quantitative comparisons of body form and allometry in larval and adult Pacific sculpins (Teleostei: Cottidae)**. *Can. J. Zool.*, 63: 1582-1589.
- THOMPSON, D' A. W. 1917. **On growth and form**. Cambridge University Press, Cambridge. 346 pp.
- VALENTI, W. C. 2008. **A aquíicultura brasileira é sustentável?** *Aquíicultura & Pesca* 34: 36-44.
- VALENTI, W. C.; LOBÃO, V. L.; MELLO, J. T. C. 1989. **Crescimento relativo de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae)**. Curitiba, *Revista brasileira de Zoologia*, 6 (1): 1-8.
- VIDALES, K.; MARKAKIS, G.; TSIMENIDES, N. 1997. **Discrimination between populations of picare *Spicara smaris* Linneus, 1758 in the Aegean Sea, using multivariate analysis of phenetic characters**. *Fisheries Research*, 30: 191 - 197.
- VOLOCH, C. M., SOLÉ-CAVA A. 2005. **Genetic structure of sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862; Decapoda, Penaeidae) along the Brazilian southeastern coast**. *Genet. Mol. Biol.* 28, 254-257.
- VON MARTENS, E. 1869. **Südbrasilianische Süss-und Brackwasser-Crustaceen nach den Sammlungen des Dr. Reinh. Hensel**. *Arch. Naturgesch.* 35 (1):1-37.
- WALDMAN J. R.; GROSSFIELD J.; WRIGIN, I. 1988, **Review of stock discrimination techniques for striped bass**. *North Am. J. Fish. Management.* 8, 410-425.
- WIEGMANN, A. F. A. 1836. **Beschreibung einiger neuen Crustaceen des Berliner museums aus Mexico und Brasilien**. *Archiv fur Naturgeschichte*, 2(1):145-151.
- WILLINER, V.; COLLINS, P. 2002. **Variacion espacio-temporal de la actividad del camaron dulceacuicola *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) (Crustácea, Decapoda, Palaemonidade)**. *Ecologia, Australia*, v.12, n. 3-10.
- WOWOR, D.; MUTHU, V.; MEIER, R.; BALKE, M.; CAI, Y.; NG, P. K. L. 2009. **Evolution of life history traits in Asian freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) based on multilocus molecular phylogenetic analysis**. *Molecular Phylogenetics & Evolution* 52:340-350.
- ZELDITCH, M. L., SWIDERSKI, D. L., SHEETS, H.D.; FINK, W. L. 2004. **Geometric morphometrics for biologists: a primer**. New York, NY: Elsevier Academic Press.

ANEXOS

ANEXO A – Resultados gerados das análises realizadas no MorphoJ para as bacias do Alto Jaguaribe comparada com Alto Piranha-açu.

New Procrustes fit:
Dataset 'AJ X AP'

8 landmarks in 2 dimensions.

The dataset contains 76 observations, of which 76 are included for analyses.

Average shape:

Lmk.	Axis 1 (x)	Axis 2 (y)
1	-0,07793396	0,11125127
2	-0,68575507	0,02702582
3	-0,11504812	-0,00341104
4	-0,15811470	-0,06590344
5	-0,05228889	-0,08561492
6	0,29011677	-0,13691462
7	0,44933960	-0,02071979
8	0,34968438	0,17428673

Procrustes sums of squares: 0.9956612130868863

Tangent sums of squares: 0.9764201983249468

Data matrices in this dataset:

- AJ X AP, raw data
- AJ X AP, centroid size
- AJ X AP, Procrustes coordinates

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, AJ X AP, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0,00791545	60,799	60,799
2.	0,00227453	17,471	78,270
3.	0,00144220	11,078	89,348
4.	0,00051832	3,981	93,329
5.	0,00036877	2,833	96,162
6.	0,00022468	1,726	97,888
7.	0,00010539	0,810	98,697
8.	0,00008591	0,660	99,357
9.	0,00004567	0,351	99,708
10.	0,00003318	0,255	99,963
11.	0,00000308	0,024	99,986
12.	0,00000177	0,014	100,000

Total variance: 0,01301894

Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...'
Comparison: ALTO JAGUARIBE -- ALTO PIRANHA-AÇU

Difference between means:

Procrustes distance: 0,08203726

Mahalanobis distance: 2,3404

T-square: 103,7869, P-value (parametric): <.0001

P-values for permutation tests (10000 permutation runs):

Procrustes distance: <.0001

T-square: <.0001

(Note: The permutation test using the T-square statistic is equivalent to a test using Mahalanobis distance.)

ANEXO B– Resultados gerados das análises realizadas no MorphoJ para as bacias do Alto Jaguaribe comparada com Baixo Piranha-açu.

New Procrustes fit:
Dataset 'AJ X BP'

8 landmarks in 2 dimensions.

The dataset contains 70 observations, of which 70 are included for analyses.

Average shape:

Lmk.	Axis 1 (x)	Axis 2 (y)
1	-0,08625757	0,10910309
2	-0,67199631	0,02308627
3	-0,12373370	0,00202417
4	-0,16765358	-0,06567551
5	-0,06113262	-0,08535951
6	0,31205146	-0,13992356
7	0,45732018	-0,00779355
8	0,34140215	0,16453860

Procrustes sums of squares: 0.8081161513984589

Tangent sums of squares: 0.793703055144441

Data matrices in this dataset:

- AJ X BP, raw data
- AJ X BP, centroid size
- AJ X BP, Procrustes coordinates

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, AJ X BP, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0,00759880	66,060	66,060
2.	0,00171672	14,924	80,984
3.	0,00105682	9,187	90,171
4.	0,00042373	3,684	93,855
5.	0,00024233	2,107	95,961
6.	0,00015574	1,354	97,315
7.	0,00010935	0,951	98,266
8.	0,00010342	0,899	99,165
9.	0,00006439	0,560	99,725
10.	0,00002685	0,233	99,958
11.	0,00000284	0,025	99,983
12.	0,00000196	0,017	100,000

Total variance: 0,01150294

Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...'
Comparison: ALTO JAGUARIBE -- BAIXO PIRANHA-AÇU

Difference between means:

Procrustes distance: 0,02988551

Mahalanobis distance: 1,1375

T-square: 22,6230, P-value (parametric): 0,1237

P-values for permutation tests (10000 permutation runs):

Procrustes distance: 0,2334

T-square: 0,1219

(Note: The permutation test using the T-square statistic is equivalent to a test using Mahalanobis distance.)

ANEXO C – Resultados gerados das análises realizadas no MorphoJ para as bacias do Alto Jaguaribe comparada com Brigida.

New Procrustes fit:
Dataset 'AJ X BR'

8 landmarks in 2 dimensions.

The dataset contains 76 observations, of which 76 are included for analyses.

Average shape:

Lmk.	Axis 1 (x)	Axis 2 (y)
1	-0,09008984	0,10954150
2	-0,66743089	0,02616215
3	-0,12725839	-0,00094101
4	-0,16694260	-0,06673668
5	-0,05700078	-0,08786324
6	0,30308041	-0,14041544
7	0,45889571	-0,01737948
8	0,34674638	0,17763220

Procrustes sums of squares: 1.0185164804807358

Tangent sums of squares: 0.9963931740413007

Data matrices in this dataset:

- AJ X BR, raw data
- AJ X BR, centroid size
- AJ X BR, Procrustes coordinates

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, AJ X BR, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0,00887292	66,788	66,788
2.	0,00185516	13,964	80,752
3.	0,00110026	8,282	89,034
4.	0,00046767	3,520	92,554
5.	0,00037324	2,809	95,363
6.	0,00028045	2,111	97,474
7.	0,00012080	0,909	98,384
8.	0,00009792	0,737	99,121
9.	0,00007710	0,580	99,701
10.	0,00003171	0,239	99,940
11.	0,00000527	0,040	99,979
12.	0,00000275	0,021	100,000

Total variance: 0,01328524

Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...'

Comparison: ALTO JAGUARIBE -- BRIGIDA

Difference between means:

Procrustes distance: 0,05642689

Mahalanobis distance: 2,6079

T-square: 128,8641, P-value (parametric): <.0001

P-values for permutation tests (10000 permutation runs):

Procrustes distance: 0,0111

T-square: <.0001

(Note: The permutation test using the T-square statistic is equivalent to a test using Mahalanobis distance.)

ANEXO D – Resultados gerados das análises realizadas no MorphoJ para as bacias do Alto Piranha-açu comparada com Baixo Piranha-açu.

New Procrustes fit:
Dataset 'AP X BP'

8 landmarks in 2 dimensions.

The dataset contains 74 observations, of which 74 are included for analyses.

Average shape:

Lmk.	Axis 1 (x)	Axis 2 (y)
1	-0,07804956	0,11379566
2	-0,68397310	0,02868707
3	-0,11298728	-0,00137188
4	-0,15909935	-0,06595208
5	-0,05217113	-0,08716420
6	0,27789444	-0,14198081
7	0,45305647	-0,01998104
8	0,35532951	0,17396729

Procrustes sums of squares: 0.9494776943037725

Tangent sums of squares: 0.9316764819062032

Data matrices in this dataset:

- AP X BP, raw data
- AP X BP, centroid size
- AP X BP, Procrustes coordinates

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, AP X BP, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0,00728868	57,109	57,109
2.	0,00229479	17,980	75,090
3.	0,00188169	14,744	89,833
4.	0,00050462	3,954	93,787
5.	0,00030581	2,396	96,183
6.	0,00020080	1,573	97,757
7.	0,00010928	0,856	98,613
8.	0,00009013	0,706	99,319
9.	0,00004767	0,374	99,693
10.	0,00003434	0,269	99,962
11.	0,00000302	0,024	99,985
12.	0,00000185	0,015	100,000

Total variance: 0,01276269

Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...'
Comparison: ALTO PIRANHA-AÇU -- BAIXO PIRANHA-AÇU

Difference between means:

Procrustes distance: 0,06876787

Mahalanobis distance: 2,0947

T-square: 80,6370, P-value (parametric): <.0001

P-values for permutation tests (10000 permutation runs):

Procrustes distance: 0,0007

T-square: <.0001

(Note: The permutation test using the T-square statistic is equivalent to a test using Mahalanobis distance.)

ANEXO E – Resultados gerados das análises realizadas no MorphoJ para as bacias do Alto Piranha-açu comparada com Brigida.

New Procrustes fit:
Dataset 'AP X BR'

8 landmarks in 2 dimensions.

The dataset contains 80 observations, of which 80 are included for analyses.

Average shape:

Lmk.	Axis 1 (x)	Axis 2 (y)
1	-0,08222091	0,11387983
2	-0,67845649	0,03134835
3	-0,11712357	-0,00387981
4	-0,15902028	-0,06688809
5	-0,04894073	-0,08942694
6	0,27172040	-0,14217104
7	0,45455601	-0,02833439
8	0,35948556	0,18547209

Procrustes sums of squares: 1.09882808811266

Tangent sums of squares: 1.0769480118362769

Data matrices in this dataset:

- AP X BR, raw data
- AP X BR, centroid size
- AP X BR, Procrustes coordinates

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, AP X BR, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0,00756519	55,495	55,495
2.	0,00265213	19,455	74,950
3.	0,00199743	14,652	89,602
4.	0,00050003	3,668	93,270
5.	0,00033539	2,460	95,730
6.	0,00025998	1,907	97,637
7.	0,00012670	0,929	98,567
8.	0,00008508	0,624	99,191
9.	0,00006461	0,474	99,665
10.	0,00003733	0,274	99,938
11.	0,00000630	0,046	99,985
12.	0,00000208	0,015	100,000

Total variance: 0,01363225

Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...'
Comparison: ALTO PIRANHA-AÇU -- BRIGIDA

Difference between means:

Procrustes distance: 0,05992888

Mahalanobis distance: 2,4197

T-square: 117,1021, P-value (parametric): <.0001

P-values for permutation tests (10000 permutation runs):

Procrustes distance: 0,0033

T-square: <.0001

(Note: The permutation test using the T-square statistic is equivalent to a test using Mahalanobis distance.)

ANEXO F – Resultados gerados das análises realizadas no MorphoJ para as bacias do Baixo Piranha-açu comparada com Brigida.

New Procrustes fit:

Dataset 'BP X BR'

8 landmarks in 2 dimensions.

The dataset contains 74 observations, of which 74 are included for analyses.

Average shape:

Lmk.	Axis 1 (x)	Axis 2 (y)
1	-0,09055124	0,11211118
2	-0,66518494	0,02772182
3	-0,12552824	0,00124188
4	-0,16817841	-0,06676722
5	-0,05702416	-0,08945841
6	0,29119586	-0,14571533
7	0,46290882	-0,01658770
8	0,35236233	0,17745379

Procrustes sums of squares: 0.9811172761587844

Tangent sums of squares: 0.9613566456024268

Data matrices in this dataset:

- BP X BR, raw data
- BP X BR, centroid size
- BP X BR, Procrustes coordinates

New Procrustes fit:

Dataset 'BP X BR'

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, BP X BR, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0,00837945	63,629	63,629
2.	0,00240817	18,286	81,915
3.	0,00097618	7,413	89,328
4.	0,00048689	3,697	93,025
5.	0,00029704	2,256	95,280
6.	0,00025395	1,928	97,209
7.	0,00014935	1,134	98,343
8.	0,00009788	0,743	99,086
9.	0,00007994	0,607	99,693
10.	0,00003285	0,249	99,942
11.	0,00000485	0,037	99,979
12.	0,00000272	0,021	100,000

Total variance: 0,01316927

Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...'
Comparison: BAIXO PIRANHA-AÇU -- BRIGIDA

Difference between means:

Procrustes distance: 0,03924998

Mahalanobis distance: 1,8643

T-square: 63,8744, P-value (parametric): <.0001

P-values for permutation tests (10000 permutation runs):

Procrustes distance: 0,0990

T-square: <.0001

(Note: The permutation test using the T-square statistic is equivalent to a test using Mahalanobis distance.)