

LUCAS NUNES DA SILVA

Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de
Itamaracá – Pernambuco

Recife - 2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

LUCAS NUNES DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros

Orientadora: Dra. Renata Akemi Shinozaki Mendes

RECIFE – PE

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

LUCAS NUNES DA SILVA

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de **Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura** e aprovada em 15 de fevereiro 2018 pelo programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, em sua forma final.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Renata Akemi Shinozaki Mendes (Orientadora)

Dra. Rosângela Paula Teixeira Lessa (Membro Interno)

Dr. Francisco Marcante Santana (Membro Externo)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Nome da Biblioteca, Recife-PE, Brasil

S586m Silva, Lucas Nunes da
Morfometria comparada das espécies da família *Ocypodidae* (Crustacea,
Brachyura) na Ilha de Itamaracá, Pernambuco / Lucas Nunes da Silva. – 2018.
110 f. : il.

Orientadora: Renata Akemi Shinozaki Mendes.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa
de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Caranguejo violinista 2. Variação morfológica 3. Características ambientais
4. Alometria I. Shinozaki- Mendes, Renata Akemi, orient. II. Título

CDD 639.3

DEDICATÓRIA:

Dedico às pessoas mais importantes da minha vida:

Minha família

EPIGRAFE:

Sempre achei fascinante a ideia de poder transformar a natureza em números para poder entendê-la melhor e usar um pouco do seu poder.

[Renata Stefani]

“Mas eu posso estar errado”

[Carl Sagan]

AGRADECIMENTO:

À colaboração, amizade e incentivo de inúmeras pessoas que fizeram com que esse trabalho pudesse ser concretizado, por isso, agradeço a todas as pessoas que de diversas formas compartilharam comigo os momentos de elaboração deste trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, em especial ao Ex-coordenador Alfredo Oliveira Galvéz e a Ex-secretaria Niara Melo pelo carinho, atenção e disponibilidade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado;

À incrível professora, orientadora e conselheira Renata Akemi Shinozaki-Mendes, por mais uma vez acreditar em mim e mesmo longe, sempre estar disponível e acessível;

Aos professores Paulo Oliveira pelo acolhimento no Laboratório de Etologia Pesqueira (LEP), o prof. Ricardo por ajudar na logística da coleta com a disponibilidade da Base de estudo da UFRPE em Itamaracá, Prof. Marcos Solto pela contribuição com seu conhecimento taxonômico, ao prof. Francisco Marcante pelas inúmeras dicas para o melhoramento do trabalho, grato também a Diêgo Cezar pelo suporte e intermédio com a equipe do Laboratório de Água e Solo (LAS), a equipe da Fazenda de Carcinicultura Em nome de Sirley Queiroz pelo auxílio no mapeamento do local de coleta e todo apoio, eterna gratidão a todos vocês, pessoas fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Mais um agradecimento a Diêgo Cezar, a Kadja Luana Layanna e a Paulo Rogerio por me nortearem sempre que preciso, por suas sabedorias, pela gentileza nos momentos de chamar a atenção. Serei eternamente grato ao universo por ter me dado a oportunidade de encontrar vocês.

Às novas amigas, mas não menos importantes... Erica Antunes, Latifa Pelage e Niara Melo, vocês são cheias de boas energias, conservem sempre.

À Todos os amigos que mesmo não estando presente, sempre acreditaram em mim, em especial a Karen Izabela, Missileny Xavier, Marília Duarte, Mariana Duarte, Ramires Eloisa e Emerson Ventura.

E por fim... à natureza que me disponibilizou, sempre que necessitei, todo material para minha pesquisa.

RESUMO

Com auxílio das técnicas de morfometria geométrica e morfometria linear, o presente trabalho teve como objetivo explorar em diferentes espécies de caranguejos violinistas capturados no litoral de Pernambuco, as variações da forma em três regiões do corpo: tergitos (vista dorsal da carapaça); esternitos e abdômen (vista ventral) e quelípodo, relacionando se as deformações existentes estão ligadas as características ambientais (perfil sedimentar, matéria orgânica, distancia da linha d'água) no qual estão inseridas. As espécies *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898); *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900); *Minuca mordax* (Smith, 1870), foram capturadas no período de dezembro de 2016 a março de 2017. 428 caranguejos foram capturados, dos quais, 232 *L. Thayeri* (95 fêmeas e 137 machos), 116 *M. mordax* (42 fêmeas e 74 machos) e 80 *L. leptodactyla* (35 fêmeas e 45 machos). Para a descrição do tipo de substrato foi utilizada a estatística descritiva quanto a média e o desvio padrão da média para avaliar possíveis diferenças estatísticas entre o perfil granulométrico e o teor de matéria orgânica entre os pontos de coleta. Para análise alométrica e morfológicas os caranguejos foram mensurados com auxílio de um paquímetro 0,05 mm de precisão: 1 - Comprimento da carapaça (CC); 2 - Largura da carapaça (LC); 3 - Altura do corpo (AC); 4 - Distância do olho (DO); 5 - Largura do maxilípede (LM); 6 - Comprimento do maxilípede (CM); 7 - Largura do 4º somito abdominal (L4); 8 - Largura do 5º somito abdominal (L5); 9 - Comprimento do abdome (CA); 10 - Altura do quelípodo (AQ); 11 - Comprimento do quelípodo (CPq). Para os machos foi mensurado o quelípodo mais desenvolvido; para as fêmeas apenas o quelípodo direito. Posteriormente os caranguejos foram fotografados individualmente em sua porção dorsal, ventral e região externa do maior quelípodo para machos e quelípodo direito para fêmeas, com auxílio de câmera digital paralela ao plano horizontal acoplado a um tripé, com lente de distância focal de 50 mm. Para determinar a forma do abdome, foram selecionados 8 marcos anatômicos na vista ventral; 10 marcos anatômicos para determinação da forma da carapaça na vista dorsal e 6 marcos para região do quelípodo. Para a espécie *L. thayeri*, a largura da carapaça variou de 0,50 a 2,78 cm; 0,40 a 2,49 cm para *M. mordax* e 0,51 a 1,07 cm para *L. leptodactyla*. Através da PCA foi possível notar a separação das três espécies, tanto para machos quanto para fêmeas. A separação das fêmeas foi mais notória ($p < 0,0001$), havendo uma sobreposição dos machos de *M. mordax* e *L. thayeri*, indicando maior semelhança morfológica entre essas espécies ($p = 0,2552$). Na vista dorsal tanto as espécies quanto os sexos foram consideradas diferentes, com base na distancia de Procrustes ($P < 0,0001$), na vista ventral nas fêmeas, apenas *L. leptodactyla* e *M. mordax* foram consideradas iguais ($P = 0,2491$), para os machos todos os grupos se mostraram diferentes com *L. thayeri* e *L. leptodactyla* apresentando maiores distancia ($P < 0,0001$). Para a região do quelípodo, fêmeas e machos foram consideradas diferentes com *L. thayeri* e *M. mordax* apresentando maior semelhança ($P < 0,0001$) em ambos os sexos. Os resultados encontrados sugerem que os traços morfológicos e o comportamento alométrico das espécies são indicadores importantes do uso do habitat e da especialização de nichos, um quadro útil para entender a organização dos ocipodídeos. Em particular, esse quadro servirá para entender as consequências de possíveis alterações nas condições ambientais (por exemplo, mudanças climáticas, fragmentação do habitat) na diversidade funcional dos caranguejos violinistas.

Palavras-Chaves: Caranguejo violinista, variação morfológica, características ambientais Crescimento, Alometria.

ABSTRACT

Through the techniques morphometry geometric and linear the objective of this study was to evaluate the variation of the shape in three regions of the body: tergites (dorsal view of the carapace), sternites and abdomen (ventral view) and chelipod in different species of fiddler crab captured on the coast of Pernambuco; verifying if existent deformations are linked to the environmental characteristics (sedimentary profile, organic matter, distance of the water line) in which the respective species are inserted; *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898) *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900); *Minuca mordax* (Smith, 1870), were captured in the period from December 2016 to March 2017. 428 crabs were captured, of which, 80 *L. leptodactyla* (35 females and 45 males), 232 *L. Thayeri* (95 females and 137 males) and 116 *M. mordax* (42 females and 74 males). For the description of the substrate type, the descriptive statistics regarding the mean and standard deviation of the mean were used to evaluate possible statistical differences between the granulometric profile and the organic matter content between the collection points. For the allometric and morphological analysis the crabs were measured with the aid of a pachymeter, with an accuracy of 0.05 mm: 1 - Carapace length (CC); 2 - Carapace width (LC); 3 - Body height (AC); 4 - Frontal Width (OD); 5 - Width of maxilliped (LM); 6 - Length of maxilliped (CM); 7 - Width of the 4th abdominal somite (L4); 8 - Width of the 5th abdominal somite (L5); 9 - Length of abdomen (CA); 10 - Height of the chelipod (AQ); 11 - Length of the chelipod (CPq). For males, the most developed chelipod was measured; for females only the right chelopod was measured. Subsequently the crabs were individually photographed in their dorsal, ventral and outer portion of the largest chelipod for males and the right chelipod for females, with the aid of a digital camera parallel to the horizontal plane attached to a tripod, with a 50 mm focal length lens. To determine the shape of the abdomen, 8 anatomical landmarks were selected in the ventral view; 10 anatomical landmarks for determination of carapace shape in dorsal view and 6 landmarks for chelipod region. To the specie *L. thayeri* the carapace width varied of 0.,50 to 2.78 cm; 0.40 a 2.49 cm to *M. mordax* e 0.51 a 1.07 cm to *L. leptodactyla*. Through the PCA it was possible to observe the separation of the three species, for both males and females. Through the principal component analysis (PCA), it was possible to observe the separation of the three species, for both males and females. The separation of females was more noticeable, with a higher overlap of males of *M. mordax* and *L. thayeri*. In the PERMANOVA (one-way) analysis, the groups of females presented significant differences ($P < 0.0001$), in the male individuals, the *M. mordax* and *L. thayeri* species did not present significant differences in the groups separation ($P < 0.2552$). In the dorsal view, both species and sexes were considered different, based on the distance of Procrustes ($P < 0.0001$), in the ventral view in females, only *L. leptodactyla* and *M. mordax* were considered equal ($P = 0.2491$), for males all the groups showed different with *L. thayeri* and *L. leptodactyla* presenting the highest distance ($P < 0.0001$). For the female and male, the cheliped region were considered different with *L. thayeri* and *M. mordax* presenting lower distance ($P < 0.0001$) for both sexes. The results suggest that the morphological traits and allometric behavior of the species are important indicators of habitat use and niche specialization, a useful framework to understand the organization of ocipodides. In particular, this framework would be useful for understanding the consequences of changes in environmental conditions (eg, climate change, habitat fragmentation) on the functional diversity of violinist crabs.

Keywords: Fiddler Crabs, morphological variety, environmental characteristics, growth, allometry.

LISTAS DE FIGURAS:

Introdução Geral

Figura 1: Espécime de <i>Leptuca leptodactyla</i> capturado no estuário de Jaguaribe, Itamaracá – PE.....	23
Figura 2: Espécime de <i>Leptuca thayeri</i> capturado no estuário de Jaguaribe, Itamaracá - PE.....	25
Figura 3: Espécime de <i>Minuca mordax</i> capturado no estuário de Jaguaribe, Itamaracá - PE.....	27

Artigo I

Pag.

Figura 1: Área de estudo, destacando as estações de coleta dos caranguejos chama marés no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, PE.....	50
Figura 2: Regiões mensuradas em indivíduos de caranguejos chama marés capturados no estuário do rio Jaguaribe, Itamaracá – PE. 1 - Comprimento da carapaça (CC); 2 - Largura da carapaça (LC); 3 - Altura do corpo (AC); 4 - Distância do olho (DO); 5 - Largura do maxilípede (LM); 6 - Comprimento do maxilípede (CM); 7 - Largura do 4º somito abdominal (L4); 8 - Largura do 5º somito abdominal (L5); 9 - Comprimento do abdome (CA); 10 - Altura do quelípodo (AQ); 11 - Comprimento do quelípodo (CPq).....	52
Figura 3: Distâncias da distribuição das tocas em relação a linha d'água (A), análise do teor de matéria orgânica (B) e árvore filogenética (adaptada de Shih et. al 2016) (C) das espécies <i>L. leptodactyla</i> (L.L.), <i>L. thayeri</i> (L.T.) e <i>M. mordax</i> (M.M.) capturadas no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá – PE no período de dezembro/2016 a março/2017.....	56
Figura 4: Análise de Componentes Principais das fêmeas e biplot referente à Análise dos Componentes Principais das espécies <i>L. leptodactyla</i> , <i>L. thayeri</i> e <i>M. mordax</i> capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.....	60
Figura 5: Análise de Componentes Principais dos machos e biplot referente à Análise dos Componentes Principais das espécies <i>L. leptodactyla</i> , <i>L. thayeri</i> e <i>M. mordax</i> capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.	60

Artigo II

Pag.

Figura 1: Área de estudo, destacando as estações de coleta dos caranguejos chama marés no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, PE.....	75
Figura 2: Distribuição dos marcos anatômicos para Vista dorsal – A (1, 9 - base frontal, 2, 8 – margem antero-lateral, 3, 7 - margem póstero-lateral, 4, 6 – margem posterior, 5 - margem posterior central, 10 – centro da frente,); Quela – B (1 - ponto de fixação inferior do carpo com o	

manus, 2- ponto de fixação superior do carpo com o manus, 3 ponto superior da articulação do dactilo com o manus, 4 - ponto inferior da articulação do dactilo com o manus, 5 – ponta do plexo, 6 - linha vertical rastreada do marco 4); **Vista ventral** C (macho) e D (fêmea) (1 – margem anterior central do abdome, 2 - 8 margem anterior do abdome, 3 - 7 margem do 5º somito abdominal, 4 - 6 margem do 6º somito abdominal, 5 – topo do telson).....77

Figura 3: Componentes principais 1 e 2 da variação morfométrica da vista dorsal para machos e fêmeas de *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. As imagens nas extremidades dos eixos indicam a flexão das placas finas da forma média no morfoespaço (aramado cinza) ao valor extremo do eixo (aramado preto).....79

Figura 4: Análise discriminante da vista dorsal para interações par a par entre espécies a esquerda e análise discriminante da vista dorsal dentre espécies a direita para *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.....81

Figura 5: Tamanho do centroide para a vista dorsal de machos (m) e fêmeas (f) das espécies *L. leptodactyla* (LL), *L. thayeri* (LT) e *M. mordax* (MM) capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. (Letras iguais indicam igualdade estatística entre as médias (Student Newman Keuls) ($p < 0,05$), Letras maiúsculas indicam variação intraespecífica, letras minúsculas variação interespecífica. A barra superior indica o limite máximo; o box superior, o terceiro quartil (75%); a barra central indica a média e mediana; o box inferior, o primeiro quartil (25%) e a barra inferior, o valor do limite mínimo da amostra).....82

Figura 6: Componentes principais 1 e 2 da variação morfométrica da vista ventral para machos (direita) e fêmeas (esquerda) de *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. As imagens nas extremidades dos eixos indicam a flexão das placas finas da forma média no morfoespaço (aramado cinza) ao valor extremo do eixo (aramado preto).....83

Figura 7: Análise discriminante da vista ventral fêmea (esquerda) e macho (direita) para interações par a par *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.....84

Figura 8: Componentes principais 1 e 2 da variação morfométrica da quela para fêmeas (superior) e machos (inferior) de *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. As imagens nas extremidades dos eixos indicam a flexão das placas finas da forma média no morfoespaço (aramado cinza) ao valor extremo do eixo (aramado preto).....86

Figura 9: Análise discriminante da que diferia das fêmeas (esquerda) e para o maior quelipodo dos machos (direita) para interações par a par *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no

estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.....87

Figura 10: Tamanho do centroide para a quela dos machos (esquerda) e das fêmeas (direita) das espécies *L. leptodactyla* (LL), *L. thayeri* (LT) e *M. mordax* (MM) capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. (Letras iguais indicam igualdade estatística entre as medianas (Student Newman Keuls) ($p < 0,05$), A barra superior indica o limite máximo; o box superior, o terceiro quartil (75%); a barra central indica a média e mediana; o box inferior, o primeiro quartil (25%) e a barra inferior, o valor do limite mínimo da amostra).....88

Nota Científica

Pag.

Figure 1: *Minuca rapax* specimen with the two developed chelae, captured near the city of Jaguaribe, in the northern region of Itamaracá Island, Pernambuco. A - Dorsal view; B - Ventral view and C - Frontal view with the larger cheliped overlapping the smaller one.....104

LISTAS DE TABELAS:

Artigo I

Pag.

Tabela 1 Distribuição de classe de tamanho para indivíduos machos e fêmeas e jovens e adultos das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturadas no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá – PE no período de dezembro/2016 a março/2017. M – macho, F – fêmea.....54

Tabela 2: Estatística descritiva dos dados de propriedades físicas e químicas do solo do estuário do Rio Jaguaribe coletado no período de dezembro/2016 a março/2017. Letras iguais indicam igualdade estatística entre as médias utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Os parâmetros foram analisados separadamente.....55

Tabela 3: Relação linear para indivíduos jovens e adultos das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017, A = alometria. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença entre machos e fêmeas (colunas); Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies; Letras itálicas diferentes indicam diferença significativa entre jovens e adultos (analisado separadamente para machos, para fêmeas e para cada relação), com $p < 0,05$57

Tabela 4: Autovalores obtidos na Análise de Componentes Principais (PCA) para os dois primeiros eixos (PC1 e PC2) que explicam a variação das dimensões corpóreas em machos e fêmeas das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.....59

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Tabela 5: Resultados alométricos entre o Lc x L5 em indivíduos fêmeas (jovens e adultas) do caranguejo violinista encontrado por diversos autores em diferentes regiões, J = jovens, A = adultos. (=) alometria, (+) alometria positiva, (-) alometria negativa.....63

Tabela 6: Análise de regressão logaritimizada Lcx L5 para fêmeas. J = indivíduos jovens; A= indivíduos adultos.....64

Artigo II

Pag.

Tabela 1: Análise de variável canônica para machos e fêmeas das espécies *L. leptodactyla* (LL), *L. thayeri* (LT) e *M. mordax* (MM) capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017, D² = distância de Mahalanobis, Dis.Pro = Distância de Procrustes.....80

SUMÁRIO:

INTRODUÇÃO GERAL	16
1.1 MANGUEZAIS E HABITAT ESTUARINO	16
1.2 SUBFILO CRUSTACEA	18
1.3 FAMÍLIA OCYPODIDAE	19
1.4 ESPÉCIES ALVOS	23
1.5 VARIAÇÃO MORFOLÓGICA E A MORFOMETRIA (LINEAR E GEOMÉTRICA) ...	29
OBJETIVO	34
2.1 OBJETIVO GERAL	34
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
REFERÊNCIAS	35
ARTIGO I	45
Morfometria comparada das espécies de caranguejo violinistas (Crustacea, Ocypodidae) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco	46
ABSTRACT	46
RESUMO	47
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL E MÉTODOS	49
Área de estudo:	49
Procedimento em campo:	51
Procedimento em Laboratório:	51
Análises Estatísticas:	52
RESULTADOS	54
DISCUSSÃO	61
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	65
ARTIGO II	70
Morfometria geométrica das espécies <i>Leptuca leptodactyla</i> (Rathbun, 1898); <i>Leptuca thayeri</i> (Rathbun, 1900); <i>Minuca mordax</i> (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco	71
INTRODUÇÃO	72
MATERIAL E MÉTODOS	73

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Área de coleta:.....	73
Procedimento em campo:	76
Procedimento Laboratorial:.....	76
Análises estatísticas:.....	77
RESULTADO.....	78
DISCUSSÃO	88
REFERENCIAS.....	92
NOTA CIENTÍFICA	98
CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
ANEXO	107

INTRODUÇÃO GERAL

1.1 MANGUEZAIS E HABITAT ESTUARINO

Os estuários são áreas onde a água doce, proveniente da drenagem continental, encontra e mistura-se com a água salgada dos mares (ROBERTSON, 1991). O ambiente estuarino é habitado por diversos animais, em toda sua extensão, desde formas microscópicas até grandes peixes, aves, répteis e mamíferos (LEITÃO, 1995). Esses ecossistemas apresentam destacada importância, tendo uma produtividade primária e secundária extremamente alta e apoiam uma grande abundância e diversidade de vertebrados e invertebrados, sendo esses ecossistemas frequentemente referidos como berçários, por apresentarem um quantitativo de recrutamento superior a outras áreas (BECK *et. al* 2001).

A vegetação de manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés (WALTER, 1970), geralmente associados às margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras, onde haja encontro de águas de rios com a do mar ou diretamente expostos à linha da costa. Este ambiente fornece informações valiosas sobre a dinâmica ambiental da área litorânea (SCHAEFFER NOVELLI, 1995), sendo sistemas funcionalmente complexos, altamente resilientes e resistentes e, portanto, estáveis, (SCHAEFFER-NOVELLI, 2000). Essa vegetação, às margens de estuários, forma um importante habitat para diversos animais, pois são zonas de alimentação, abrigo e berçário (LEY *et al.* 1999).

No Brasil, os manguezais ocorrem ao longo de praticamente todo litoral, margeando estuários, lagunas e enseadas, desde o rio Oiapoque no Amapá (Latitude 04° 30'N) até a praia do Sonho em Santa Catarina (Latitude 28° 53'S) (LACERDA, 1999), sendo responsáveis por ocupar cerca de 90% da linha de costa brasileira, perfazendo aproximadamente 1,38 milhões de hectares (13. 800 Km²), o que representa a segunda maior área de manguezal do mundo com cerca de 50% da área total de manguezais das Américas (KJERFVE e LACERDA, 1993). As regiões norte e nordeste do Brasil concentram cerca de 70% dos manguezais do País (HERZ, 1991); enquanto que, nas regiões sul e sudeste, os manguezais correspondem aos outros 30% dos manguezais brasileiros (LACERDA, 1999)

Tanto as espécies características desses ambientes, como outros animais que migram para as áreas costeiras durante, pelo menos, uma fase do ciclo de vida, representam relevante fonte de alimentos para as populações humanas (SCHAFFER-NOVELLI, 1999). Desta forma, alterações em sua distribuição e extensão causada por fatores exógenos, como supressão de áreas, emissão de dejetos e efluentes urbanos, dentre outros impactos, tem influência negativa no equilíbrio da produtividade primária, na produção pesqueira e sobretudo na ecologia local (SCHAEFFER NOVELLI 1995).

Devido a um aspecto vegetal bastante característico, este ecossistema possui uma grande variedade de nichos ecológicos, o que resulta numa fauna diversificada com representantes dos seguintes grupos: anelídeos, moluscos, crustáceos, aracnídeos, insetos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (PEREIRA FILHO e ALVES, 1999). Sabe-se que essa grande diversidade de espécies presentes nos manguezais e estuários constitui o resultado de processos evolutivos que levaram à diferenciação populacional e à especiação (WILSON, 1988).

Necessário ao ajuste de diferentes condições físico-químicas presentes nos ambientes costeiros, o processo evolutivo que envolve a transição do ambiente marinho para o terrestre, compreende uma série de adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais (BRUSCA e BRUSCA, 2003; LITTLE, 1990). A formação de uma espécie ou, ao menos, a diferenciação entre suas populações, está associada à interrupção do fluxo gênico, integrado também a outros processos, tais como a evolução de mecanismos de isolamento reprodutivo e, conseqüentemente, ao acúmulo de diferenças morfológicas e comportamentais (OLIVEIRA, 2014). A partir de processo evolutivo longo, diversas adaptações à vida terrestre ou semi-terrestre se refletem na diversidade de padrões de ciclo de vida e de estratégias reprodutivas apresentadas pelos braquiúros (HARTNOLL, 1985; HARTNOLL e GOULD, 1988).

Os crustáceos exercem papel extremamente importante na dinâmica do ecossistema manguezal, pois além da sua participação nos respectivos níveis tróficos das redes alimentares a que pertencem, alguns crustáceos executam uma tarefa constante de revirar o substrato, para escavar tocas onde se abrigam e armazenam alimentos, trazendo à superfície matéria orgânica de extratos inferiores (ARAÚJO e MACIEL, 1977; MACINTOSH, 1988), desempenhando papel fundamental na ciclagem de alimentos, controlando a remineralização de detritos dentro do

ambiente e a exportação de material particulado para os habitats, através de seu hábito alimentar e da estratégia de cavar tocas (ROBERTSON, 1991; ARAÚJO e CALADO, 2011). A movimentação dos crustáceos revirando o sedimento permite, também, a liberação de nutrientes que vai enriquecer, mais ainda, a massa d'água (ALVES et. al 2001).

1.2 SUBFILO CRUSTACEA

Ao longo do processo evolutivo, os crustáceos desenvolveram com sucesso, forte evolução adaptativa (RUPPERT e BARNES, 1996), incluindo consideráveis alterações morfológicas e fisiológicas (STEVICIC, 1971), destacando-se o achatamento, alargamento do cefalotórax, redução e dobramento do abdome sob a cavidade cefalotorácica. Além disso, uma série de modificações na estrutura corporal desses animais, incluindo alterações nos pereiópodos e nas brânquias, possibilitaram que algumas espécies se adaptassem ao ambiente terrestre, e conseqüentemente, passaram a resistir com maior sucesso a diferentes faixas de temperatura, além de uma certa variabilidade com relação as estratégias reprodutivas (BLISS, 1968). Isto reflete na diversidade de padrões de história de vida e estratégias reprodutivas apresentados por esse táxon (SASTRY, 1983). Esses indivíduos são observados ocupando raízes, troncos, fendas e galhos das árvores, cavando galerias no sedimento, ou mesmo nadando, de acordo com o movimento das marés (LEITÃO, 1995). Segundo Ruppert *et al.* (2005), os crustáceos apresentam maior popularidade, tanto em número de espécies viventes, como também nos diferentes habitats conquistados (marinho, terrestre e dulcícola).

Desta forma, esse grupo constitui um táxon de elevada importância ecológica e econômica, tanto como componente das cadeias alimentares, como servindo de base de sustento de comunidades que vivem às margens desses ambientes (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Dentre os artrópodes, o subfiló Crustacea inclui cerca de 67.000 espécies descritas de caranguejos, camarões, lagostins e lagostas, bem como uma miríade de animais de pequeno porte que, com frequência, passam despercebidos. A classe Malacostraca representa cerca da metade das espécies conhecidas de crustáceos, estando representada pelos crustáceos mais conhecidos, como caranguejos, lagostas e camarões, pertencentes à ordem Decapoda (BRUSCA e BRUSCA, 2009).

A Ordem Decapoda, forma um táxon de alta diversidade, com cerca de aproximadamente 175 famílias e aproximadamente 15 mil espécies (viventes e extintas) descritas, nos mais diferentes

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

habitats dos ambientes marinhos, dulcícolas e terrestres (BRACKEN *et al* 2009; DE GRAVE *et al.* 2009) desta, aproximadamente 2.500 espécies registradas no Brasil (AMARAL e JABLONSKI, 2005). Os decápodos têm papel importante em processos ecológicos, constituem componente essencial da cadeia trófica, atuando seja como predadores de peixes e outros invertebrados (KENSLEY e WALKER, 1982; MAGNI e PY-DANIEL, 1989; WALKER 1990), seja como presa de insetos, peixes (GOULDING e FERREIRA, 1984) ou aves (BEISINGER *et al.*, 1988).

Os caranguejos decápodos da Infraordem Brachyura, são em geral, animais de hábitos crípticos e noturnos, permanecendo escondidos em tocas, fendas e buracos de rochas e troncos submersos, na serrapilheira submersa ou entre as raízes e folhas da vegetação aquática. (STEMBERG, 1997). Os Brachyura, caranguejos e siris, constituem o grupo mais diversificado e está entre os grupos mais conhecidos e os mais intensamente estudados dos crustáceos. Com 6.793 espécies, distribuídas em 93 famílias e 38 superfamílias, colonizando quase todos o ambiente marinho (até 6.000 m na zona abissal) e terrestre habitando montanhas de até 2.000 m (NG *et al.*, 2008).

A infraordem Brachyura é caracterizada pela presença de cinco pares de pereiópodos, sendo o primeiro par quelado, carapaça achatada dorso-ventralmente e artículos basais das antenas imóveis (MELO, 1996). Dentre os Brachyura, a Seção Eubrachyura se destaca como o grupo de caranguejos mais derivados ou “caranguejos avançados” (AHYONG *et al.* 2007), estando presentes em quase todos os habitats costeiros, abrangendo os manguezais, costões rochosos, praias arenosas e bentos marinhos, podendo apresentar formas de locomoção contínua ou intermitente, caminhando ou nadando (MAROCHI, 2012).

1.3 FAMÍLIA OCYPODIDAE

Inicialmente, a família Ocypodidae foi dividida em cinco subfamílias: Camptandriinae, Dotillinae, Helociinae, Macrophthalminae e Ocypodinae, destas, as quatro primeiras subfamílias ocorrem na região do Indo-Pacífico e a última subfamília (Ocypodinae) distribui-se ao longo da costa americana (GUINOT, 1979; FIELDER e GREENWOOD, 1985). Posteriormente, Martin e Davis (2001), realizaram estudo sobre classificação dos crustáceos elevando a subfamília Camptandriinae ao nível de família. Nos últimos anos, Ng *et al.* (2008) e Davie *et al.* (2015)

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

organizaram a família Ocypodidae em duas subfamílias, a Ocypodinae Rafinesque, 1815, para caranguejos fantasma, e a *Ucinae dana*, 1851, para caranguejos violinista.

No entanto, mais recentemente, Shih *et al.* (2016) reorganizaram a família Ocypodidae em três subfamílias, distribuindo da seguinte forma:

<u>Subfamília</u>	<u>Gênero</u>
Ocypodinae Rafinesque, 1815	<i>Ocypode</i> Weber, 1795 * <i>Afruca</i> Craner, 1975 <i>Uca</i> Leach, 1814
Gelasiminae Miers, 1886	<i>Gelasimus</i> Latreille, 1817 * <i>Austruca</i> Bott, 1973 * <i>Cranuca</i> Beinlich e von Hagen, 2006 * <i>Leptuca</i> Bott, 1973 * <i>Minuca</i> Bott, 1973 * <i>Paraleptuca</i> Bott, 1973 * <i>Petruca</i> Shih, Ng e Christy, 2015 * <i>Tubuca</i> Bott, 1973 * <i>Xeruca</i> Shih, 2015
Ucidinae Števčić, 2005	<i>Ucides</i> Rathbum, 1897

Para o presente trabalho será levada em consideração a organização mais recente, proposta por Shih *et al* (2016), descrita no parágrafo anterior. Desta forma, a família Ocypodidae possui atualmente representantes das três subfamílias ao longo da costa brasileira.

Os caranguejos violinistas (*fiddley crab*) habitam todos os continentes exceto a Antártica. O limite mais a norte se localiza na costa norte de Cape Cod, nos Estados Unidos (42° N). O

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

registro mais austral se encontra na latitude de 35° no Uruguai (CRANE, 1975). É registrado ao longo de toda a costa litorânea brasileira, do Amapá até o Rio Grande do Sul (MELO, 1996; BEZERRA, 2012; THURMAN *et al.*, 2013). Bezerra (2009) registrou 10 espécies para a costa brasileira sendo elas: *Leptuca uruguayensis* (Nobili, 1901); *Minuca victoriana* (von Hagen, 1987); *M. burgersi* (Holthuis, 1967); *L. cumulanta* (Crane, 1943); *L. leptodactyla* (Rathbun, 1898); *Uca maracoani* (Latreille, 1802-1803); *M. mordax* (Smith, 1870); *M. rapax* (Smith, 1870); *L. thayeri* (Rathbun, 1900); e *M. vocator* (Herbst, 1804).

Constituindo um grupo de caranguejos braquiúros intertidais de pequeno porte, os caranguejos violinistas, Chama-maré ou Xié, como são conhecidos, são caracterizados por forte dimorfismo sexual, onde os machos apresentam um dos quelípodos mais desenvolvidos, usados para interações agonísticas entre os machos, na defesa de território e durante a corte, enquanto o menor é usado para alimentação (WEISSBURG, 1992). Nas fêmeas, os quelípodos se apresentam com tamanho semelhantes, o que faz com que a taxa alimentar seja maior do que nos machos (LEVINTON *et al.*, 1996; MARIAPPAN *et al.* 2000; POPE 2000). Esses caranguejos podem ser divididos em dois grupos segundo a complexidade da corte, os que pertencem ao grupo das espécies de frente larga apresentando comportamento de corte mais elaborado, atraindo as fêmeas para o acasalamento que ocorre dentro das tocas onde as fêmeas permanecem sem se alimentar durante a incubação dos ovos; e as espécies de frente estreita, onde o acasalamento sucede após uma breve corte, podendo acontecer tanto dentro ou fora das tocas, ocorrendo o mesmo durante a incubação dos ovos pelas fêmeas (CRANE, 1975; CHRISTY e SALMON, 1984; SALMON e ZUCKER, 1987). No Brasil, apenas *U. maracoani* apresenta frente estreita, sendo que as demais apresentam frente larga com exceção do *L. thayeri* que apresenta um tamanho de frente “intermediário” (MELO, 1996) com comportamento de acasalamento similar as espécies de frente estreita (SALMON, 1987) e características morfológicas semelhantes aos indivíduos pertencentes ao gênero *Minuca*.

Os caranguejos violinistas vivem em áreas protegidas como baías, regiões costeiras, estuários e bancos de algas, ocupando regiões com diferentes concentrações orgânicas e substratos, tais como, sedimentos lamosos ou secos com presença de silte, argila ou areia (CRANE, 1975). Esses animais comumente ocorrem em altas densidades (COELHO *et al.*, 2004; MASSUNARI,

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

2006), frequentemente simpátricos, sempre gregários, de hábito diurno e com atividade durante a maré baixa (CRANE, 1975), sendo típicos constituintes da zona entremarés de estuários de clima tropical, subtropical e temperado quente (MASSUNARI, 2006), apresentando o hábito de construir abrigos (tocas) no sedimento. Esses abrigos oferecem diversas vantagens, pois, serve como uma proteção contra predadores, além de ser uma forma de proteção contra variações de temperaturas do ambiente e de servir de local seguro para reprodução e muda (RINGOLD, 1979; GENONI, 1991).

O hábito de escavar galerias promove a bioperturbação, conduzindo matéria orgânica para a superfície terrestre e incrementando a atividade microbiana, a qual pode estimular a produção de árvores dos manguezais (COLPO e NEGREIROS-FRANSOZO, 2004; LITULO, 2006). Ao cavarem as tocas, estes animais trazem uma enorme quantidade de solo das profundidades para a superfície, influenciando de modo significativo a dinâmica dos grãos de areia ou argila (BOTTO e IRIBARNE, 2000), contribuindo grandemente para a remineralização de nutrientes, oxigenação e aeração de substratos, desta forma, considera-se os caranguejos violinistas espécies-chave para o ecossistema devido a sua grande importância ecológica (CANNICI *et al.*, 2009) e ambiental. (KRISTENSEN, 2008). Sendo representantes típicos da fauna de invertebrados dos manguezais ao longo da costa brasileira devido a sua abundância nesses locais (CASTIGLIONI e NEGREIROS-FRANSOZO, 2006), a abundância dos caranguejos propicia a transferência de nutrientes e energia das áreas entre-marés para a coluna d'água do estuário em geral. Além disso, outro fator de elevada importância dos caranguejos violinistas é fato de servirem como importante fonte de alimento para mamíferos, aves, peixes e caranguejos de maior porte (CRANE, 1975), tornando-se componente fundamental para o equilíbrio trófico dos manguezais. Os chama-marés também contribuem para o enriquecimento nutricional das águas estuarinas e costeiras, uma vez que grande quantidade de larvas são lançadas em todos os períodos do ano na coluna d'água, servindo de alimento vivo para outros animais de pequeno porte como alevinos e outros invertebrados (BENEDETTO e MASSUNARI, 2009).

Algumas espécies de caranguejo violinista apresentam importância econômica, sendo comumente comercializados em lojas de animais PETs para a atividade de aquarofilia (MAGALHÃES e COSTA, 2007). Esses caranguejos são comercializados principalmente em São

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Paulo (SP) e Vitória (ES) estando entre as espécies mais frequentes em lojas especializadas, devido a sua capacidade de suportar altas variações na salinidade (PINHEIRO *et al.* 2016), além de apresentar colorações exóticas, o que faz desses animais ideais para esse tipo de comercialização. Segundo o ICMBio (2016), esses caranguejos vêm sofrendo uma descontrolada exploração para fins comerciais.

1.4 ESPÉCIES ALVOS

Leptuca leptodactyla (Rathbun, 1900)



FONTE: O autor

Figura 1: Espécime de *Leptuca leptodactyla* capturado no estuário de Jaguaribe, Itamaracá - PE

Leptuca leptodactyla é considerada uma espécie de “frente larga” (ROSENBERG, 2001; BEINLICH e VON HAGEN, 2006), sendo registrada na Flórida, Golfo do México, Venezuela e no Brasil, desde o litoral do Pará até Santa Catarina (MELO, 1996). Esta espécie é comumente encontrada em áreas ensolaradas de águas salinas e sedimentos arenosos, mais secos e menos lodosos que os ocupados por outras espécies. Geralmente, são áreas inundadas pela maré alta às margens dos manguezais ou de ilhas em mar aberto (MATTHEWS, 1930; COELHO, 1965). *L. leptodactyla* representa um dos grupos de chama maré do Atlântico de menor tamanho corporal (CARDOSO e NEGREIROS-FRANSOZO, 2004) e suas tocas atingem, aproximadamente, 20

centímetros de profundidade (CHRISTY, 1988). Estudos sobre *L. Leptodactyla* foram realizados em vários aspectos, como crescimento (MASUNARI e SWIECH-AYOUB, 2003), densidade, proporção sexual e estrutura populacional (BEZERRA e MATTHEWS-CASCON, 2006); distribuição ecológica (CARDOSO, 2007); correlação com o tipo de toca, período reprodutivo anual, ritmo reprodutivo lunar e de atividades (MASUNARI, 2012); ornamentação das tocas e aspectos de cortejo e/ou combate (RODRIGUES et. al. 2016).

Diagnose (BEZERRA, 2012):

Macho: Fronte moderadamente larga. Carapaça fortemente arqueada, praticamente semi-cilíndrica, desprovida de pubescência e tubérculos na margem dorsal. Órbitas levemente oblíquas. Margens ântero-laterais curtas, levemente convexas, formando um ângulo agudo na transição para às margens póstero-laterais. Crenulações sub-orbitais pouco desenvolvidas na porção interna da margem sub-orbital, tornando-se bem desenvolvidas e mais separadas em direção à margem orbital externa. Linhas de cerdas dispostas imediatamente acima e abaixo das crenulações sub-orbitais. Par de estrias póstero-lateral curto, mal definidos. Serrilhações dos dedos do quelípodo menor ausentes ou fracas. Mero do quelípodo maior longo e delgado. Carena oblíqua da face interna da palma alta, continuando ao longo da margem da cavidade carpal. Pólex mais longo que a palma, reto e delgado. Dátilo mais longo que a palma, oblíquo e fortemente curvado para baixo no terço distal. Leve pubescência presente no hiato do quelípodo maior. Patas ambulatórias delgadas, desprovidas de pubescência aveludada. Terceiro ao sexto segmento abdominal parcialmente fusionado. Fêmea: Crenulações sub-orbitais mais desenvolvidas do que nos machos. Gonóporo desprovido de tubérculos.

***Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900)**



FONTE: O autor

Figura 2: Espécime de *Leptuca thayeri* capturado no estuário de Jaguaribe, Itamaracá - PE

O caranguejo chama-maré *L. thayeri* (Rathbun,1900) é uma das espécies mais abundantes, vivendo em tocas na lama e areia lamosa dos manguezais (MELO, 1996), sendo encontrado ao longo de vários biótopos nas baías, suportando variações de salinidade de 4‰ a 31‰ (BRANCO, 1990; MELO, 1996; MASUNARI, 2006). Esta espécie encontra-se distribuída pelo Atlântico ocidental: Flórida, Golfo do México, Antilhas, Guatemala, Panamá, Venezuela e no Brasil do Maranhão até Santa Catarina (RODRIGUEZ, 1980; MELO, 1996). O *L. Thayeri* foi inicialmente incluso no antigo subgênero *Planuca*, por apresentar características únicas "fronte intermediária" (BOTT, 1973). Devido a invalidação desse subgênero baseado em estudos filogenéticos *L. thayeri* passou a ser subclassificado como *Minuca thayeri* (LEVINTON *et al.* 1996; ROSENBERG, 2001; BEINLICH e VON HAGEN 2006). No entanto, análises genéticas mais recentes situaram esta espécie ao grupo dos pequenos *Leptuca* (SHIH *et al.*, 2016). Aspectos como crescimento, maturidade sexual, razão sexual, estrutura populacional, distribuição e biologia reprodutiva desta espécie foram avaliados em populações do litoral do Estado de São Paulo (COSTA, 2000; COSTA e NEGREIROS-FRANSOZO, 2003; COSTA *et al.*, 2006; NEGREIROS-FRANSOZO *et al.*, 2003), no Estado do Paraná (MASUNARI, 2006) e em uma área estuarina do Ceará (BEZERRA e MATTHEWS-CASCON, 2007).

Diagnose (BEZERRA, 2012):

Macho: Fronte moderadamente estreita. Órbitas quase retas. Superfície dorsal da carapaça com pubescência aveludada nas regiões branquiais e na depressão em forma de “H”. Margens ântero-laterais curtas, levemente convexas, formando um ângulo agudo na transição para a margem póstero-lateral, a qual é levemente perlada. Sobrancelha curta. Crenulações sub-orbitais formadas por tubérculos moderados ao longo de toda a margem, aumentando pouco de tamanho em direção à margem orbital externa. Linhas de cerdas dispostas imediatamente acima e abaixo das crenulações sub-orbitais. Par superior de estrias póstero-laterais longo, fortes e perlados. Dedos do quelípodo menor armados com moderadas serrilhações no terço distal da margem interna. Margem ântero-lateral do mero do quelípodo maior armado com leves rugosidades. Face externa da palma rugosa, coberta por pequenos à moderados tubérculos achatados. Carena oblíqua da face interna da palma moderadamente alta, continuando até o meio da margem da cavidade carpal. Pólex e dátilo delgados e mais longos que a palma, sendo o primeiro sinuoso e o último curvado para baixo na porção distal, ultrapassando o pólex. Pubescência aveludada do hiato do quelípodo maior ausente. Mero das patas ambulatórias largo, especialmente o do terceiro par, o qual é extremamente largo. Superfície posterior das

patas ambulatórias cobertos por pubescência aveludada. Segmentos abdominais não fusionados.

Fêmeas: Pubescência aveludada da margem dorsal da carapaça mais densa que nos machos. Também presente no mero, carpo e própodo das patas ambulatórias. Gonóporo sem tubérculo.

Minuca mordax (Smith, 1870)



FONTE: O autor

Figura 3: Espécime de *Minuca mordax* capturado no estuário de Jaguaribe, Itamaracá - PE

O caranguejo *M. mordax* (Smith, 1870) tem distribuição geográfica no Oceano Atlântico Ocidental, desde o Golfo do México até o Sul Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul (BEZERRA, 2012). Esta espécie é apontada como se estabelecendo mais à montante dos manguezais, ocorrendo onde há diminuição da salinidade da água (CRANE, 1975). É mais comumente vista à venda nas lojas, em geral é vendido como sendo um animal aquático e de água doce (observação pessoal). Estudo sobre o *M. mordax* foram desenvolvidos por Von Hagen (1982), para o comportamento visual e acústico; Masunari e Dissenha (2005), com estudos alométricos; Fransozo *et al.* (2009), analisando a Biologia populacional e Martis *et al* (2016), descreveu o estágio juvenil desta espécie.

Diagnose (BEZERRA, 2012):

Macho: Fronte larga. Órbitas retas. Margem dorsal da carapaça com pequenas cerdas próximo às margens ântero-laterais, as quais são levemente convexas, não perladas, não formando ângulo agudo na transição para a margem póstero-lateral. Sobrancelhas moderadamente largas, com a margem inferior perlada. Crenulações sub-orbitais formadas por pequenos tubérculos na margem interna, tornando-se grandes e bem separados em direção à margem orbital externa. Linhas de cerdas dispostas imediatamente acima e abaixo das crenulações suborbitais. Par superior de estrias póstero-laterais longo. Dedos do quelípodo menor armados com serilhações distintas, pequenas e agudas no terço distal. Margem dorsal da palma do quelípodo maior coberta por moderados tubérculos, tornando-se diminutos em direção à face externa e ausentes próximo à margem ventral. Tubérculos da carena oblíqua da face interna da palma não lineares. Pólex tão longo quanto a palma, com um grande dente mediano. Dátilo mais longo que a palma, curvado para baixo na porção distal. Pubescência aveludada do hiato ausente. Mero das patas ambulatórias moderadamente largo. Pubescência aveludada fortemente aderida na margem dorsal do carpo e envolvendo todo o própodo. Fêmeas: Margem dorsal da carapaça com pequenos tubérculos próximos à transição entre as margens ântero e póstero-laterais. Mero das patas ambulatórias mais largo que nos machos.

Fêmeas: Pubescência na margem ventral do própodo mais conspícuo que nos machos. Gonóporo com um pequeno tubérculo.

1.5 VARIAÇÃO MORFOLÓGICA E A MORFOMETRIA (LINEAR E GEOMÉTRICA)

O entendimento da variação morfológica e sua estrutura espacial é de importância crucial para questões fundamentais na biologia evolutiva, incluindo os padrões e processos de especiação, bem como a relação entre genótipo e fenótipo, exercendo papel fundamental na classificação taxonômica e no entendimento da diversidade biológica (ADAMS *et al.*, 2004).

As discriminações das variações existentes entre espécies são essenciais para uma gestão sustentável dos recursos (PARSONS *et al.* 2008; HOPKINS e THURMAN, 2009), pois compreender a natureza e buscar uma explicação para esta variedade tornou-se um foco principal de pesquisas em campos diversos, como a morfologia funcional, a macroevolução, a seleção sexual e a biologia evolutiva (ROSENBERG, 2002), além disso, são parte fundamental, da ecologia e economia (HOPKINS e THURMAN, 2009). Os componentes morfológicos apresentam grande importância quando se tratado em relação a compreender a estrutura de uma comunidade já que representam adaptações aos mais variados componentes ecológicos, como a estrutura do habitat (VAHHOOYDONCK, VAN DAMME e AERTS, 2000; VITT, CALDWELL, ZNI e TITUS 1997) e o comportamento (IRSCHICK, 2002).

Relações ligadas à forma das espécies e seus atributos ambientais têm sido objeto de interesse de diversos naturalistas (LINDSEY, 1978), servindo como força motriz por trás de muitos estudos biológicos (BOOKSTEIN, 1991). Alguns conjuntos de caracteres morfológicos têm funções duplas tais como aquelas que servem tanto como sinais na seleção sexual (ornamentos) quanto nas armas em competição intrasexual direta (armamentos), tal dicotomia torna a compreensão dos comportamentos morfológicos dessas regiões mais difíceis (BERGLUND *et al.*, 1996). No entanto, geralmente essas regiões exercem papel fundamental na classificação taxonômica e no entendimento da diversidade biológica (ADAMS *et al.*, 2004). Um

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

exemplo clássico de tal dicotomia é encontrado no caranguejo-violinista (Brachyura, Ocypodidae, Uca) (ROSENBERG, 2002).

A vida nos ambientes costeiros confere à fauna uma série de adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais adquiridas ao longo de milhões de anos por diferentes processos evolutivos (STREELMAN *et al.* 2002, GOMES *et al.* 2003, RIBAS *et al.* 2004, CARVALHO e ARAUJO 2007, PIORSKI *et al.* 2007). Nas espécies marinhas, a variação morfológica é influenciada por vários fatores, incluindo o transporte de larvas, as taxas de mortalidade larval e pós-larval, o recrutamento, a fecundidade, a taxa de migração, o tamanho efetivo da população, os eventos históricos e a seleção (HELLBERG *et al.*, 2002. HEDGECOCK, e EDMANDS, 2007, PINEDA, HARE e SPONAUGLE, 2007).

Comparar estruturas ou organismos tem sido de grande interesse científico, assim como as causas e os efeitos da variação entre espécies e populações (BOOKSTEIN, 1991). Karr e James (1975) afirmam que a morfologia pode ser usada para descrever e comparar comunidades, com base na premissa de que adaptações dos organismos refletem suas relações ecológicas. Para isso, faz-se necessário uso de técnicas de morfométrica com o intuito de comparar tais características anatômicas, para análise e descrição das variações de formatos corporais em organismos (ROHLF e MARCUS, 1993; ZELDITCH *et al.*, 2004).

O campo da morfometria diz respeito a métodos que descrevem e analisam estatisticamente a variação da forma, dentro e entre amostras de organismos. Essa técnica é utilizada em análises de variações de formas como um resultado de crescimento, tratamento experimental ou evolução (ROHLF e MARCUS, 1993). Tal estudo fornece informações que possibilitam a compreensão da diversidade biológica e os mecanismos de adaptação dos organismos ao ambiente (FUTUYAMA, 2009). Atualmente, existem duas abordagens diferentes para o estudo de formatos corporais: a morfometria tradicional e a morfometria geométrica.

A morfometria tradicional utiliza um conjunto de variáveis que consiste de medidas corporais em um organismo, como alturas, larguras, comprimento e ângulos. Nessa metodologia, a forma geralmente é analisada em função do tamanho corporal, através de análises de alometria, ou o tamanho dos organismos é padronizado para o estudo isolado da forma (ROHLF e MARCUS, 1993; ADAMS, 2004).

Baseada em distâncias entre grupos medidos, a análise tradicional é normalmente considerada como dimensão de referência ou variável independente (X), uma dimensão representativa do tamanho geral do animal (ROHLF E MARCUS, 1993). Geralmente, nos caranguejos, utiliza-se o comprimento do cefalotórax, devido à sua representatividade. A outra dimensão cujo crescimento relativo é o objeto de estudo, ou seja, a variável dependente (Y), pode ser representada pelo comprimento do quelípodo ou a largura do abdome, devido à suas relações com a maturidade de machos e fêmeas, respectivamente (MASSUNARI, 2005). Porém, esses dados, geram uma perda de informações biológicas importante, pois não incorporam informações sobre a relação original entre as coordenadas corporais estudadas. Além disso, seus resultados são expressos somente de forma numérica ou graficamente, não sendo possível realizar reconstruções de forma (ROHLF e MARCUS, 1993; ADAMS, 2004).

Por muito tempo, o termo morfometria foi utilizado indiscriminadamente para qualquer estudo que analisasse quantitativamente a variação da morfologia encontrada nos organismos. Essa palavra foi criada por Blackith (1965) com o intuito de determinar métodos que servissem para medir a distância de forma entre espécies e, a partir daí construir diagramas representando estas distâncias, ou fenogramas (MONTEIRO e REIS, 1999). As primeiras abordagens ao estudo da variação da forma compararam várias medidas, uma a uma. Porém, notou-se que mesmo várias medidas, que descreviam qualquer estrutura, não eram suficientes para descrever a forma como um todo, já que os organismos são multidimensionais (MORAES, 2003).

Abrangendo uma serie de técnicas que descrevem e representam a geometria das formas estudadas, surgiu a partir da década de 90 a técnica conhecida como morfometria geométrica. Fred L. Bookstein, um dos maiores responsáveis pela “revolução morfométrica”, define morfometria como “o estudo estatístico da covariância entre mudanças de formas e fatores causais” (BOOKSTEIN, 1991). A principal característica desta técnica é descrever e localizar mais claramente as regiões de mudanças na forma e, sobretudo, de reconstruir estas diferenças graficamente, o que difere das abordagens tradicionais que se caracterizam pelos estudos na variação da forma através da covariação entre pares de medidas lineares (MARCUS, 1990), implicando em uma busca de causas das diferenças de forma entre organismos, sejam elas ecológicas ou filogenéticas. Incorporando-se conceitos geométricos na análise morfométrica, a

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

definição de forma mais utilizada passou a ser: qualquer propriedade de uma configuração de pontos que não se altera por efeitos de tamanho, posição e orientação (BOOKSTEIN, 1989).

Diversas áreas do conhecimento têm focado suas análises utilizando essas ferramentas 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 ambientes sob fenótipo de uma população (PERES-NETO, 1995), dentre diversas outras áreas.

Os caranguejos violinistas são bons "modelos" para estudos sobre a distribuição, comportamento e ecologia, pois diferentes espécies do gênero ocorrem no mesmo ambiente, compartilhando recursos disponíveis, como espaço e alimento (MOKHTARI *et al.*, 2008). Variáveis como a granulometria (RIBEIRO *et al.*, 2005; THURMAN, *et al.* 2013;) e o teor de matéria orgânica do sedimento (GENONI, 1991;) são consideradas como responsáveis pela distribuição das espécies. Entretanto, alguns autores demonstraram a importância de outros fatores na distribuição dos caranguejos, tais como temperatura (CRANE, 1975; SANFORD *et al.*, 2006), salinidade (CRANE, 1975; THURMAN, *et al.* 2013), presença ou ausência da vegetação (NOBBS, 2003), predação (DALEO *et al.*, 2003), competição (LEVINTON *et al.*, 1985) e a dispersão larval (EPIFANIO *et al.*, 1988).

Trabalhos com os caranguejos violinistas, envolvendo técnicas de morfometria tradicional e geométrica foram realizados acerca de temas como osmorregulação e evolução adaptativa (FARIA *et al.*, 2017), associação entre a morfologia do quelípodo principal e a seleção sexual (ROSENBERG, 1997; CHRISTY e DENNENMOSER, 2007); crescimento e destreza do quelípodos (MASUNARI *et al.* 2005) e variação intraespecífica (ROSEMBERG, 2002; HOPKINS e THURMAN, 2009; QURESHI e SAHER, 2012; THURMAN *et al.* 2012; SWANSON *et al.* 2013; HAMPTON *et al.* 2014; HOPKINS *et al.*, 2016).

Desta forma tendo em vista que a adaptação morfológica é resultado *a posteriori*, e não a busca *a priori* de uma meta (MAYR 2005) e que as adaptações morfológicas de um organismo podem refletir suas relações ecológicas (KARR e JAMES 1975), trabalhos que relacionem a

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

morfologia dos indivíduos com o seu modo de vida em crustáceos braquiúros, bem como análises interespecíficas, necessitam de uma maior atenção da ciência, pois são escassos, sendo essa a primeira contribuição para o estado de Pernambuco.

OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com este trabalho avaliar em espécies de caranguejo violinista, as variações da forma em três regiões do corpo: tergitos (vista dorsal da carapaça); esternitos e abdômen (vista ventral) e quelípodo, através das técnicas de morfometria geométrica e morfometria linear, observando se essas deformações estão ligadas ao habitat em que estão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar o dimorfismo sexual para cada espécie;
- Analisar a diferença morfológica entre machos de diferentes espécies;
- Analisar a diferença morfológica entre fêmeas de diferentes espécies;
- Avaliar se há variação morfológica entre jovens e adultos de diferentes espécies;
- Identificar possíveis diferenças morfológica entre os sexos;
- Associar a variação morfológica às características abióticas.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

REFERÊNCIAS

ADAMS, D. C., ROHLF F.J. e SLICE D.E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the ‘Revolution’. *Italian Journal of Zoology* 71:5–16.

AHYONG, S.T., LAI, J.C.Y., SHARKEY, D., COLGAN, D.J. e NG, P.K.L. 2007. Phylogenetics of the brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda): The status of Podotremata based on small subunit nuclear ribosomal RNA. – *Molecular Phylogenetics and Evolution* 45:576–586

AMARAL, A.C.Z. e JABLONSKY, S. 2005. Conservation of marine and coastal biodiversity in Brazil. *Conservation Biology*. 19(3):625-631.

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

ARAÚJO, D.S.D. e MACIEL, N.C. 1977. Os manguezais do Reconcavo da Baía de Guanabara; relatório preliminar. RJ, DECAM-DEPOL/FEEMA.1:195, 1977.

BECK, M.W., HECK, JR.K., ABLE, K.W., CHILDERS, D.L., EGGLESTON, D.B., GILLANDERS, B.M., HALPERN, B., HAYS, C.G., HOSHINO, K., MINELLO, T.J., ORTH, R.J., SHERIDAN, P.F. e WEINSTEIN. M.P. 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *American Institute of Biological Sciences*. 51(8):633-641.

BEINLICH, B. e VON HAGEN, H.O., 2006. Materials for a more stable subdivision of the genus *Uca* Leach. *Zoologische Mededelingen*. 80:9-32

BENEDETTO, M.D. e MASUNARI, S. 2009. Estrutura populacional de *Uca maracoani* (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae) no Baixio Mirim, Baía de Guaratuba, Paraná. *Iheringia*, 99(4):381-389.

BERGLUND, A., BISAZZA A., e PILASTRO A. 1996. Armaments and ornaments: an evolutionary explanation of traits of dual utility. *Biological Journal of the Linnean Society* 58: 385–399.

BEZERRA, L.E.A. 2012. The fiddler crabs (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae: genus *Uca*) of the South Atlantic Ocean. *Nauplius*, 20:203–246.

BEZERRA, L.E.A. 2009. Taxonomia, filogenia e biogeografia das espécies de caranguejos do gênero *Uca* Leach, 1814 (Decapoda: Ocypodidae) no Oceano Atlântico e Pacífico Oriental. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, pp. 361.

BEZERRA, L.E.A. e MATTHEWS-CASCON, H. 2007. Population and reproductive biology of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea: Ocypodidae) in a tropical mangrove from Northeast Brazil. *Acta Oecologica, Montrouge*.31: 251-258.

- SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco
- BEZERRA, L.E.A. e MATTHEWS-CASCON, H. 2006. Population structure of the fiddler crab *Uca leptodactyla* Rathbun, 1898 (Brachyura: Ocypodidae) in a tropical mangrove of northeast Brazil. *Thalassas*, Santiago de Compostela.22:6574.
- BLISS, D.E. 1968. Transition From Water to Land in decapod Crustaceans. *Am. Zoologist*, v.8, p. 355-392.
- BOOKSTEIN F.L. 1991. Morphometric tools for landmark data. Cambridge: Cambridge University Press.
- BOTT, R. 1973. Die verwandtschaftlichen Beziehungen der Uca Arten. *Senckenbergiana Biologica*, 54, 315–325.
- BOTTO, F. e IRIBARNE, O. 2000 - Contrasting effect of two burrowing crabs (*Chasmagnathus granulata* and *Uca uruguayensis*) on sediment composition and transport in estuarine environments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51(2):141-151
- BRACKEN, H.D., TOON, A., FELDER, D.L., MARTIN, J.W., FINLEY, M.A., RASMUSSEN, J., PALERO, F. e CRANDALL, K.A. 2009. The Decapod Tree of Life: Compiling the Data and Moving toward a Consensus of Decapod Evolution. *Arthropod Systematics e Phylogeny* 67 (1): 99 – 116.
- BRANCO, J.O. 1990. Aspectos ecológicos dos Brachyura (Crustacea, Decapoda) no manguezal do Itacorubi, SC. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba.7:165-179.
- BRUSCA R.C. e BRUSCA G.J. 2003. Invertebrates. Segundo edição, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. 936pp.
- BRUSCA, R.C. e BRUSCA. G.J. 2009. Invertebrates. Sunderland. Massachussets, USA: Sinauer Associates Inc. Publishers, 922 p.
- CALADO, T.C.S. e SOUSA, E.C. 2003. Crustáceos do Complexo Estuarino Lagunar Mandaú/Manguaba – Alagoas. FAPEL, 116 p.
- CARDOSO, R.C.F. 2007. Ecologia do caranguejo chama-maré *Uca leptodactyla* Rathbun, 1898 (Crustacea, Ocypodidae) em bancos de areia estuarinos no litoral norte do Estado de São Paulo. Tese apresentada ao Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista. 179p.
- CARDOSO, R.C.F. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2004. A comparison of the allometric growth in *Uca leptodactyla* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical estuaries. *Journal of the Marine Biological Association do the United Kingdon*, 84:733-735.
- CARVALHO, A.L.G. e ARAÚJO, A.F.B. 2007. Ecomorphometric structure of Restinga da Marambaia lizard community, Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 24(3):786-792.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

CASTIGLIONI, D.S. e NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. 2006. Ciclo reprodutivo do caranguejo violinista *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) habitante de um estuário degradado em Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 331-339.

CHRISTY, J. H. 1988. Pillar function in the fiddler crab *Uca beberei* (II): Competitive courtship signaling. *Ethology*, 78:113-128.

CHRISTY, J. H. 2007. Predation and the reproductive behavior of fiddler crabs (Genus *Uca*). In: Emmett Duffy J, Thiel M, editors. *Evolutionary ecology of social and sexual systems – Crustaceans as model organisms*. New York (NY): Oxford University Press; p. 520.

CHRISTY, J.H. e SALMON, M. 1984. Ecology and evolution of mating systems of fiddler crabs (Genus *Uca*). *Biol. Rev.* 59:483–509.

COSTA, T. M. Ecologia de caranguejos semiterrestres do gênero *Uca* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) de uma área de manguezal, em Ubatuba (SP). 2000. 121f. Tese (Doutorado em Zoologia), Instituto de Biociências, Univerisdade Estadual Paulista, Botucatu.

COSTA, T. M. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2003. Population biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical South American mangrove area: results from transect and catch-per-unit-techniques. *Crustaceana*, Leiden.75:1201-1218.

COSTA, T.M., SILVA, A.A.J. e NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. 2006. Reproductive pattern comparison of *U. thayeri* Rathbun, 1900 and *U. uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba.49:117-123.

COELHO, P.A., BATISTA-LEITE, L.M.A., SANTOS, M.A.C. e TORRES, M.F.A. 2004. O Manguezal. In: *Oceanografia, um cenário tropical*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, pp. 641-688.

COELHO, P.A. 1965. Os crustáceos decápodos de alguns manguezais pernambucanos. *Trabalhos do Instituto Oceanográfico*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 7, 71-90.

COLPO, K.D. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2004. Comparison of the population structure of the fiddler crab *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangrove forests. *Scientia Marina*, Barcelona.68:139-146.

CRANE, J. 1975. *Fiddler Crabs of the World (Ocypodidae: Genus Uca)*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, xxiii + 736 pp.

DALEO, P., RIBEIRO, P.D. e IRIBARNE, O.O., 2003. The SW Atlantic burrowing crab *Chasmagnathus granulatus* Dana affects the distribution and survival of the fiddler crab *Uca uruguayensis* Nobili. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 291:255–267

DAVIE, P.J.F., GUINOT, D. e NG, P.K.L. 2015. Phylogeny of Brachyura. *Crustacea* 9(7116):921-979.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

DE GRAVE, S., PENTCHEFF, N.D., AHYONG, S.T., CHAN, T.Y., CRANDALL, K.A., DWORSCHAK, P.C., FELDER D.L., FELDMANN, R.M., FRANSEN, C.H.J.M., GOULDING, L.Y.D., LEMAITRE, R.L., LOW, M.E.Y., MARTIN, J.W., NG, P.K.L., SCHWEITZER, C.E., TAN, S.H., TSHUDY, D., WETZER, R. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles bulletin of zoology*.21:1–109

EPIFANIO, C.E., LITTLE, K.T. e ROWE, P.M. 1988. Dispersal and recruitment of fiddler crab larvae in the Delaware River estuary. *Marine Ecology Progress*, 43:18-188.

FARIA S.C., PROVETE D.B., THURMAN C.L. e MCNAMARA J.C. 2017. Phylogenetic patterns and the adaptive evolution of osmoregulation in fiddler crabs (Brachyura, Uca). *PLoS ONE*12(2): e0171870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171870>

FIELDER, D.R. e GREENWOOD, J.D. 1985. The systematic position of *Heloecius cordiformis* (H. Milne Edwards, 1937) (Decapoda, Ocypodidae) as revealed by larval morphology. *Crustaceana*, Leiden.48:244-248.

FRANSOZO, V., MORTARI, R.C. e BENETTI, A.S. 2009. Population biology of *Uca mordax* (Smith, 1870) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) from the southeastern coast of Brazil. *Estud Biol.* 31(73/74/75):23-31.

FUTUYAMA, D. 2009. *Biologia Evolutiva*. 3.ed. Ribeirão Preto: Funpec.

GENONI G.P. 1991. Increased burrowing by fiddler crabs *Uca rapax* (smith) (Decapoda: ocypodidae) in response to low food supply. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 147:267-285

GOMES, L.N., JÚNIOR, P.J.R. e PIORSKI, N.M. 2003. Aspectos ecomorfológicos da comunidade de peixes do estuário do Rio Anil, Ilha de São Luíz – MA. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*. 16:29-36

GOULDING, M. e FERREIRA, E. 1984. Shrimp-eating fishes and a case of pray switching in Amazon rivers. *Revta Bras. Zool.*, 2(3):85-97.

GUINOT, D. 1979. Morfologie et phylogenese des Brachyures. *Memories du Museum National D'Histoire Naturelle. Série A. Zoologie*, Paris.112:1-354.

HAMPTON, K.R., HOPKINS, M.J., McNAMARA, J.C. e THURMAN, C. J. 2014. Intaspecific variation in carapace morphology among fiddler crabs (Genus *Uca*) from the Atlantic coast of Brazil. *Aquatic Biology*. 20:53-67.

HARTNOLL, R.G. 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. Pp. 101-128. In: Wenner, A. M. (ed). *Factors in adult growth*. Rotterdam, A. A., Balkema.

HARTNOLL, R.G. e Gould, P. 1988. Brachyuran life history strategies and the optimization of egg production. *Symposia of the Zoological Society of London* 59:1 – 9.

- SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco
- HERZ, R. 1991. Manguezais do Brasil. EDUSP, São Paulo, SP, 54p.
- HEDGECOCK D., BARBER P.H. e EDMANDS S. 2007. Genetic approaches to measuring connectivity. *Oceanography* 20:70–79.
- HELLBERG, M.E., BURTON, R.S., NEIGEL, J.E. e S.R. PALUMBI. 2002. Genetic assessment of connectivity among marine populations. *Bulletin of Marine Science*, 70(1):273-290.
- HOPKINS, M.J. e THURMAN, C.J. 2010. The geographic structure of morphological variation in eight species of fiddler crabs (Ocypodidae: genus *Uca*) from the eastern United States and Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society* 100: 248–270.
- HOPKINS, M.J. HABER, A. e THURMAN, C.J. 2016 Constraints on geographic variation in fiddler crabs (Ocypodidae: *Uca*) from the western Atlantic. *Journal of Evolutionary Biology*. 29: 1553-1568.
- INSTITUTO CHICO MENDES. 2016. Avaliação do risco de extinção dos crustáceos no Brasil: 2010-2014. Itajaí (SC): CEPSUL. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_2016_avaliacao_crustaceos_2010_2014.pdf>.
- IRSCHICK, D.J. 2002. Evolutionary approaches for studying functional morphology: Examples from studies of performance capacity. *Integrative and comparative Biology* 42:278-290.
- KARR, J.R. e JAMES, F.C. 1975. Eco-morphological configurations and convergent evolution in species and communities. In: CODY, M.L.; DIAMOND, J.M. Ecology and evolution of communities. Harvard University Press, Massachusetts. 191-258.
- KENSLEY, B. e WALKER, I. 1982. Palaemonid shrimps from the Amazon basin, Brazil (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithson. Contr. Zool.* 362:1-28.
- KJERFVE, B e LACERDA, L.D. 1993. Mangroves of Brazil. In: LACERDA, L.D. (Ed.). Technical conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa Regions: Part I - Latin America. Okinawa: International Society for Mangrove Ecosystems - International Tropical Timber Organization (ITTO/ISME), p. 245-272.
- KRISTENSEN, E. 2008. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. *Journal of Sea Research* 59:30-43
- LACERDA, L.D. 1999. Os manguezais do Brasil. In: Vanucci, M. Os manguezais. EDUSP, 233p.
- LEITÃO, S.N. 1995. A fauna do manguezal. In: Schaeffer-Novelli, Y. Manguezal, Ecossistema entre a terra e o mar. Caribbean Ecological Research. 64p.
- LEVINTON, A.E., GIBBS, R.H. JR., HEAL, E. e DAWSON, C. E. 1985. Standards in ichthyology and herpetology: Part I. Standard symbolic codes for institutional resource collections in herpetology and ichthyology. 1985:802–832.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

LEVINTON, J.S., STURMBAUER, C. e CHRISTY, J. 1996. Molecular data and biogeography: resolution of a controversy over evolutionary history of a pan-tropical group of invertebrates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.203:117–131.

LEY, J.A., MCIVOR, C.C. e MONTAGUE, C.L. 1999. Fishes in mangrove prop-root habitats of Northeastern Florida Bay: distinct assemblages across an estuarine gradient. *Estuar. Coast Shelf S.* 48:701-723.

LINDSEY, C.C. 1978. Form, function, and locomotory habits in fish. *Fish physiology*. Academic Press, New York. 465.

LITULO, C. 2006. Population and reproductive biology of the fiddler crab *Uca chlorophthalmus* (Brachyura: Ocypodidae) from Inhaca Island, southern Mozambique. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, Cambridge. 86:737-742.

LITTLE, C. 1990. The terrestrial invasion. An ecophysiological approach to the origins of land animals. Cambridge University Press, Cambridge, England. 304p.

MACINTOSH, D.J. 1988. The ecology and physiology of decapods of mangrove swamps. *Symposium of the Zoology Society of London* 59: 315–341.

MAGALHÃES, A.L.B. e COSTA, T.M. 2007. Escape of the fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea: Ocypodidae) in the state of Minas Gerais, Brazil. *Lundiana* 8(1):65-68.

MAGNI, S.T. e PY-DANIEL, V. 1989. *Aegla platensis* Schmitt, 1942 (Decapoda: Anomura) um predador de imaturos de Simuliidae (Diptera: Culicomorpha). *Revta Saúde Públ.* 23(3):258-259.

MARCUS L.F. 1990 - Traditional morphometrics. In: F. J. Rohlf e F. L. Bookstein (eds), *Proceedings of the Michigan morphometrics workshop*. Spec. Publ. No. 2. University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor. 77-122.

MARIAPPAN, P., BALASUNDARAM, C. e SCHIMITZ, B. 2000 Decapod crustacean chelipeds: an overview. *Journal of Biosciences*, Bangalore. 25:301-313.

MAROCHI, M.Z. 2012. Ecomorfologia de caranguejos e siris (CRUSTACEA DECAPODA BRACHYURA) de ecossistemas costeiros. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 84p.

MARTIN, J.W. e DAVIS, G.E. 2001. An update classification of the recent Crustacea. *Natural History of Los Angeles County. Science Series*, Corvallis.39, 124.

MASUNARI, S. 2012. Hood construction as an indication of the breeding period of the fiddler crab *Uca (leptuca) leptodactyla* rathbun, 1898 (decapoda, ocypodidae) from guaratuba bay, southern brazil. *Crustaceatia*. 85(10):1153-1169.

MASUNARI, S. 2006. Distribuição e abundância dos caranguejos *Uca Leach* (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba. 23:901- 914.

- SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco
- MASUNARI, S. e DISSENHA, N. 2005. Alometria no crescimento de *Uca mordax* (Smith) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22(4):984-990.
- MASUNARI, S. e SWIECH-AYOUB, B.P. 2003. Crescimento relativo em *Uca leptodactyla* Rathbun (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 20:487-491
- MATTHEWS, L.H. 1930. Notes on the fiddler crab, *Uca leptodactyla*, Rathbun. *Annals and Magazine of Natural History*. 10:659-663.
- MAYR, E. 2005. Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. Companhia das Letras, São Paulo, SP. 266p.
- MELO, G.A.S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, Plêiade/FAPESP. 604p.
- MONTEIRO, L.R. e REIS, S.F. 1999. Princípios de Morfometria Geométrica. Holos Editora Ltda, Ribeirão Preto.
- MOKHTARI, M., SAVARI A., REZAI H., KOCHANIAN, P. e BITAAB, A. 2008. Population ecology of fiddler crab *Uca lactea* annulipes (Decapoda: Ocypodidae) in Sirik mangrove estuary, Iran. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 76:273-281
- MORAES, D.A. 2003. A morfometria geométrica e a “revolução na morfometria” localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. *BIOLETIM* - Ano III, Número 3.
- NG, P.K.L., GUINOT, D. e DAVIE, P.J.F. 2008. Systema Brachyurum, Part I. An Annotated Checklist of Extant Brachyuran Crabs of the world. *The Raffles Bulletin of Zoology*. 17:1-286.
- NOBBS, M. 2003. Effects of vegetation differ among three species of fiddler crabs (*Uca* spp.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Amsterdam. 284:41-50.
- OLIVEIRA, C.M.C.A. 2014 Variabilidade genética do camarão de água doce *Atya scabra* (Leach, 1816) ao longo de sua distribuição geográfica (Decapoda, Caridea, Atyidae). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 88p. Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas.
- PEREIRA FILHO, O. e ALVES, J.R.P. 1999. Conhecendo o manguezal. Apostila técnica, Grupo Mundo da Lama, RJ. 4:10.
- PERES-NETO, O. Introdução a análises morfométricas. 1995. *Oecologia Brasiliensis*, Universidade Federal do Rio de Janeiro. (PPGENF-UNIRIO) 2:13.
- PARSONS, T.E., KRISTENSEN, E., HORNUNG, L., DIEWERT, V.M., BOYD, S.K., GERMAN, R.Z., ET, AL. 2008. Phenotypic variability and craniofacial dysmorphology: Increased shape variance in a mouse model for cleft lip. *Journal of Anatomy*, 212(2):135–143.

- SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco
- PINEDA J., HARE J.A. e SPONAUGLE, S. 2007. Larval transport and dispersal in the coastal ocean and consequences for population connectivity. *Oceanography*. 20:22–39
- PINHEIRO, M.A.A., MASUNARI, S., BEZERRA, L.E.A., SANTANA, W. e PIMENTA, C. E.R. 2016. Avaliação dos Caranguejos Chama-maré (Decapoda: Ocypodidae). 19:233-251. In: Pinheiro, M. e Boos, H. (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia – SBC, 466 p.
- POPE, D. S. 2000. Testing function of fiddler crab claw waving by manipulating social context. *Behavioral Ecology Sociobiology, Heidelberg*. 47:432-437.
- PIORSKI, N.M., DOURADO, E.C.S. e NUNES, J.L.S. 2007. Análise ecomorfológica de três espécies de peixes do parque estadual marinho do Parcel de Manuel Luiz, nordeste do Brazil. *Boletim do laboratório de hidrobiologia*. 20:69-76.
- QURESHI, N.A. e SAHER, N.U.S. 2012. Burrow morphology of three species of fiddler crab (*Uca*) along the coast of Pakistan. 142(2):114-126
- RIBAS, S.C., VELLOSO, A.L.R., TEIXEIRA-FILHO, P., BARBOSA, O.R., EVANGELISTA, H. e SANTOS, E.A. 2004. Structure of claws and toes of two tropidurid lizard species of Restinga from Southeastern Brazil: adaptations to the vertical use of the habitat. *Revista Chilena de Historia Natural*. 77:599-606.
- RINGOLD, P. 1979. Burrowing, root mat density, and the distribution of fiddler crabs in the eastern United States. Amsterdam. *Journal of Experimental marine Biology and Ecology*, 36: 11-21
- ROBERTSON, A.I. 1991. Plant-animal interactions and the structure and function of mangrove forest ecosystems. *Australian Journal of Ecology* 16:433-443.
- RODRIGUES, R. O., COSTA, T. M. e BARRETO, R. E. 2016: Burrow ornamentation in the fiddler crab (*Uca leptodactyla*): female mate choice and male–male competition, *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, DOI: 10.1080/10236244.2016.1223784
- RODRIGUEZ, G. 1980. Los crustáceos de Venezuela. Caracas: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- ROHLF, F.J. e MARCUS L.F. 1993. A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution* 8:129–132
- ROSENBERG, M.S. 1997. Evolution of shape differences between the major and minor chelipeds of *Uca pugnax* (Decapoda: Ocypodidae). *Journal of Crustacean Biology* 17:52–59.
- ROSENBERG, M.S. 2001 The systematics and taxonomy of fiddler crabs: a phylogeny of the genus *Uca*. *Journal of Crustacean Biology*, 21:839–869.

- SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco
- ROSENBERG, M.S. 2002. Fiddler crab claw shape variation: a geometric morphometric analysis across the genus *Uca* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 75:147-162.
- RUPPERT, E.E. e BARNES, R.D. 1996. Zoologia dos Invertebrados. São Paulo: Roca, ed. 6ª, 1013p.
- RUPPERT, E.E., FOX, R.S. e BARNES, R.D. 2005. Zoologia dos Invertebrados. São Paulo: Roca, ed. 7ª, 1145
- SALMON, M. e ZUCKER, N. 1988. Interpreting differences in the reproductive behaviour of fiddler crabs (genus *Uca*). In: Chelazzi, G. e Vannini, M. (Eds.), Behavioral Adaptation to Intertidal Life. Plenum Press, New York, pp. 387–407.
- SANFORD, E., HOLZMAN, S.B., HANEY, R.A., RAND, D.M. e BERTNESS, M.D. 2006. Larval tolerance, gene flow, and the northern geographic range limit of fiddler crabs. *Ecology* 87: 2882–2894.
- SASTRY, A.N. 1983. Ecological aspects of reproduction. In: VERNBERG, F.J.; VERNBERG, W.B. eds. The Biology of Crustacea: Environmental adaptations. New York, Academic Press, 179-270.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1995. Manguezal, ecossistema entre a terra e o mar. Caribbean Ecological Research, São Paulo. 64p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2000. Grupo de ecossistemas: Manguezal, marisma e apicum. São Paulo: Caribbean Ecological Research.
- SHIH, H.T., NG, P.K.L., DAVIE, P.J.F., SCHUBART, C.D., TÜRKAY, M., NADERLOO, R., JONES, D. e LIU, M.Y. 2016. Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, sensu lato and its subgenera. *Raffles bulletin of zoology*. 64:139–175.
- STEVČIĆ, Z. 1971. The Main Features of Brachyuran Evolution. *Systematic Zoology*. 20:331-340.
- STREELMAN, J.T., ALFARO, M., WESTNEAT, W., BELLWOOD, D.R. e KARL, A. 2002. Evolutionary history of the parrotfishes: biogeography, ecomorphology, and comparative diversity. *Evolution*. 56(5):961-971.
- SWANSON, B.O., GEORGE, M.N., ANDERSON, S. P. e CHRISTY, J.H. 2013. Evolutionary variation in the mechanics of fiddler crab claws. *Evolutionary Biology*. 13:137.
- THURMAN, C.L., FARIA, S.C. e MCNAMARA, J.C. 2013. The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean. *Marine Biodiversity Records*. 6:1-21.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

VAHHOYDONCK, B., VAN DAMME, R. e AERTS, P. 2000. Ecomorphological correlates of habitat partitioning in Corsican lacertid lizards. *Functional Ecology*, 14:358-369.

VITT, L.J., CALDWELL, J.P., ZANI, P.A. e TITUS, T.A. 1997. The role of habitat shift in the Evolution of lizard morphology: Evidence From Tropical Tropicurus. *Evolution*, 94:3828-3832.

ZELDITCH, M.L. *et al.* 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Elsevier Academic Press: New York.

WALKER, I. 1990. Ecologia e biologia dos igapós e igarapés. *Ciência Hoje*, 11(64): 45-53.

WALTER, M. 1970. Vegetação e zonas climáticas; Tratando de Ecologia Global. 1ª Ed. São Paulo, EPU.

WENNER, A.M. 1985. Factors in adult growth. *Crustacean Issues* 4. Rotterdam, A. A., Balkema. 362p.

WEISSBURG, M.1992. Functional analysis of fiddler crab foraging: sex-specific mechanics and constraints in *Uca pugnax* (Smith). *Journal of experimental marine biology and Ecology*, 156: 105-124.

WILSON. E. O. The current State of Biological Diversity. In: E.O. Wilson e F.M. Peter (eds), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

ARTIGO I

(A ser submetido à revista IHERINGIA- Série Zoologia)

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Morfometria comparada das espécies de caranguejo violinistas (Crustacea, Ocypodidae) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Lucas Nunes da Silva¹ e Renata Akemi Shinozaki-Mendes¹

1- Laboratório de Biologia Pesqueira (LAPEq) da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Comparative morphometry of species of fiddler crabs (Crustacea, Ocypodidae) on the Island of Itamaracá - Pernambuco

ABSTRACT

Fiddler crabs, more familiar and abundant inhabitants of mangroves and estuaries in tropical, subtropical and temperate areas of the world, are known for the extreme sexual dimorphism and body asymmetry, where males have a claw up to 5 times larger than the body, used for exhibitionism and combat, are considered good "models" for studies on distribution, behavior and ecology, since different species of this group occur in the same environment, sharing available resources. Therefore, the present study aimed to evaluate allometric behavior in three species of fiddler crab: *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898); *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900) and *Minuca mordax* (Smith, 1870), captured on the coast of Pernambuco State, Brazil. A total of 428 crabs were analyzed, being 232 of the specie L. Thayeri (95 females and 137 males), 116 M. mordax (42 females and 74 males) and 80 L. leptodactyla (35 females and 45 males), captured in the estuary of the Jaguaribe River, that is located in the northeast portion of the Island of Itamaracá, State of Pernambuco, between December 2016 and March 2017. Dimensions of the ventral, dorsal, frontal view and claws were measured. The simple regression analysis of the measured regions shows that the allometric behavior is similar for the young and adults, presenting difference only for the region of the cheliped. In the comparison of parameters between males and females, there were significant differences in the regions that are linked to sexual selection Lq, Cc and L5. Through the principal component analysis (PCA), it was possible to observe the separation of the three species, for both males and females. The separation of females was more noticeable, with a higher overlap of males of *M. mordax* and *L. thayeri*. In the PERMANOVA (one-way) analysis, the groups of females presented significant differences ($p < 0.0001$), in the male individuals, the *M. mordax* and *L. thayeri* species did not present significant differences in the groups separation ($p < 0.2552$). Although recent molecular studies reorganize the group of crab violinists by grouping *L. thayeri* and *L. leptodactyla* in a same genus, data available here reaffirms a greater morphometric divergence among such species, seen in the PCA analysis. Thus, a similarity between *L. thayeri* and *M. mordax* supports the hypothesis that there is a high relation between the allometric behavior of the brachyuras and the occupied habitats.

Key Words: Fiddler crabs, Growth, Allometry, PCA

RESUMO

Os caranguejos violinistas, habitantes mais abundantes de manguezais e estuários nas áreas tropicais, subtropicais e temperadas do mundo, são conhecidos pelo extremo dimorfismo sexual e assimetria corporal, onde os machos apresentam uma garra até 5 vezes maior que o corpo, usada para exibição e combate, são considerados bons "modelos" para estudos sobre a distribuição, comportamento e ecologia, pois diferentes espécies desse grupo ocorrem no mesmo ambiente, compartilhando recursos disponíveis. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a variação alométrica em três espécies de caranguejo violinista, *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898); *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900); *Minuca mordax* (Smith, 1870), capturados no litoral de Pernambuco. Foram analisados 428 caranguejos, dos quais, 232 *L. Thayeri* (95 fêmeas e 137 machos), 116 *M. mordax* (42 fêmeas e 74 machos) e 80 *L. leptodactyla* (35 fêmeas e 45 machos), capturados no estuário do Rio Jaguaribe que está localizado na porção nordeste da Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco, entre dezembro de 2016 a março de 2017. Foram mensuradas dimensões da vista ventral, dorsal, frontal e na quela. Comparando-se os modelos obtidos nas regressões das regiões mensuradas, observa-se que a alometria é semelhante para os jovens e adultos, apresentado diferença apenas para a região do quelípodo entre os machos. Na comparação de parâmetros entre machos e fêmeas, apresentaram diferença significativas as regiões que estão ligadas a seleção sexual Lq, Cc e L5. Através da PCA foi possível notar a separação das três espécies, tanto para machos quanto para fêmeas. A separação das fêmeas foi mais notória ($p < 0,0001$), havendo uma sobreposição apenas dos machos de *M. mordax* e *L. thayeri*, indicando maior semelhança morfométrica entre essas espécies ($p = 0,2552$). Apesar de estudos moleculares recentes reorganizar o grupo do caranguejo violinistas agrupando *L. thayeri* e *L. leptodactyla* em um mesmo gênero, os dados aqui apresentados reafirma uma maior divergência morfométrica entre tais espécies, visto na análise de PCA. Sendo assim a similaridade entre *L. thayeri* e *M. mordax* sustenta a hipótese de que existe uma alta relação entre o comportamento alométrico dos brachyuras e os habitats ocupados.

Palavras Chave: Caranguejos violinista, Crescimento, Alometria, PCA

INTRODUÇÃO

Uma variedade de processos biológicos produz diferenças na forma entre indivíduos, como doença ou lesão, desenvolvimento ontogenético, adaptação a fatores geográficos locais ou diversificação evolutiva de longo prazo. Essas diferenças podem sinalizar diferentes funções desempenhadas pelas mesmas partes, ou ainda respostas diferentes às mesmas pressões seletivas, bem como diferenças nos processos de crescimento e morfogênese (ZELDITCH *et al.*, 2004). Ao longo do processo de crescimento, alguns animais apresentam mudança na proporção entre certas estruturas, fenômeno denominado crescimento relativo, alométrico ou heterogônico, esses processos podem ser responsáveis pelo desenvolvimento de dimorfismo sexual, podendo ser

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

utilizados para predizer estágios de desenvolvimento. Os crustáceos, por exemplo, apresentam taxas de crescimento diferenciais, para algumas regiões do corpo como quela, abdômen e pleópodos (caracteres sexuais secundários), antes e após a maturação, podendo apresentar um significado adaptativo em termos de função na reprodução da espécie, como movimentos de corte, agonísticos ou na incubação dos ovos (HARTNOLL 1974, 1978, 1985; VANNINI e GHERARDI 1988).

Uma análise das diferentes formas desempenha um papel importante em muitos estudos biológicos, como estudos de taxonomia, ecologia, evolução, crescimento e presença de anormalidades, (ZELDITCH *et al.*, 2004), podendo fornecer informações que possibilitam a compreensão da diversidade biológica e os mecanismos de adaptação dos organismos ao ambiente (FUTUYAMA, 2009), sendo assim, as discriminações das variações existentes entre espécies são essenciais para uma gestão sustentável dos recursos (PARSONS *et al.* 2008; HOPKINS e THURMAN, 2009). Os crustáceos, por apresentarem exoesqueleto rígido, são passíveis de medidas precisas e, devido a grandes diferenças no formato associado ao sexo e puberdade, constituem um grupo atrativo para o estudo desse fenômeno (HARTNOLL 1978).

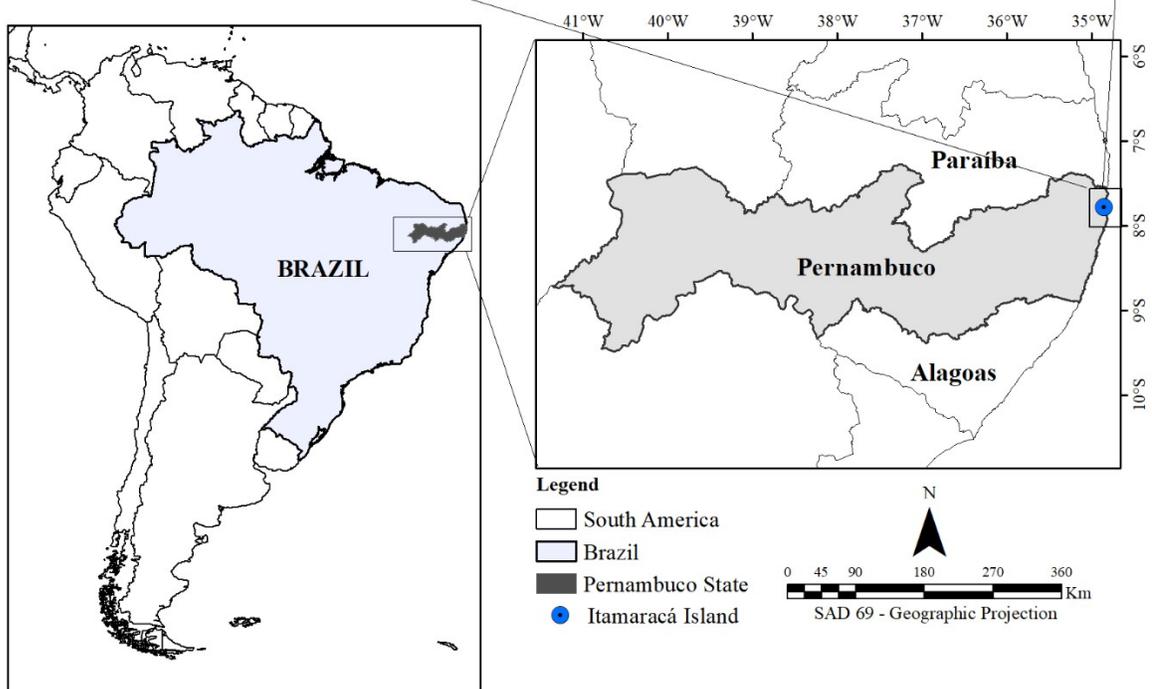
Os caranguejos violinistas são um dos habitantes mais abundantes de manguezais e estuários nas áreas tropicais, subtropicais e temperadas do mundo (CRANE, 1975; THURMAN *et al.*, 2013), apresentam uma forma extrema de dimorfismo sexual e assimetria corporal, onde nos machos a garra menor é usada para alimentação e a garra maior (quatro a cinco vezes maior do que a garra menor e contendo até metade da massa do animal) usada para exibição e combate. Esses caranguejos são considerados bons "modelos" para estudos sobre a distribuição, comportamento e ecologia, pois diferentes espécies desse gênero ocorrem no mesmo ambiente, compartilhando recursos disponíveis, como espaço e alimento (MOKHTARI *et al.*, 2008).

Sabe-se que estudos que envolvam a comparação da variação nos caracteres morfométricos dos mesmos gêneros ou espécies despertam grandes interesses da comunidade científica (WARDIATNO e TAMAKI, 2001; SPIVAK e SCHUBART, 2003; SAMARADIVAKARA *et al.* 2012; QONITA *et al.* 2015). No entanto, estudos voltados para entendimento do padrão morfométrico entre diferentes espécies são escassos para o litoral pernambucano, portanto, o presente estudo teve como objetivo comparar pela primeira vez a variação morfométrica em três espécies de caranguejo violinista, *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898); *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900); *Minuca mordax* (Smith, 1870), capturadas no litoral de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo:

O presente estudo foi realizado no estuário do Rio Jaguaribe que está localizado na porção nordeste da Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. Localizada neste complexo estuarino, a Ilha de Itamaracá, situa-se no litoral norte do Estado de Pernambuco, entre os paralelos (07° 41' e 07° 49' S) e (034° 49' e 034° 54' de W) e 50 Km de distância da capital Recife. É separada do continente por um braço de mar de 22 Km em forma de “U”, com largura máxima de 1,5 Km com 4 m a 5 m de profundidade, denominado Canal de Santa Cruz (ALMEIDA e VASCONCELOS FILHO, 1997). Apresenta como limite Norte a Barra de Catuama (município de Goiana), Sul a Barra de Orange, Oeste o município de Itapissuma e Leste o Oceano Atlântico (FIG. 1).



SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Figura 1: Área de estudo, destacando as estações de coleta dos caranguejos chama marés no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, PE.

Procedimento em campo:

A amostragem foi realizada mensalmente no período de dezembro de 2016 a março de 2017 por meio de capturados durante o período de baixamar. Os indivíduos foram capturados aleatoriamente em seu momento de exibição (fora da toca) manualmente ou ainda induzidos a saírem da toca pelo método de perturbação (escavação da toca) com o auxílio de um aparelho escavador. Todos os pontos eram visitados em um mesmo dia para obtenção das amostras. Os espécimes que apresentaram apêndices perdidos ou anomalia foram desconsiderados.

Foram mensuradas mensalmente as seguintes variáveis abióticas do estuário: temperatura em °C, pH, com auxílio de um multiparâmetro e a salinidade avaliada com um refratômetro. Foram medidas: distâncias mínimas e máximas das tocas de cada espécie em relação com a linha d'água do estuário. Foram ainda amostrados mensalmente sedimentos das áreas de captura através de um coletor artesanal com 12 cm de profundidade para cada ponto de coleta.

Procedimento em Laboratório:

Os indivíduos foram crioanestesiados e posteriormente foram sexados e identificados de acordo com a chave proposta por Bezerra (2012) e Shih *et al.* (2016). Os caranguejos foram em seguida mensurados com o auxílio de um paquímetro de alumínio com precisão de 0,01mm para obtenção dos seguintes atributos morfométricos (Fig. 2): 1 - Comprimento da carapaça (CC); 2 - Largura da carapaça (LC); 3 - Altura do corpo (AC); 4 – Largura da Frente (LF); 5 - Largura do maxilípede (LM); 6 - Comprimento do maxilípede (CM); 7 - Largura do 4º somito abdominal (L4); 8 - Largura do 5º somito abdominal (L5); 9 - Comprimento do abdome (CA); 10 - Altura do quelípodo (AQ); 11 -Comprimento do quelípodo (CPq). Para os machos foi mensurado o quelípodo mais desenvolvido; para as fêmeas apenas o quelípodo direito foi mensurado.

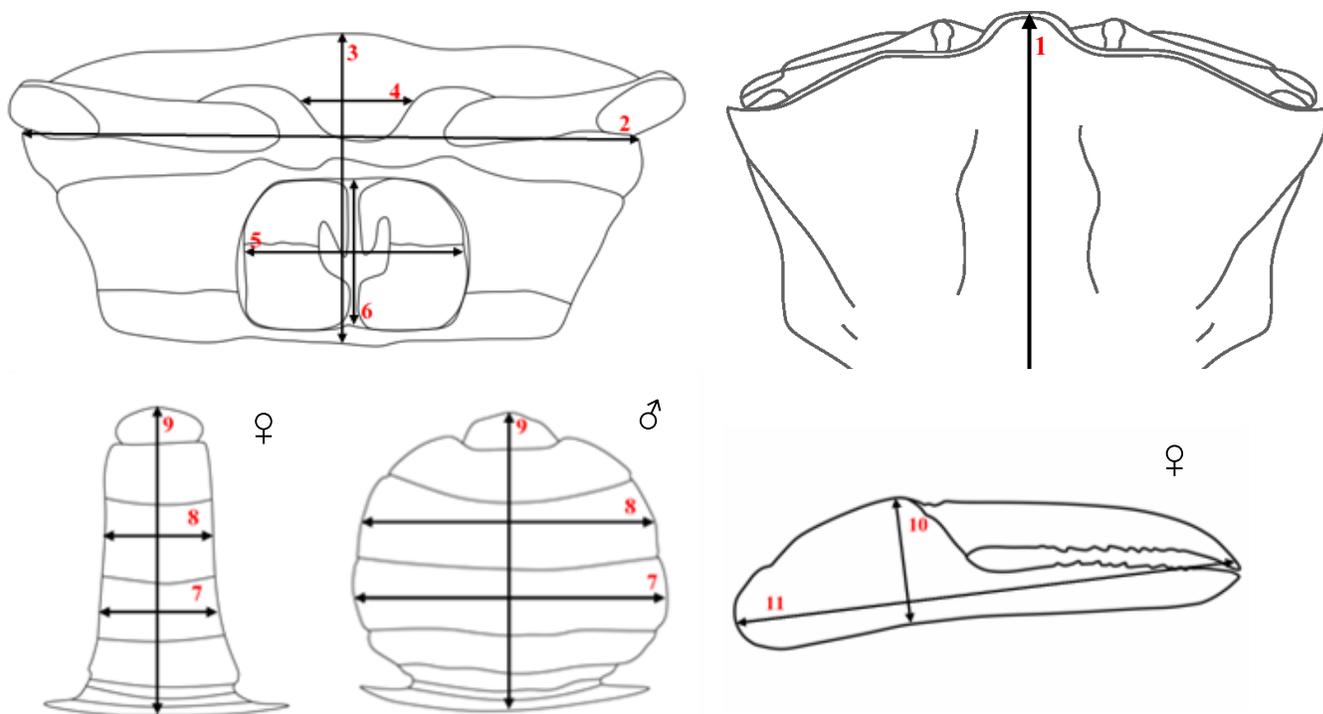


Figura 2: Regiões mensuradas em indivíduos de caranguejos chama marés capturados no estuário do rio Jaguaribe, Itamaracá – PE. 1 - Comprimento da carapaça (CC); 2 - Largura da carapaça (LC); 3 - Altura do corpo (AC); 4 - Largura da frente (LF); 5 - Largura do maxilípede (LM); 6 - Comprimento do maxilípede (CM); 7 - Largura do 4º somito abdominal (L4); 8 - Largura do 5º somito abdominal (L5); 9 - Comprimento do abdome (CA); 10 - Altura do quelípodo (AQ); 11 - Comprimento do quelípodo (Cq). Esquema baseado na espécie *Leptuca thayeri*.

A análise granulométrica foi realizada com base no método do densímetro, proposto pela EMBRAPA (1997). A técnica baseia-se na sedimentação das partículas que compõem o solo. Após a adição de um dispersante químico (Calgon), fixou-se um tempo único (2 horas) para a determinação da densidade da suspensão, equivalente à concentração total de argila. A fração grosseira (areia) foi separada por tamisação e pesada. O silte foi obtido por diferença, sendo o valor restante para atingir 100% da amostra.

Análises Estatísticas:

Foi utilizada tanto a estatística descritiva quanto a média e o desvio padrão da média para avaliar possíveis diferenças estatísticas entre o perfil granulométrico e o teor de matéria orgânica entre os pontos de coleta. Inicialmente, foi testado a normalidade dos erros da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) e a homocedasticidade das variâncias (teste de Cochran) (ZAR, 2010). As variâncias se apresentaram de forma homogênea e homocedásticas ($p < 0,05$), sendo utilizada ANOVA e o teste de Tukey de comparação entre as médias. Com base nessas análises, realizada separadamente para cada elemento, foram adotadas letras iguais quando houve igualdade estatística.

Foram analisadas através da regressão linear as seguintes relações: Lc x Cq; Lc x Ce; Lc x Lf; Lc x L5; Lm x Cm, para as todas espécies, machos e fêmeas, a primeira variável foi tida como variável independente para todas as relações. A largura da carapaça (LC) foi utilizado como a variável independente x, na maioria dos casos, vez que esta é a medida que melhor representa o tamanho total da dimensão de crustáceos, a escolha das variáveis dependentes foi baseada na importância destas estruturas para processo reprodutivo (HARTNOLL, 1982). Foi observado ainda o coeficiente de determinação “ r^2 ”.

A determinação da maturidade morfológica (jovens e adultos) foi baseada no ponto de máxima inflexão das relações entre as estruturas LC x CPq para machos e LC x L5 para fêmeas, as variáveis CPq e L5 foram tidas como variáveis dependentes.

Para determinar a alometria de crescimento foi utilizada a função linear

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x$$

Sendo:

β_0 = constante de intercepto no eixo das ordenadas;

β_1 = constante de crescimento alométrico;

X = variável independente;

Y = variável dependente.

O grau de alometria de cada equação foi analisado através da classificação ($\beta_1 < 1$: alometria negativa; $\beta_1 = 1$: isometria; $2 > \beta_1 > 1$: alometria positiva; e $\beta_1 \geq 2$: hiper-alometria). Os parâmetros β_1 e β_0 foram comparados usando o teste “t” de comparação de modelo entre e dentro as espécies para todas as relações lineares. As relações foram considerados diferentes quando pelo menos um

parâmetro apresentou diferença estatística. Todos os testes estatísticos foram realizados ao nível de significância de 5% (SOKAL e ROHLF, 1995).

Para avaliar a similaridade morfológica entre as espécies, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) separadamente para machos e fêmeas no programa estatístico PAST. Para remover a influência do tamanho dos espécimes nos dados, todas as dimensões corporais foram tratadas como proporcionais ao LC. A LC foi escolhida como a dimensão de referência, uma vez que é considerado como menos sensíveis à distorção entre classes de tamanho (HARRISON; CRESPI, 1999). Para testar a existência de diferença estatística entres as separações dos grupos foi realizado um teste de PERMANOVA (One -way).

RESULTADOS

Foram analisados 428 caranguejos, dos quais, 232 *L. Thayeri* (95 femeas e 137 machos), 116 *M. mordax* (42 femeas e 74 machos) e 80 *L. leptodactyla* (35 femeas e 45 machos). Para a espécie *L. thayeri* a largura da carapaça variou de 0,50 a 2,78 cm para *L. thayeri*; 0,40 a 2,49 cm para *M. mordax* e 0,51 a 1,07 cm para *L. leptodactyla*. Os machos apresentaram tamanhos máximos superiores às fêmeas, tanto no grupo dos jovens como dentre os adultos.

Tabela 1: Distribuição de classe de tamanho para individuos machos e fêmeas e jovens e adultos das especies *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturadas no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamracá – PE no periodo de dezembro/2016 a março/2017. M – macho, F- fêmea.

Classes	<i>L. thayeri</i>		<i>L. leptodactyla</i>		<i>M. mordax</i>		Total
	F	M	F	M	F	M	
0,25 f 0,45	2	1	6	7	1	4	21
0,45 f 0,65	1	1	29	38	12	4	83
0,65 f 0,85	4	11			11	9	35
0,85 f 1,05	17	23			13	24	77
1,05 f 1,25	36	42			3	7	89
1,25 f 1,45	20	34			2	17	71
1,45 f 1,65	8	16				9	33
1,65 f 1,85	6	9					15
Total	95	137	35	45	42	74	428

As análises de sedimento mostram que os locais foram classificados como franco arenoso, de acordo com o triângulo textural. Ao comparar os três pontos de coleta, quanto à composição do sedimento, observou-se diferença na composição, em que o ponto 1 difere na composição de argila do ponto 2 e na composição areia, argila e silte em relação ao ponto 3 sendo, observou-se semelhança para os 2 e 3 em todos os componentes analisados (Tabela 2). O ponto 1, local de captura de *L. leptodactyla*, apresentou valores médios de temperatura de $30,1^{\circ}\text{C} \pm 0,90$, pH de $8,22 \pm 0,24$ e salinidade $36,5 \pm 0,03$. Os pontos 2 e 3, local de captura do *M. mordax* e *L. thayeri* respectivamente, apresentaram valores médios de $30,5^{\circ}\text{C} \pm 0,32$, pH = $7,7 \pm 0,38$ e salinidade de $38 \pm 0,25$ para o ponto 2. O ponto 3 apresentou temperatura média de $31^{\circ}\text{C} \pm 0,43$, pH = $7,4 \pm 0,35$ e salinidade de $35 \pm 0,07$ (Tab. 2).

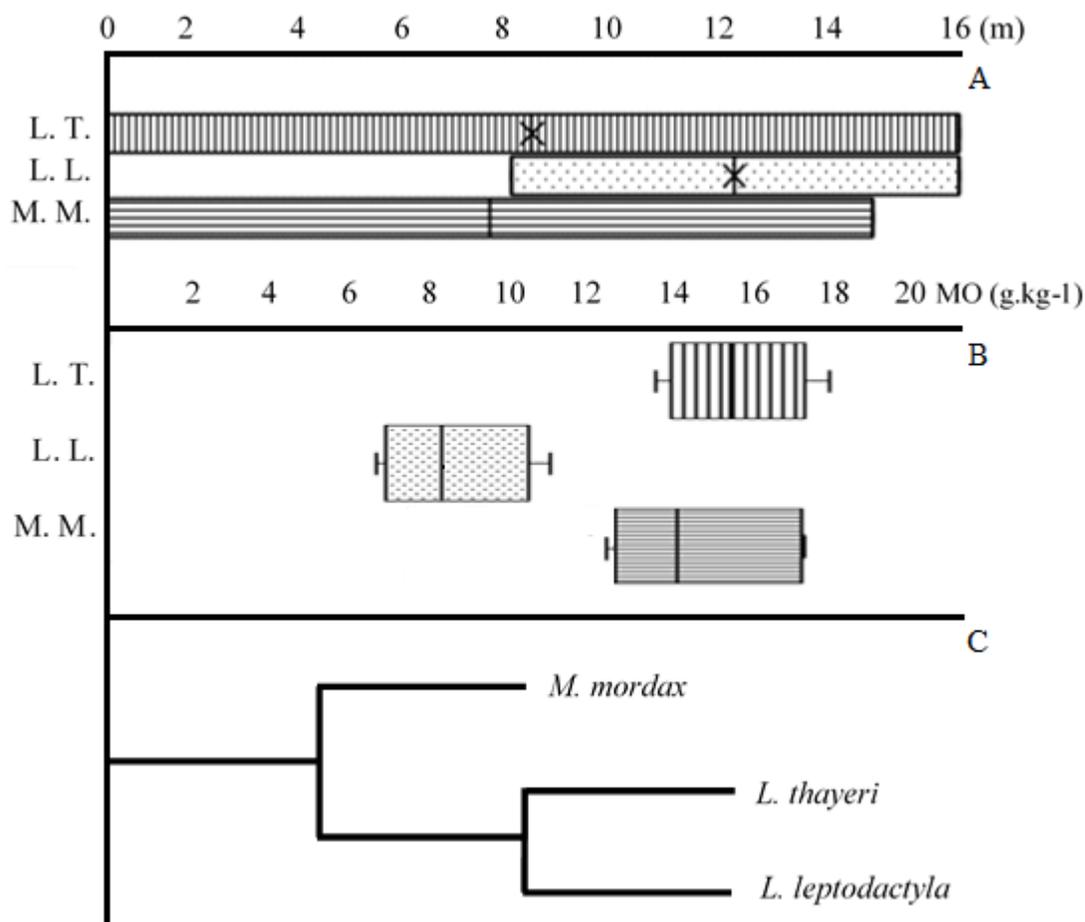
Tabela 2: Estatística descritiva dos dados de propriedades físicas e químicas do solo do estuário do Rio Jaguaribe coletado no período de dezembro/2016 a março/2017. Letras iguais indicam igualdade estatística entre as localidades utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Os parâmetros foram analisados separadamente.

	Média±DP		
	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
Areia	84,03±3,19 ^a	78,94±13,24 ^{ab}	69,47±32,31 ^b
Silte	1,14±2,95 ^a	3,17±9,81 ^{ab}	12,64±36,34 ^b
Argila	14,82±0,23 ^a	17,88±5 ^b	17,88±5 ^b

As distâncias de captura dos espécimes no ponto 1 apresentou distância mínima de 8,4 m e máxima de 16 m da linha d'água, ponto 2 os espécimes foram capturados da linha d'água até 15,5 m, e da linha d'água a 14,6 m no ponto 3. Ao analisar o teor de matéria orgânica (MO), apesar dos pontos apresentarem composição do sedimento diferenciada, os intervalos estatísticos de desvio apresentaram valores semelhante, não havendo diferença significativa ($P > 0,05$). Observou-se que as espécies menos aparentadas, *L. thayeri* e *M. mordax*, com base nas análises de Shih *et al.* (2016), apresentaram preferências por ambientes com teor de MO semelhantes, além de uma maior semelhança na distância das distribuições das tocas em relação a linha d'água. (Figura 3).

Figura 3: Distâncias da distribuição das tocas em relação a linha d'água (A), análise do teor de matéria orgânica (B) e árvore filogenética (adaptada de Shih *et al.* 2016) (C) das espécies *L.*

leptodactyla (L.L.), *L. thayeri* (L.T.) e *M. mordax* (M.M.) capturadas no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá – PE no período de dezembro/2016 a março/2017.



Ao realizar regressões lineares para os indivíduos juvenis o comportamento alométrico se mostrou semelhante os adultos, onde apenas os indivíduos machos apresentaram alometria positiva ($\beta_0 > 1$), para a relação $L_c \times C_q$ e alometria negativa ($\beta_0 < 1$) para as demais relações. Na comparação de parâmetros entre machos e fêmeas, apresentam diferença significativas as regiões que estão ligadas a seleção sexual L_q , C_c e L_5 , já para comparação entre espécies a diferença significativa foi observada na região do maxelípide ($L_m \times C_m$) e na região do quilípede ($L_C \times C_q$) para as fêmeas e na região ventral ($L_c \times L_5$) para os machos. Nos indivíduos adultos entre as variáveis $L_c \times C_q$, observa-se que apenas os espécimes machos apresentam coeficiente alométrico positivo ($\beta_0 > 1$). Nessa relação foi possível notar um tipo de relação hiper-alométrica para todas as espécies. Para as demais relações, $L_c \times C_c$, $L_c \times L_f$, $L_c \times L_5$, $L_m \times C_m$, foi apresentado coeficiente alométricos semelhantes $\beta_0 < 1$ (alometria negativa), para as três espécies *M. mordax*, *L. thayeri*

e *L. leptodactyla*. Quando comparado os coeficientes alométricos entre machos e fêmeas apenas a região frontal para as fêmeas apresentou diferença significativa na espécie de frente intermediária (*L. thayeri*), para comparação entre espécies as regiões da frente (Lc x Lf) e da quela (Lc x Cq) apresentaram diferença significativa nos machos e a região da frente diferença significativa nas fêmeas, observou-se também diferença significativa entre as fêmeas de *M. mordax* e as demais espécies na região ventral (Lc x L5). Ao comparar jovens e adultos, para os machos nota-se que existe diferença estatística para as três espécies na relação Lc x Cq, a espécie *L. thayeri* apresentou ainda diferença Lc x Cc para machos, e Lc x Cc e Lc x Lf para machos e fêmeas. Nas fêmeas notou-se ainda diferença na relação Lc x Cc e Lc x L5 para *M. mordax*, além de Lc x Lf para a *L. leptodactyla* (Tabela 3).

Tabela 3: Relação linear para indivíduos jovens e adultos das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017, A = alometria. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença entre machos e fêmeas (colunas); Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre espécies; Letras itálicas diferentes indicam diferença significativa entre jovens e adultos (analisado separadamente para machos, para fêmeas e para cada relação), com $p < 0,05$.

Relação	Equação (Macho)	R ²	A	Equação (Fêmea)	R ²	A	Espécie
JOVENS							
Lc x Cq	$y = 3,048x - 0,856$ A a a	0,776	+	$y = 0,416x - 0,044$ B a a	0,634	-	<i>L. leptodactyla</i>
	$y = 1,270x - 0,303$ A b a	0,693	+	$y = 0,365x - 0,005$ B a a	0,939	-	<i>L. thayeri</i>
	$y = 1,982x - 0,899$ A c a	0,762	+	$y = 0,295x + 0,040$ B a a	0,854	-	<i>M. mordax</i>
Lc x Cc	$y = 0,748x - 0,110$ A a a	0,826	-	$y = 0,584x + 0,033$ B a a	0,933	-	<i>L. leptodactyla</i>
	$y = 0,586x + 0,087$ A b a	0,939	-	$y = 0,713x - 0,037$ B b a	0,969	-	<i>L. thayeri</i>
	$y = 0,645x + 0,002$ A a a	0,976	-	$y = 0,631x + 0,018$ B b a	0,987	-	<i>M. mordax</i>
Lc x Lf	$y = 0,080x + 0,099$ A a a	0,227	-	$y = 0,229x - 0,010$ A a a	0,626	-	<i>L. leptodactyla</i>
	$y = 0,056x + 0,063$ A b a	0,433	-	$y = 0,052x + 0,063$ A b a	0,423	-	<i>L. thayeri</i>
	$y = 0,133x + 0,023$ A c a	0,773	-	$y = 0,169x - 0,006$ A c a	0,585	-	<i>M. mordax</i>
Lc x L5	$y = 0,219x + 0,008$ A a a	0,451	-	$y = 0,559x - 0,043$ B a a	0,713	-	<i>L. leptodactyla</i>
	$y = 0,221x - 0,006$ A a a	0,875	-	$y = 0,563x - 0,073$ B a a	0,811	-	<i>L. thayeri</i>
	$y = 0,240x - 0,021$ A a a	0,481	-	$y = 0,862x - 0,371$ B b a	0,915	-	<i>M. mordax</i>
Lm x Cm	$y = 0,411x + 0,106$ A a a	0,333	-	$y = 0,498x + 0,081$ A a a	0,770	-	<i>L. leptodactyla</i>
	$y = 0,561x + 0,084$ A a a	0,652	-	$y = 0,679x + 0,039$ A a a	0,799	-	<i>L. thayeri</i>
	$y = 0,658x + 0,037$ A a a	0,927	-	$y = 0,651x + 0,029$ A a a	0,715	-	<i>M. mordax</i>
ADULTOS							
Lc x Cq	$y = 3,808x - 1,648$ A a b	0,470	+	$y = 0,279x + 0,061$ B a a	0,361	-	<i>L. leptodactyla</i>
	$y = 2,608x - 2,096$ A b b	0,780	+	$y = 0,337x + 0,036$ B a a	0,835	-	<i>L. thayeri</i>
	$y = 2,720x - 2,262$ A c b	0,918	+	$y = 0,359x - 0,016$ B a a	0,779	-	<i>M. mordax</i>

Lc x Cc	$y = 0,441x + 0,145$ A a a 0,507 - $y = 0,61x + 0,014$ B a a 0,856 - <i>L. leptodactyla</i>
	$y = 0,604x + 0,099$ A a b 0,959 - $y = 0,689x + 0,001$ B a a 0,981 - <i>L. thayeri</i>
	$y = 0,621x + 0,066$ A a a 0,918 - $y = 0,723x - 0,074$ B a b 0,977 - <i>M. mordax</i>
Lc x Lf	$y = 0,145x + 0,039$ A a a 0,366 - $y = 0,085x + 0,099$ A a b 0,237 - <i>L. leptodactyla</i>
	$y = 0,053x + 0,088$ A b b 0,528 - $y = 0,09x + 0,0165$ B b b 0,761 - <i>L. thayeri</i>
	$y = 0,126x + 0,023$ A c a 0,453 - $y = 0,083x + 0,104$ A c a 0,226 - <i>M. mordax</i>
Lc x L5	$y = 0,213x + 0,014$ A a a 0,386 - $y = 0,600x - 0,092$ B a a 0,595 - <i>L. leptodactyla</i>
	$y = 0,190x + 0,040$ A a a 0,881 - $y = 0,591x - 0,041$ B a a 0,856 - <i>L. thayeri</i>
	$y = 0,176x + 0,080$ A a a 0,836 - $y = 0,616x - 0,006$ B b b 0,892 - <i>M. mordax</i>
Lm x Cm	$y = 0,665x + 0,040$ A a a 0,530 - $y = 0,529x + 0,077$ A a a 0,450 - <i>L. leptodactyla</i>
	$y = 0,712x + 0,030$ A a a 0,778 - $y = 0,709x + 0,046$ A a a 0,832 - <i>L. thayeri</i>
	$y = 0,705x + 0,020$ A a a 0,612 - $y = 0,684x + 0,028$ A a a 0,885 - <i>M. mordax</i>

Ao analisar os Componentes principais para as fêmeas, os dois primeiros eixos da PCA foram responsáveis por 82,58% da variação. O eixo 1 acumulou 61,66% da variação, ao passo que o eixo 2, foi responsável por 20,92% da variação. As dimensões que mais influenciaram então diretamente relacionadas às medidas no abdome: largura do 4º (L4) e do quinto segmento (L5) e o comprimento (CA) do abdome, para ambos os eixos (Tabela 5). Ao analisar a Fig. 3, nota-se que a variação do L4 e L5 apresenta a mesma direção da dispersão dos pontos intraespecíficos enquanto que as demais variáveis separam os grupos por espécies, com maior influência do Comprimento do abdome (CA), Largura da frente (LF) e da Largura do maxilípede (LM).

Dentre os machos, os dois primeiros eixos produzidos pela Análise de Componentes Principais (PCA) acumularam 92,73% da variação. A dimensão que mais influenciou a distribuição das espécies no eixo 1 foi o Comprimento do quelípodo (CPq), respondendo por 88,88% da variação, enquanto no eixo 2, responsável por 3,85% da variação, foram, respectivamente, Comprimento do abdome (CA), Largura da frente (LF), Comprimento da carapaça (CC), Largura do maxilípede (LM) e Comprimento do maxilípede (CM). (Tabela 5). Ao analisar a Fig. 4, nota-se que não há uma tendência tão clara como as fêmeas, porém fica evidente que o CPq não explica a separação das espécies, estando mais relacionado à dispersão dos valores intraespecíficos. A separação das espécies é explicada pelo vetor Comprimento do abdome (CA), na direção do eixo positivo e Largura da frente (LF), Largura do maxilípede (LM) e Comprimento do maxilípede (CM), na direção oposta (Fig. 4).

Tabela 4: Autovalores obtidos na Análise de Componentes Principais (PCA) para os dois primeiros eixos (PC1 e PC2) que explicam a variação das dimensões corpóreas em machos e

fêmeas das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.

Dimensões	Fêmea		Macho	
	PC1	PC2	PC1	PC2
CC	0.16408	-0.20466	-0.036924	-0.40344
L4	0.52926	0.49173	0.0098146	0.11633
L5	0.52857	0.44287	0.010314	0.061985
CA	0.51729	-0.54938	-0.059204	-0.52723
CPq	0.027321	-0.04338	0.982	-0.04874
Aq	0.05895	-0.04920	0.15683	-0.30272
AC	-0.02683	0.087436	0.04432	0.13993
LF	-0.26776	0.34581	0.035106	0.41746
LM	-0.21802	0.24942	0.044248	0.39542
CM	-0.14769	0.15691	0.029095	0.31253
Variância explicada	61,66%	20,91%	90,2%	3,63%

Através da PCA foi possível notar a separação das três espécies, tanto para machos quanto para fêmeas (Fig. 4 e 5), apesar de *L. leptodactyla* e *L. thayeri* estarem no mesmo gênero, nestas análises, estas espécies apresentaram maior separação com base na variação das dimensões corpóreas em machos e fêmeas, analisados separadamente, explicadas pelos eixos (PC1 e PC2). A separação das fêmeas foi mais evidente, havendo uma maior sobreposição dos machos de *M. mordax* e *L. thayeri*. Na análise PERMANOVA (one-way) os grupos de fêmeas apresentaram diferença significativas ($p < 0,0001$), nos indivíduos machos, as espécies *M. mordax* e *L. thayeri* não apresentaram diferenças significativas na separação dos grupos ($p < 0,2552$).

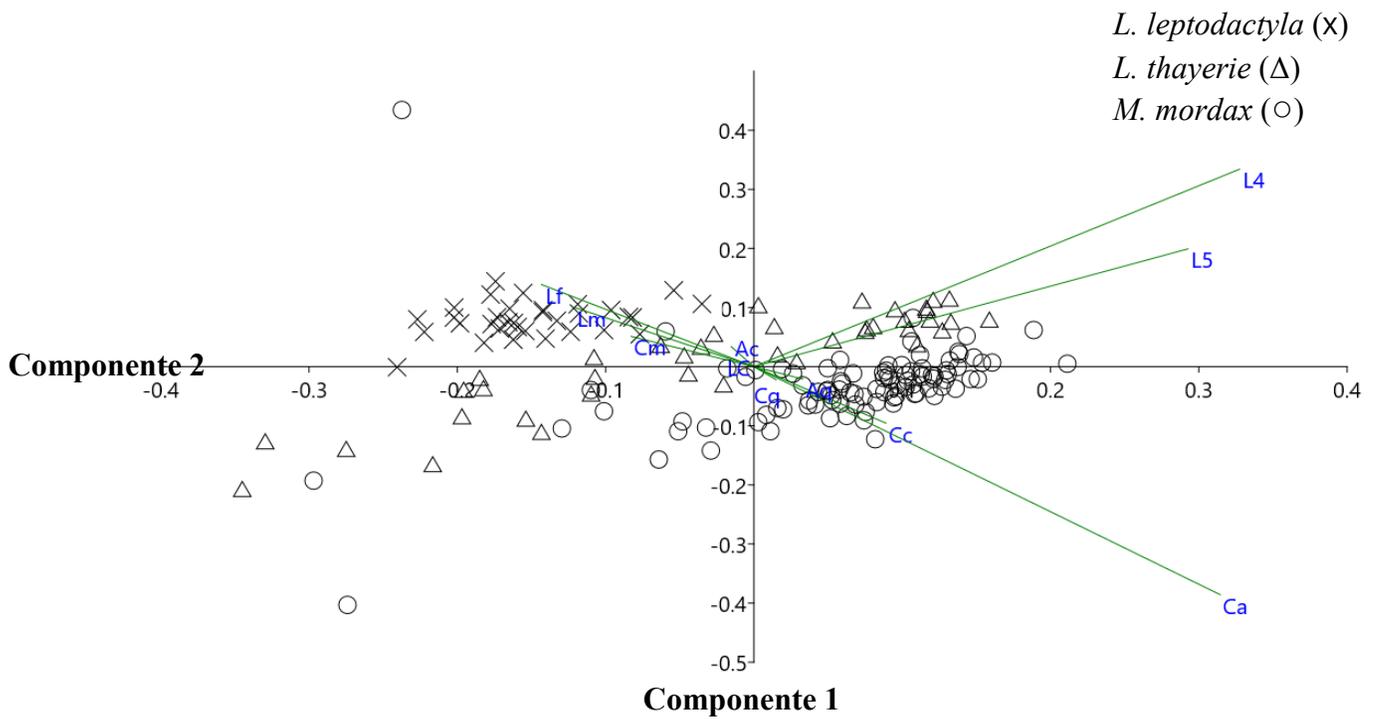
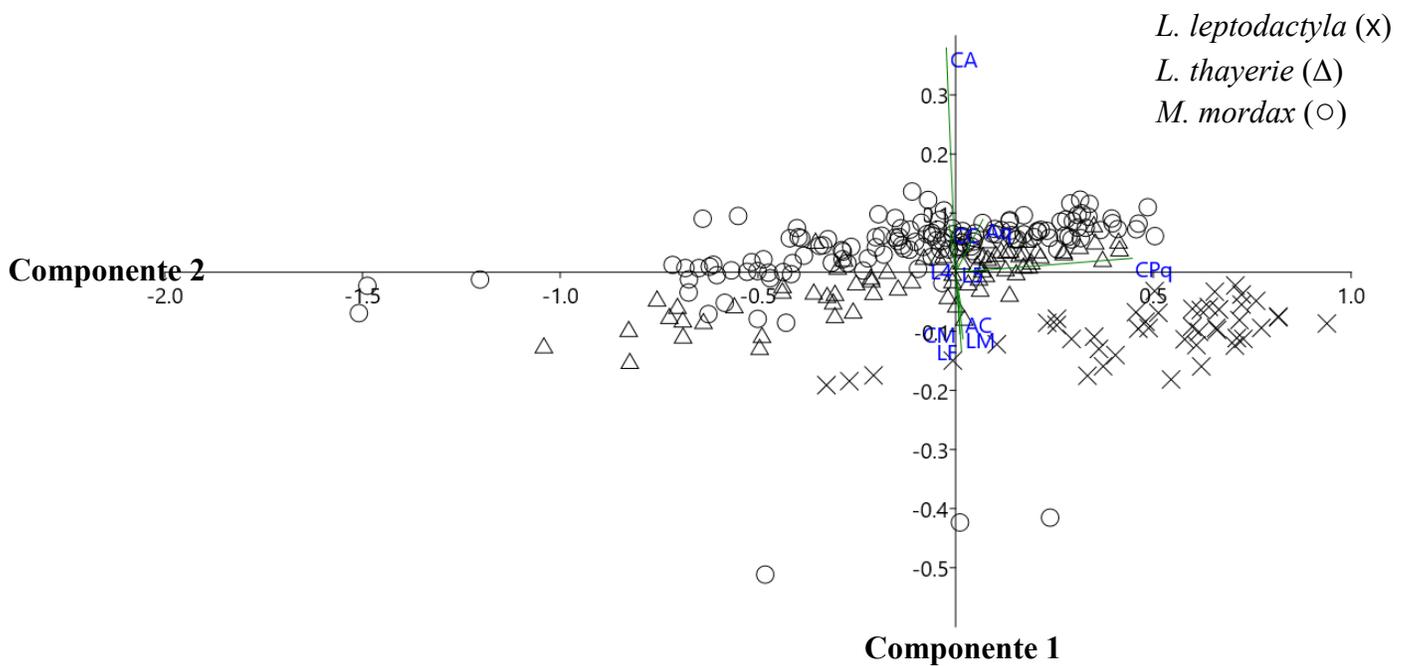


Figura 4: Análise de Componentes Principais das fêmeas e biplot referente à Análise dos Componentes Principais das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayerie* e *M. mordax*, capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.



SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Figura 5: Análise de Componentes Principais dos machos e biplot referente à Análise dos Componentes Principais das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax*, capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.

DISCUSSÃO

Devido a sua abundância e características peculiares, os caranguejos violinistas são uns dos grupos mais amplamente estudados dentre os táxons que vivem em ambiente de manguezal, a sua distribuição é influenciada por diferentes variáveis, como maré, conteúdo de matéria orgânica e salinidade, (Crane 1975; Thurman *et al.*, 2013). No estuário do Rio Jaguaribe na Ilha de Itamaracá – PE, a espécie *Leptuca leptodactyla* foi encontrada em ambiente de características sedimentares mais arenosa, para outros estuários, as espécies *Leptuca thayeri* e *Minuca mordax* se mostrou presente apenas em ambientes com característica mais argilosa, distribuição semelhante foi encontrada por Oliveira (1939); Thurman II (1987); Costa (2000); Masunari (2016) e Rodrigues *et al* (2016).

Thurman (1987) e Bezerra *et al.* (2006), afirmam que a distribuição dos caranguejos violinistas, em ambientes de características granulométricas diferentes, é influenciada pela relação existente entre a anatomia bucal e a granulometria do habitat, no qual as espécies de ambiente menos complexos (ambientes com características mais arenosas) apresentam a morfologia do segundo maxilípede modificada devido a quantidade de setas modificadas. No entanto, Checon e Costa, (2017), com análises multivariadas, relatam que a morfologia dos apêndices da boca, analisada de forma independente, não determina o tipo de habitat que as espécies de Ocypodidae ocupam, e sim que a competição interespecífica pode influenciar tal distribuição das espécies.

No presente trabalho foi analisado a relação alométrica $Lm \times Cm$ onde a espécie que habita ambientes com um maior gradiente de areia apresentou a menor alometria dentre as três espécies, no entanto, estudos com um maior número de espécies devem ser desenvolvidos para comprovar essa tendência.

O dimorfismo no tamanho dos espécimes, em que os machos se mostraram maiores que as fêmeas, é um aspecto já observado em diversos estudos com caranguejo violinistas (BEDÊ *et al.*, 2008; CASTIGLIONI; NEGREIROS-FRANSOZO, 2006; HIROSE; NEGREIROS-FRANSOZO, 2008; COSTA; SOARES-GOMES, 2009; CASTIGLIONI; ALMEIDA; BEZERRA, 2010 e SILVA, 2013). Hartnoll (2006) explica que tal característica está diretamente relacionada à

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

diferença na taxa de crescimento, onde os indivíduos machos direcionam boa parte dos recursos energéticos obtidos na sua alimentação para o crescimento somático. Já as fêmeas acumulam suas reservas energéticas no hepatopâncreas, para que haja o desenvolvimento gonadal e um suporte na manutenção e crescimento da massa de ovos. No entanto, alguns trabalhos com caranguejo violinistas tem apresentado comportamento inverso, onde as fêmeas apresentam um maior tamanho, de acordo com Costa e Negreiros-Fransozo (2003) ao estudarem uma população de *L. thayeri* em Ubatuba – SP e SILVA *et al.* (2013) analisando duas populações de *L. thayeri* em estuários diferentes no município de Tamandaré - PE, Tal fato pode ser influenciado pela diferença na taxa de mortalidade dos indivíduos ou ainda um padrão comportamental diferenciado entre sexo que pode resultar em maior resistência as adversidades ambientais, desequilíbrio espacial e temporal na utilização dos recursos (CRANE, 1975).

Fransozo; Mortari e Benneti, (2009) realizaram estudos com técnica alométrica para a espécie *M. mordax*, em uma população de um manguezal estuarino no litoral sudeste do Brasil, encontrou $\beta < 1$ na relação $L_c \times C_c$ para indivíduos machos adultos, e $\beta < 1$ na relação $L_c \times L_5$ para os indivíduos machos. Cardoso e Negreiros-Fransozo (2004) ao comparar o crescimento para a espécie *L. Leptodactyla* em duas áreas distintas encontraram $\beta < 1$ para $L_c \times C_c$ em indivíduos machos adultos. Castiglione e Negreiro-Fransozo (2004) com a espécie *M. rapax* em duas localidades na cidade de Ubatuba São Paulo, apresenta resultados onde a relação $L_c \times C_c$ apresenta $\beta < 1$ exceto para os indivíduos fêmeas adultas de ambas as localidades. Dentre as fêmeas de *U. leptodactyla*, Masunari e Swiech-Ayoubó (2006) observaram que nas fêmeas jovens o crescimento do abdome apresenta alometria positivo $\beta > 1$, e $\beta = 0$ nas fêmeas adultas. O resultado das alometrias encontrado nas populações do estuário do Rio Jaguaribe divergente dos trabalhos citados anteriormente pode ser explicado devido a relação entre crescimento e disponibilidade de alimentos em habitats distintos como sugerido por Colpo e Negreiros-Fransozo (2003) e von Hagen (1982). Segundo Wenner *et al.* (1974) A disponibilidade de alimentos pode promover diferenças no tamanho máximo que a população pode alcançar e conseqüentemente no tamanho na puberdade. Essa alteração no tamanho pode interferir na alometria das espécies.

Quando analisado a $L_c \times C_q$ as espécies apresentam hiperalometria, onde o tamanho da característica morfométrica, neste caso o comprimento da quela, é desproporcionalmente maior do que o a largura da carapaça (KLINGENBERG, 1996). Corroborando com os resultados

encontrados por Hirose *et al.* (2013) que realizou um estudo comparativo com a espécie de *Uca uruguayensis* de diferentes latitudes no Atlântico do sudoeste e Von Hagen (1987) que verificou que duas populações de *U. tangeri* vivendo em áreas distintas (areia e lama) onde mostra que as populações apresentaram diferentes níveis de alometria, mas ambas as alometrias se mostraram positivas. O comportamento de hiperalometria, se mostra típico de regiões do corpo que são utilizadas em cortejo e comportamentos agonísticos, proporciona aos machos uma superioridade no combate (HARTNOLL, 1982; WARNER 1970), além de facilitar a visualização, pelas fêmeas, dos seus movimentos de cortejos. Esse tipo de crescimento é característico em machos de caranguejos violinistas.

Para as populações de indivíduos fêmeas (jovens e adultos), capturadas no estuário do Rio Jaguaribe, Ilha de Itamaracá – PE, a alometria da região Lc x L4 se mostra negativa nas três espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* o que não foi encontrado por diversos autores em estudos com outros ocipodides (Tabela 6). Entretanto, observa-se que alguns autores utilizaram o transformador logarítmico nas análises, sendo o valor da alometria baseado nos dados transformados, não sendo assim possível a comparação direta. Ao analisar os valores encontrados na presente pesquisa com a mesma transformação (Tabela 7), observa-se a mesma tendência obtida nos demais estudos.

Tabela 5: Resultados alometricos entre o Lc x L5 em indivíduos fêmeas (jovens e adultas) do caranguejo violinista encontrado por diversos autores em diferentes regiões, J = jovens, A = adutos. (=) isometria, (+) alometria positiva, (-) alometria negativa.

<i>Espécie</i>	<i>Local de Estudo</i>	<i>Alometria (J/A)</i>	<i>Referência</i>
<i>U. maracoani</i>	Sirinhaém (Pernambuco)	+/+	Costa (2015)
<i>L. uruguayensis</i>	Brasil/Argentina	=+/++	Hirose <i>et al.</i> (2013)
<i>L. uruguayensis</i>	Guaratuba (Paraná)	+/+	Martins e Masunari (2013)
<i>M. mordax</i>	Ubatuba (São Paulo)	+/+	Fransozo; Mortari; Benetti (2009)
<i>U. cumulanta</i>	Parati (Rio de Janeiro)	+/+	Pralon e Negreiros-Fransozo (2007)
<i>M. mordax</i>	Guaratuba (Paraná)	+/+	Masunari e Dissenha (2005)
<i>U. maracoani</i>	Guaratuba (Paraná)	=/+	Masunari; Dissenha e Falcão (2005)
<i>M. rapax</i>	Ubatuba (São Paulo)	+/+	Castiglioni e Negreiros-Fransozo (2004)
<i>L. thayeri</i>	Ubatuba (São Paulo)	+/+	Negreiros-Fransozo; Colpo e Costa (2003)
<i>L. leptodactyla</i>	Itapoá (Santa Catarina)	+/=	Masunari e Swiech-Ayoub (2003)
<i>L. leptodactyla</i>	Itamaracá (Pernambuco)	-/-	Presente estudo
<i>L. thayeri</i>	Itamaracá (Pernambuco)	-/-	Presente estudo
<i>M. mordax</i>	Itamaracá (Pernambuco)	-/-	Presente estudo

Para os brachyuras, existe a presença de um dimorfismo no crescimento do abdômem, sendo mais acentuado nas fêmeas, geralmente, relacionado as funções reprodutivas (CABO e FRANSOZO, 1998), essa região exibe um aumento pronunciado, para possibilitar uma melhor fixação dos ovos nos pleópodos e proteção destes durante a incubação (Hartnoll, 1982). Além disso, existe um forte direcionamento energético, por partes das fêmeas, necessário para o desenvolvimento de órgãos internos, como o desenvolvimento das gônadas, uma característica de grande importância para seu sucesso reprodutivo, onde é destinado o maior investimento energético (TRIVERS, 1972).

Tabela 6: Análise de regressão logaritimizada Lcx L5 para fêmeas. J = indivíduos jovens; A= indivíduos adultos

Espécie	Equação J	R ²	Equação A	R ²
<i>M. mordax</i>	$\log L5 = 1,9411 \log Lc - 0,3267$	R ² = 0,916	$\log L5 = 1,0201 \log Lc - 0,2174$	R ² = 0,8722
<i>L. thayeri</i>	$\log L5 = 1,2763 \log Lc - 0,3291$	R ² = 0,8829	$\log L5 = 1,0671 \log Lc - 0,2642$	R ² = 0,8394
<i>L. leptodactyla</i>	$\log L5 = 0,988 \log Lc - 0,3138$	R ² = 0,7561	$\log L5 = 1,0173 \log Lc - 0,3037$	R ² = 0,4791

A separação dos grupos das fêmeas sofreu uma maior influência das variáveis L4 e L5, essa característica provavelmente é devido a necessidade das espécies *L. thayeri* e *M. mordax* apresentarem um maior direcionamento para o crescimento do abdome devido à alta produção de massa de ovos, necessitando de um abdome mais robusto. A fecundidade dos caranguejos pode variar quanto ao número de ovos e quanto ao número de desovas por estação reprodutiva, conforme as condições ambientais. Geralmente, espécies que vivem próximas às margens da linha d'água produzem posturas de grande porte com muitos ovos, enquanto espécies mais distantes possuem menores índices de fecundidade (THURMAN, 1985; COSTA *et al.*, 2006).

O comprimento do principal quelípodo (PCA) apesar não explicar a separação dos grupos foi responsável pela discreta separação do grupo *L. leptodactyla* em relação a principal componente 1 (88,8%) na análise de PCA para os machos. A dispersão influenciada pelo CPq, no entanto, está diretamente ligada com a maturidade morfométrica, uma vez que nota-se uma maior dispersão intraespecífica, onde espécimes adultos apresentavam uma quela mais robusta e alinhada, essa separação pode estar ligada a presença de uma quela mais robustas nos indivíduos

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

que habitam regiões mais próximas a linha d'água, que por sua vez, pode estar estritamente relacionado a uma maior exposição a predadores e a densidade populacional dos caranguejos (ZIMMER-FAUST, 1987; GENONI, 1991), uma vez que com a presença de quelas mais robustas e de tamanho elevados poderia causar uma certa intimidação nos predadores.

Apesar de estudos moleculares recentes reorganizar o grupo do caranguejo violinistas agrupando *L. thayeri* e *L. leptodactyla* em um mesmo gênero (SHIH et. al, 2016), os dados aqui apresentados reafirmam uma maior divergência morfométrica entre tais espécies, visto na análise de PCA. Sabe ainda que as espécies *L. thayeri* e *M. mordax* além de apresentarem morfometria similar, apresentam também uma afinidade por ambientes com um maior teor de argila (THURMAN, 2013) divergindo da *L. leptodactyla* que apresenta preferência por solo com característica arenosa, podendo juntos com outros fatores explicar tais padrões de crescimento, como citado por Colpo e Negreiros-Fransozo (2003) e von Hagen (1987), descobrindo que o crescimento pode estar associado à disponibilidade de alimentos em habitats distintos. Alguns autores sugerem que existe uma alta relação entre a morfologia e os habitats ocupados (AGUIRREL et al., 2002; TEIXEIRA; BENNEMANN, 2007; KIRCHHEIM; GOULART, 2010), essa relação pode ser percebida no presente trabalho apresentado na semelhança entre *L. thayeri* e *M. mordax*.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

AGUIRREL, L. F.; HERREL, A.; DAMME, R. e MATTHYSEN, E. 2002. Ecomorphological analysis of trophic niche partitioning in a tropical savannah bat community. *Proc. Biol. Sci.* 269: 1271-1278.

BEDÊ, L. M.; OSHIRO, L. M. Y; MENDES, L. M. D. e SILVA, A. A. 2008. Comparison of the population structure of the species of *Uca* (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) in the mangrove of Itacuruçá, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba. 25: 601-607.

BEZERRA, L. E. A. B.; DIAS, C. B.; SANTANA, G. X.; e MATTHEWS-CASCON, H. 2016. Spatial distribution of fiddler crabs (genus *Uca*) in a tropical mangrove of northeast Brazil. *Scientia Marina* 70: 759-766.

CASTIGLIONI, D. S.; ALMEIDA, A. O. e BEZERRA, L. E. A. 2010. More common than reported: range extension, size–frequency and sex-ratio of *Uca (Minuca) victoriana* (Crustacea: Ocypodidae) in tropical mangroves, Brazil. *Marine Biodiversity Records*. 3: 94.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

CASTIGLIONI, D. S. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2006. Ciclo reprodutivo do caranguejo violinista *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) habitante de um estuário degradado em Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba. 23: 331-339.

CASTIGLIONI, D. S. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2004. Comparative analysis of the relative growth of *Uca rapax* from two mangroves in São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21: 137-144

CARDOSO, R. C. F. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2004. A comparison of the allometric growth in *Uca leptodactyla* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical estuaries. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84: 733-735.

CHECON, H. H. e COSTA, T. M. 2017. Fiddler crab (Crustacea: Ocypodidae) distribution and the relationship between habitat occupancy and mouth appendages, *Marine Biology Research*.

COSTA, C. L. 2015. Maturidade sexual morfológica do caranguejo violinista *Uca maracoani* (brachyura, ocypodidae) no manguezal do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente – UFPE. Vitória de Santo Antão: 48f.

COSTA, T. M. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2003. Population biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical South American mangrove area: results from transect and catch-per-unit-techniques. *Crustaceana*, Leiden. 75: 1201-1218.

COSTA, T. M.; S. M. J. SILVA e M. L. NEGREIROS-FRANSOZO. 2006. Reproductive pattern comparison of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 and *U. uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 49: 117-123.

COSTA, T. e SOARES-GOMES, A. 2009. Population structure and reproductive biology of *Uca rapax* (Decapoda: Ocypodidae) in a tropical coastal lagoon, southeast Brazil. *Zoologia*. 26: 647-657.

COLPO, K. D. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2004. Comparison of the population structure of the fiddler crab *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangrove forests. *Scientia Marina*, Barcelona. 68: 139-146.

CRANE, J. 1975. Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: Genus *Uca*. Princeton, Princeton University Press, 736p.

FRANSOZO, V., MORTARI, R. C. e BENETTI, A. S. 2009. Population biology of *Uca mordax* (Smith, 1870) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) from the southeastern coast of Brazil. *Estud Biol*. 31: 23-31.

GENONI, G. P. 1991. Increased burrowing by fiddler crabs *Uca rapax* (Smith) (Decapoda: Ocypodidae) in response to low supply. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 147: 267-285.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

HAMPTON, K.R., HOPKINS, M.J., McNAMARA, J.C. e THURMAN, C. J. 2014. Intaspecific variation in carapace morphology among fiddler crabs (Genus *Uca*) from the Atlantic coast of Brazil. *Aquatic Biology*. 20: 53-67.

HARTNOLL R. G. 1982. Growth. In Bliss D.E. and Abele L.G. (eds) *The biology of Crustacea: embryology, morphology and genetics*. New York: Academic Press. 111–196.

HARTNOLL, R.G. 1974. Variation in growth patterns between some secondal) sexual characters in crabs (Decapoda: Brachyura). *Crustaceana* 27: 131-136.

HARTNOLL, R.G. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana* 34 (3): 281-293.

HARTNOLL, R.G. 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. *Crustacean Issues* 3: 101-128.

HIROSE, G. L.; FRANSOZO, V.; TROPEA, C.; LOPEZ-GRECO, L. S. e NEGREIROS-FRANZOZO, M. L. 2013. Comparison of body size, relative growth and size at onset sexual maturity of *Uca uruguayensis* (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) from different latitudes in the south-western Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 93: 781–788.

HIROSE G. L. e NEGREIROS-FRANZOZO M. L. 2008. Population biology of *Uca maracoani* Latreille 1802–1803 (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) on the south-eastern coast of Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 3: 373–383.

HOPKINS, M. J. e 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. *Biological Journal of the Linnean Society*. 100: 248–270.

KIRCHHEIM, P. D. e GOULART, E. 2010. Ecomorfologia de predação e antipredação em siluriformes (Osteichthyes). *Oecologia Australis* 14: 550-568.

KLINGENBERG, C. P. 1996. Multivariate allometry, pp. 23-49. In: *Advances in morphometrics*. (L.F. Marcus, M. Corti, A. Loy, G.J.P. Naylor e D.E. Slice, eds.). New York: Plenum Press.

MARTINS, S. B. e MASUNARI, S. 2013. Relative growth in the fiddler crab *Uca uruguayensis* Nobili, 1901 (Brachyura, Ocypodidae) from Garças River mangrove, Guaratuba Bay, southern Brazil. *Nauplius* 21: 35-41.

MASUNARI, S. e DISSENHA, N. 2005. Alometria no crescimento de *Uca mordax* (Smith) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22: 984-990.

MASUNARI, S. e SWIECH-AYOUB, B. P. 2003. Crescimento relativo em *Uca leptodactyla* Rathbun (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 20: 487-491

NEGREIROS-FRANZOZO, M. L., COLPO, K. D. e COSTA, T. M. 2003. Allometric growth in the fiddler crab *Uca thayeri* (Brachyura, Ocypodidae) from a subtropical mangrove. *Journal of Crustacean Biology*, Lawrence. 23: 273-279.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

PRALON, B. G. N. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2007. Relative growth and morphological sexual maturity of *Uca cumulanta* (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) from a tropical Brazilian mangrove population. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 88: 569–574.

QONITA, Y; WARDIATNO, Y. e BUTET, N. A. 2015. Morphological variation in three populations of the pill ark cockle, *Anadara pilula* (Mollusca: Bivalve) of Java, Indonesia. *AAFL Bioflux* 8: 556–564

SAMARADIVAKARA, S. P; HIRIMUTHUGODA, N. Y; GUNAWARDANA, R. H. A. N. M; ILLEPERUMA, R. J; FERNANDOPULLE, N. D; DE SILVA, A. D. e ALEXANDER, P. A. B. D. 2012. Morphological variation of four *Tilapia* populations in selected reservoirs in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research* 23: 105-116.

SILVA, F. B. 2013. Experimentos observacionais sobre o efeito da eutrofização na biologia do caranguejo *Uca leptodactyla* Rathbun, 1898 em áreas estuarinas do litoral de Pernambuco. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Mestrado em Biologia Animal. 80 f.

SILVA, J. V. C. L; AZEVEDO, D. S. e CASTIGLIONI, D. S. 2013. Caracterização e comparação da biologia populacional de *Uca thayeri* (crustacea, ocypodidae) em duas áreas de manguezal do litoral sul de Pernambuco. *Bol. Téc. Cient. CEPENE, Tamandaré – PE*. 19: 53-67.

SHIH, H. T., NG, P. K. L., DAVIE, P. J. F., SCHUBART, C. D., TÜRKAY, M., NADERLOO, R., JONES, D. e LIU, M. Y. 2016. Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, sensu lato and its subgenera. *Raffles bulletin of zoology* 64: 139–175.

SHINOZAKI-MENDES, R. A.; SILVA, J. R. F.; SANTANDER-NETO, J. e HAZIN, F. H. V. 2013. Reproductive biology of the land crab *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Gecarcinidae) in north-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 93: 761–768.

SHINOZAKI-MENDES, R. A.; SILVA, A. A. G; MENDES, P. P. e LESSA, R. 2012. Age and growth of *Callinectes danae* (brachyura: portunidae) in a tropical region. *Journal of Crustacean Biology*. 32: 906-915.

SPIVAK, E. D e SCHUBART, C. D. 2003. Species status in question: a morphometric and molecular comparison of *Cyrtograpsus affinis* and *C. altimanus* (Decapoda, Brachyura, Varunidae). *Journal of Crustacean Biology* 231: 212–222.

TEIXEIRA, I. e S.T. BENNEMANN. 2007. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. *Biota Neotropica* 7: 67-76.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

THURMAN, C. L., FARIA, S. C. e MCNAMARA, J. C. 2013. The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean. *Marine Biodiversity Records*. 6: 1-21.

THURMAN, C. L. 1985. Reproductive biology and population structure of the fiddler crab *Uca subcylindrica* (Stimpson). *Biological Bulletin*. 169: 215–229.

TRIVERS, R. L. 1972. Parental investment and sexual selection. pp. 139-179. In: Sexual selection and the descent of man (B. Campbell, ed.), Chicago: Aldine.

WARDIATNO, Y. e TAMAKI, A. 2001. Bivariate discriminant analysis for the identification of *Nihonotrypaea japonica* and *N. hardmani* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae). *Journal of Crustacean Biology*. 21: 1042–1048.

WARNER, G. F. 1970. Behavior of two species of grapsid crabs during intra-specific encounters. *Behaviour*, Lieden. 36: 9-19.

WENNER, A.M.; C. FUSARO e A. OATEN. 1974. Size at onset of sexual maturity and growth rate in crustacean populations. *Canadian Journal of Zoology*, Ottawa. 52: 1095-1106

VON HAGEN, H.-O. 1982. Visual and acoustic display in *Uca mordax* and *U. Burgersi*, sibling species of neotropical fiddler crabs. I. Waving display. (*Fachbereich Biologie, Zoologie, Philipps-Universität, Marburg/Lahn, B.R.D.*)

ZIMMER-Faust, R. K. 1987. Substrate selection and use by a deposit-feeding crab. *Ecology*. 68: 955-970.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

ARTIGO II

(A ser submetido à revista BIOLOGICAL JOURNAL OF THE LINNEAN SOCIETY)

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Morfometria geométrica das espécies *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898); *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900); *Minuca mordax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Lucas Nunes da Silva¹ e Renata Akemi Shinozaki-Mendes¹

1- Laboratório de Biologia Pesqueira (LAPEq) da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Geometric morphometry of the species *Leptuca leptodactyla* (Rathbun, 1898); *Leptuca thayeri* (Rathbun, 1900); *Minuca mordax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) on the Island of Itamaracá - Pernambuco.

ABSTRACT

The understanding of the morphological variation and its spatial structure is of crucial importance for fundamental questions in evolutionary biology, including speciation patterns and processes, as well as the relation between genotype and phenotype, playing a fundamental role in the taxonomic classification and the understanding of biological diversity. Thus, in light of the morphological variety existing in the Ocypodidae family, we compared the variation of the shape of three species belonging to this family and its possible relation with the environmental characteristics. Forty specimens of each sex of the species *L. leptodactyla*, *L. thayeri* and *M. mordax* were photographed for morphometric analysis (dorsal, ventral and outer region of the largest cheliped for males and right cheliped for females). In the dorsal view, both species and sexes were considered different, based on the distance of Procrustes ($p < 0.0001$), in the ventral view in females, only *L. leptodactyla* and *M. mordax* were considered equal ($p = 0.2491$), for males all the groups showed different with *L. thayeri* and *L. leptodactyla* presenting the highest ($p < 0.0001$). For the female and male, the cheliped region was considered different with *L. thayeri* and *M. mordax* presenting lower distance ($p < 0.0500$) for both sexes. Environmental differences between localities may have a greater impact on carapace morphology than gene flow, so the diversity of environments may arise as a reflection of the morphological variation of this group. Therefore, the morphological characteristics of these crabs are also determining factors for the understanding of the species distribution.

Keywords: Fiddler Crabs, Shape, morphological variety, environmental characteristics.

RESUMO

O entendimento da variação morfológica e sua estrutura espacial é de importância crucial para questões fundamentais na biologia evolutiva, incluindo os padrões e processos de especiação, bem como a relação entre genótipo e fenótipo, exercendo papel fundamental na classificação

taxonômica e no entendimento da diversidade biológica. Desta forma, a luz da variedade morfológica existente dentro da família Ocypodidae comparamos a variação da forma de de três espécies da família Ocypodidae e a possível relação com as características ambientais. Foram fotografados (porção dorsal, ventral e região externa do maior quelípodo para machos e quelípodo direito para fêmeas) 40 exemplares de cada sexo das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri*, *M. mordax* para as análises morfométricas. Na vista dorsal tanto as espécies quanto os sexos foram consideradas diferentes, com base na distancia de Procrustes ($p < 0,001$), na vista ventral nas fêmeas, apenas *L. leptodactyla* e *M. mordax* foram consideradas iguais ($p = 0,2491$), para os machos todos os grupos se mostraram diferentes com *L. thayeri* e *L. leptodactyla* apresentando maiores ($p < 0,0001$). Para a região do quelípodo fêmeas e machos foram consideradas diferentes com *L. thayeri* e *M. mordax* apresentando menor valor de Dist.Proc = 0,0613 ($p < 0,0500$) para machos e fêmeas. As diferenças ambientais entre as localidades têm um impacto maior na morfologia da carapaça do que o fluxo de genes, desta forma, a diversidade de ambientes pode surgir como reflexo da variação morfológica desse grupo. Sendo assim, as características morfológicas desses caranguejos também são fatores determinantes para o entendimento da distribuição das espécies.

Palavras chaves: Caranguejo violinista, Forma, Variação morfológica, Características ambientais

INTRODUÇÃO

As variações morfológicas em populações naturais são dirigidas por forças evolutivas como um rearranjo de cromossomos, adição ou diminuição de ganho e perda de pares de base podendo levar a nova variação adaptativa ao ambiente onde vive (WHITE, 1978; PATTON e SHERWOOD, 1983; RIESEBERG, 2001), sua compreensão tem sido crucial para responder a questões fundamentais na biologia evolutiva (HOPKINS, THURMAN, 2010; LEZCANO *et al.*, 2012). Além disso, fatores abióticos como pH, salinidade e temperatura exercem diferentes pressões seletivas nas populações e com um certo grau de isolamento reprodutivo pode levar à variação geográfica dentro de uma espécie (TREVISAN e MASUNARI, 2010). Para entender as diversas causas de variação e transformação morfológica em determinado grupo ou espécie, se faz necessária uma análise da forma (ZELDITCH *et al.*, 2004), assim, comparar estruturas ou organismos tem sido de grande interesse científico, bem como as causas e os efeitos da variação entre espécies e populações (BOOKSTEIN, 1991). É necessário para o reconhecimento dessas diferenças adaptativas, análises morfológicas (ORENSANZ *et al.*, 1991; CADRIN, 2000)

Blackith (1965) define os estudos com morfometria como sendo estudo estatístico das mudanças e variações na forma e no tamanho que consistem em métodos de diferenciação das formas entre espécies ou organismo. A morfometria pode ter duas abordagens distintas, a

tradicional e a geométrica. A primeira analisa a variação e a covariação entre distancia de pares de pontos, e a segunda é a análise multivariada baseada em pontos anatômicos ou contornos, portanto a morfometria geométrica abrange e possibilita a análise de regiões específicas onde há diferença de forma entre organismos sendo muito utilizada para diferenciação de espécies, e para diferenciar fases de desenvolvimento entre organismos e se há dimorfismo sexual, ou não (REIS, 1988). Estudos que utilizam a morfometria geométrica aumentaram o poder de discriminação nas formas, identificando diferenças morfológicas mínimas nas estruturas corporais despercebidas pela morfometria tradicional (BARRÍA *et al.*, 2011).

Nos crustáceos, os estudos utilizando a morfometria geométrica são particularmente adequados, devido à facilidade e acurácia na identificação dos marcos homólogos no exoesqueleto (ABELLÓ *et al.*, 1990, RUFINO *et al.*, 2004). Nos crustáceos a variação morfológica pode ter sido observada entre diferentes localidades, ambientes ou sequência de desenvolvimento ao longo de sua distribuição geográfica (HOFFMEYER e TORRES, 2001). Estudos recentes com caranguejos violinistas, envolvendo a morfologia desse grupo focando a variação intra e interespecífica foram realizados por Rosemberg (2002), que avaliou a variação intra e interespecífica na forma dos quelípodos no gênero *Uca*; Hopkins e Thurman, (2010) quantificou a variação morfológica na forma de carapaça tanto dentro como entre espécies do gênero *Uca* para a região dos Estados Unidos e México e Hampton *et al.*, (2014) analisaram a divergência morfologia dentro de 10 espécies do gênero *Uca* para a costa brasileira devido a existência de barreira geográfica.

À luz da variedade morfológica existente dentro da família Ocypodidae, o objetivo deste estudo foi descrever e explorar a variação da forma do corpo em três espécies da família Ocypodidae e a possível relação com as características ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de coleta:

Para a realização do presente estudo, foi escolhido o estuário do Rio Jaguaribe, que está localizado na porção nordeste da Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. Complexo estuarino,

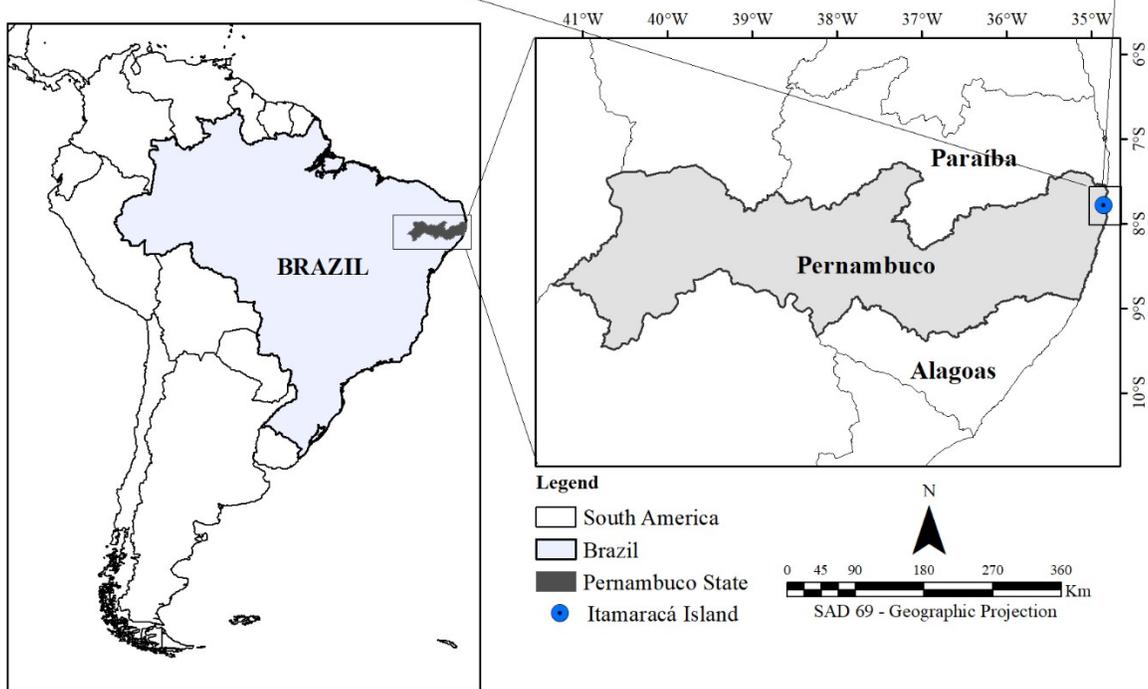
SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

a Ilha de Itamaracá, situa-se no litoral norte do Estado de Pernambuco, entre os paralelos (07° 41' e 07° 49' S) e (034° 49' e 034° 54' de W) e 50 Km de distância da capital Recife (Figura 1). Os pontos foram escolhidos respeitando a biologia das espécies, sendo caracterizados, conforme descrito por Silva e Shinozaki-Mendes (2018).

Ponto 1: Sedimento franco-arenoso com menor quantidade de matéria orgânica, valores médios de temperatura de 30,1°C, pH de 8,22 e salinidade 36,5‰, neste ponto os invidos foram encontrados a distância mínima de 8,4 m e máxima de 16 m da linha d'água durante a maré baixa.

Ponto 2: Sedimento franco reno-arenoso com grande quantidade de matéria orgânica, valores médios de 31,5°C, pH = 7,7 e salinidade de 38‰ . As distâncias de captura dos espécimes, variou de 10,0 cm a 15,5 m da linha d'água durante a baixa-mar.

Ponto 3: Sedimento franco reno-arenoso com grande quantidade de matéria orgânica, temperatura média de 31°C, pH = 7,4 e salinidade de 35‰, com 20,0 cm a 14,6 m de distância até a linha d'água



SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Figura 1: Área de estudo, destacando as estações de coleta dos caranguejos chama marés no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, PE.

Procedimento em campo:

A amostragem foi realizada mensalmente no período de dezembro de 2016 a março de 2017 por meio de capturados durante o período de baixamar. Os indivíduos foram capturados aleatoriamente em seu momento de exibição (fora da toca) manualmente ou ainda induzidos a saírem da toca pelo método de perturbação (escavação da toca) com o auxílio de um aparelho escavador. Todos os pontos eram visitados em um mesmo dia para obtenção das amostras. Os espécimes que apresentaram apêndices perdidos ou anomalia foram desconsiderados. Paralelamente, foram mensuradas as seguintes variáveis abióticas do estuário: temperatura, pH, com auxílio de um multiparametro e a salinidade avaliada com um refratômetro, as variáveis foram selecionadas devido a relação direta com a distribuição das espécies.

Procedimento Laboratorial:

Em laboratório os indivíduos foram armazenados à baixa temperatura, posteriormente foram sexados e identificados de acordo com a chave proposta por Bezerra (2012) e Shih *et al.* (2016). Em seguida, foram mensuradas, com auxílio de um paquímetro com precisão de 0,05mm, o Comprimento da carapaça (CC); Largura da carapaça (LC); Largura do 5º somito abdominal (L5); Comprimento do quelípodo (CPq). Posteriormente foram fotografados 40 exemplares de cada sexo das espécies *L. leptodactyla*, *L. thayeri*, *M. mordax* para as análises morfométricas, totalizando 240 espécimes. Os espécimes foram acondicionados em uma cama niveladora para auxiliar no paralelismo das imagens. Os caranguejos foram fotografados individualmente em sua porção dorsal, ventral e região externa do maior quelípodo para machos e quelípodo direito para fêmeas, com auxílio de câmera digital paralela ao plano horizontal acoplado a um tripé, com lente de distância focal de 50 mm. Para determinar a forma do abdome, foram selecionados 8 marcos anatômicos na vista ventral; 10 marcos anatômicos para determinação da forma da carapaça na vista dorsal e 6 marcos para região do quelípodo, os marcos foram escolhidos e adaptados com base nos trabalhos de (ROSENBERG, 2002), (HOPKINS e THURMAN 2010), (SHINOZAKI-MENDES *et al.*, 2012), sendo escolhidos de forma a refletir a natureza tridimensional dos

espécimes e suas estruturas subjacentes (HOPKINS e THURMAN, 2010). Os marcos (Figura 2) foram distribuídos estrategicamente nos pontos de curvatura máxima ou uniões e digitalizados usando o programa TPSDig, versão 1.39 (ROHLF, 2006).

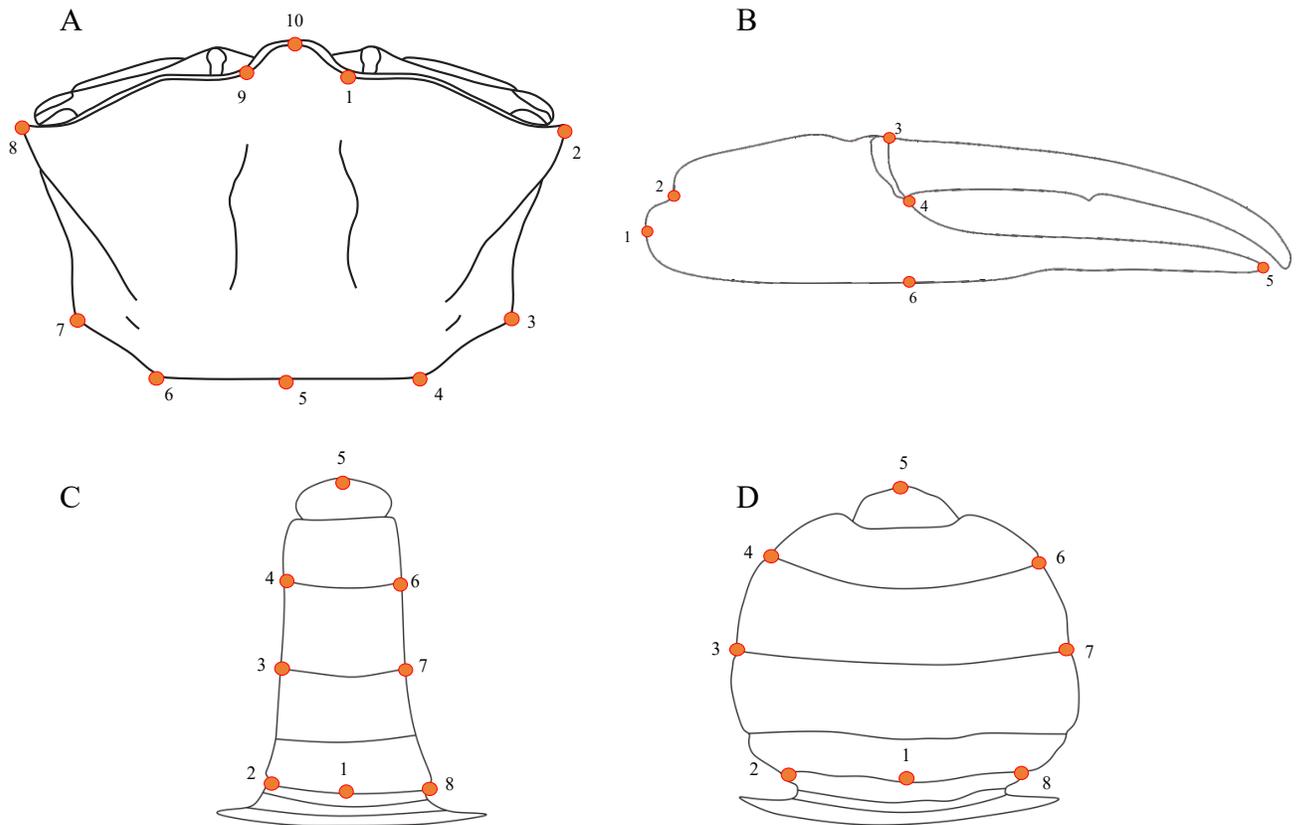


Figura 2: Distribuição dos marcos anatômicos para **Vista dorsal** – A (1, 9- base frontal, 2, 8 – margem antero-lateral, 3, 7 - margem póstero-lateral, 4, 6 – margem posterior, 5 - margem posterior central, 10 – centro da frente,); **Quela** (macho) – B (1- ponto de fixação inferior do carpo com o manus, 2- ponto de fixação superior do carpo com o manus, 3 ponto superior da articulação do dactilo com o manus, 4 - ponto inferior da articulação do dactilo com o manus, 5 – ponta do plex, 6 - linha vertical rastreada do marco 4); **Vista ventral** C (macho) e D (fêmea) (1 – margem anterior central do abdome, 2 - 8 margem anterior do abdome, 3 - 7 margem do 5º somito abdominal, 4 - 6 margem do 6º somito abdominal, 5 – topo do telson), esquema baseado na espécie *Leptuca thayeri*.

Análises estatísticas:

Foi gerada uma Análise de Componentes Principais (PCA) para quantificar a ocorrência de dimorfismo entre as espécies. Foi gerada uma matriz de covariância, contendo fatores referentes aos grupos (espécies) (*Leptuca leptodactyla* - LL, *Leptuca thayeri*- LT, *Minuca mordax* - MM). A

análise de variação canônica foi realizada com 999 permutações. Para esta análise foi definida a Distância de Procrustes entre os grupos, onde maiores valores correspondem ao grau de separação existente entre os grupos, a partir desta distância os espécimes foram classificados em cada grupo. Diferenças entre as formas foram testadas com aplicação de uma Análise Discriminante (DA) em conjunto com o teste de Hotelling (T^2). Com auxílio do programa MorphoJ foram geradas funções da Flexão de Placas Finas (Thin-plate Splines Functions) entre jovens e adultos, machos e fêmeas (KLINGENBERG, 2008). Para reduzir a influência da seleção sexual na morfologia, as análises para a vista ventral e região da quela foram realizadas separadamente para cada sexo.

Foi utilizada a estatística descritiva quanto à média e o desvio padrão da média para avaliar possíveis diferenças estatísticas entre os tamanhos do centroide de machos, fêmeas, (2 grupos analisados separadamente) estabelecidos a partir da análise da vista dorsal, ventral, e da quela dos indivíduos para cada espécie. Inicialmente, foi testado a normalidade dos erros da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) e a homocedasticidade das variâncias (teste de Bartlett) (ZAR, 2010). Para a vista dorsal e da quela, como as variâncias se apresentaram de forma não homogênia e homocedásticas ($p < 0,05$), foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e em seguida os valores das medianas foram comparados utilizando o teste de Student Newman Keuls (ZAR, 2010; MENDES, 1999). Com base nessas análises, foram adotadas letras iguais quando houve igualdade estatística ($p > 0,05$).

RESULTADO

Foram analisadas imagens de *Leptuca leptodactyla* ($n=72$) com tamanhos de cefalotórax que variaram entre 0,51 e 0,98 mm ($0,79 \pm 0,05$ mm); *Leptuca thayeri* ($n=77$), com variação de 0,5 a 2,78 mm ($1,79 \pm 0,20$ mm) e *Minuca mordax* ($n=85$), com variação de 0,4 a 2,49 mm ($1,45 \pm 0,24$ mm).

Análise da vista dorsal:

Na análise de componentes principais (PCA), de acordo com a porcentagem de variância, calculados por ordem decrescente de importância, o primeiro componente explicou 76,0% das variações e o segundo componente, 8,5%. Ao analisar os valores extremos dos eixos, nota-se, em função da PCA1, que a maior variação ocorreu na margem póstero-lateral e posterior, referente

aos marcos 3 e 4 e seus respectivos homólogos. Para a PCA2 a maior variação ocorreu na margem antero-lateral (marco 2) e seu respectivo homólogo (Figura 3).

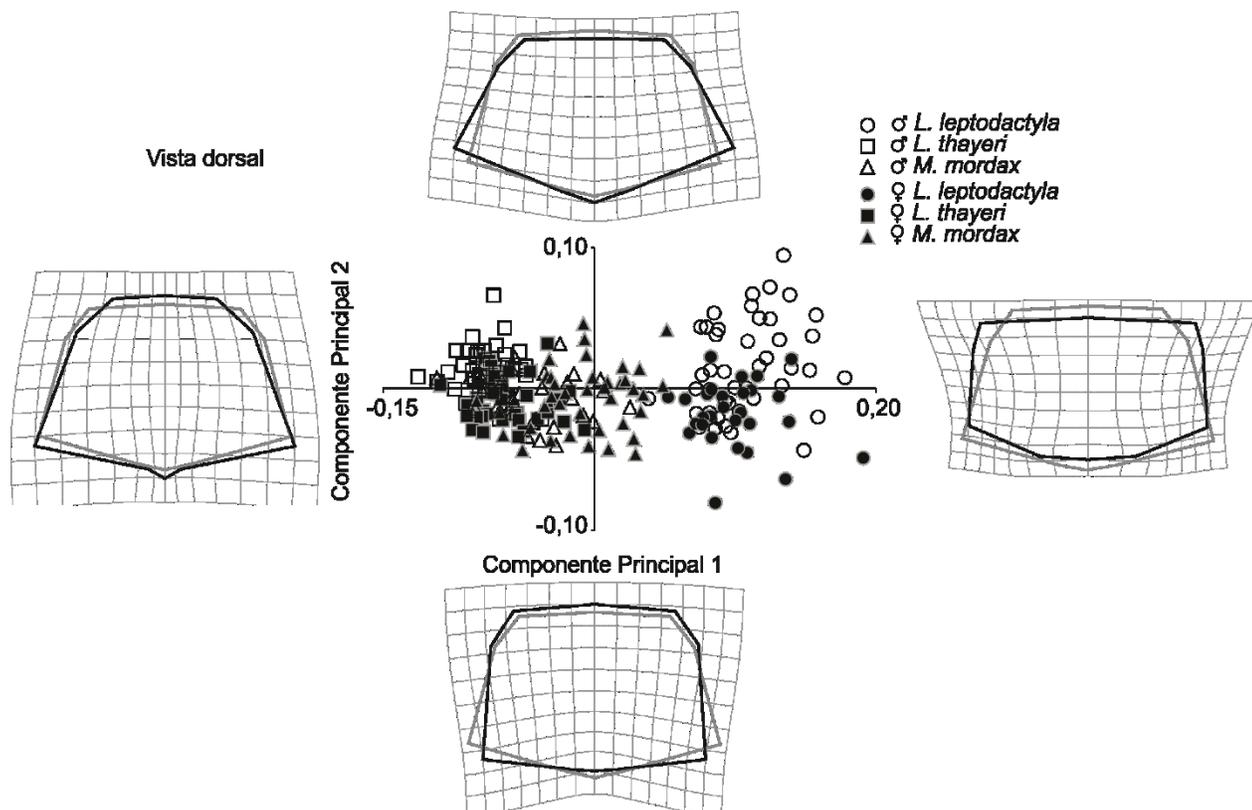


Figura 3: Componentes principais 1 e 2 da variação morfométrica da vista dorsal para machos e fêmeas de *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. As imagens nas extremidades dos eixos indicam a flexão das placas finas da forma média no morfoespaço (aramado cinza) ao valor extremo do eixo (aramado preto).

Na Análise de Variância Canônica (CVA), tanto as espécies quanto os sexos foram consideradas diferentes, com base na distancia de Procrustes ($p < 0,001$) para todas as comparações. As espécies *L. leptodactyla* e *L. thayeri* apresentaram as maiores distâncias, enquanto que a menor separação ocorreu entre os sexos para cada espécie e entre os machos de *L. thayeri* e *M. mordax* (Tabela 1).

Tabela 1: Distâncias de Procrustes para machos e fêmeas das espécies *L. leptodactyla* (LL), *L. thayeri* (LT) e *M. mordax* (MM) capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

	LL -fêmea	MM-fêmea	LT-fêmea	LL - macho	MM- macho
MM-fêmea	0,1072				
LT-fêmea	0,1638	0,0574			
LL- macho	0,0356	0,1173	0,1728		
MM- macho	0,1534	0,0521	0,0321	0,1602	
LT- macho	0,1809	0,0774	0,0307	0,1851	0,0402

Com base na análise discriminante, a principal variação entre *L. leptodactyla* e *L. thayeri*; ocorreu na margem póstero-lateral e posterior referente aos marcos 3 e 4 e seus respectivos homólogos, para *L. leptodactyla* e *M. mordax* e para *L. thayeri* e *M. mordax* a maior variação ocorreu na região frontal e posterior (marcos 1 e 4 e seus respectivos homólogos). Ao analisar a variação intraespecífica (machos e fêmeas) para as espécies *L. leptodactyla* e *L. thayeri* a maior variação ocorreu na região antero-lateral, referente ao marco 2 e seu respectivo homólogo, já para a espécie *M. mordax* a maior variação foi registrada no marco 1 (região frontal), marco 3 (pósterolateral) e o marco 4 (posterior) e seus respectivos homólogos (Figura 4).

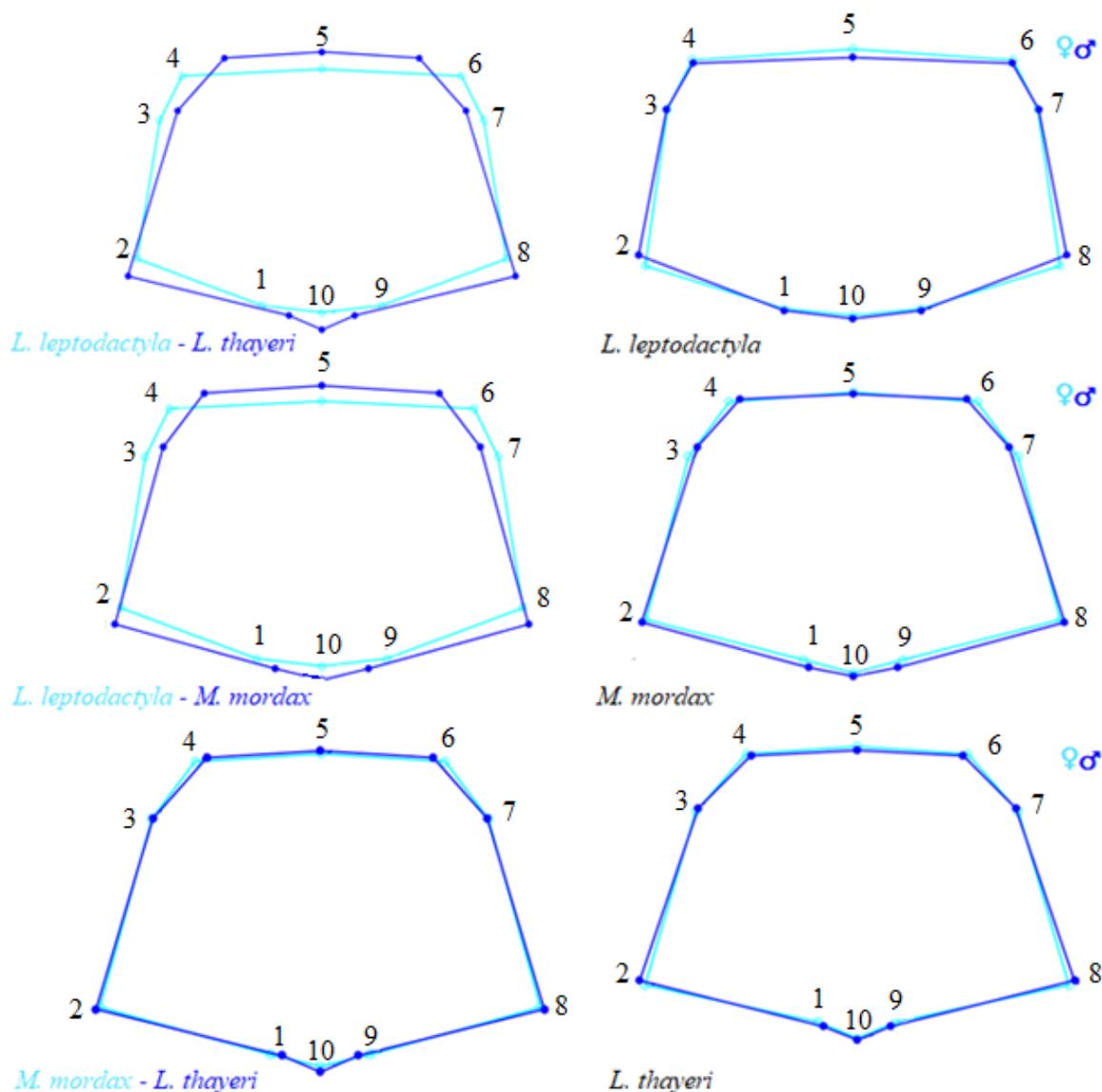


Figura 4: Análise discriminante da vista dorsal para interações par a par intraespecífica (direita) e interespecífica (esquerda) para as espécies, *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.

com base na análise de tamanho de centroide pôde-se inferir que não houve, dimorfismo sexual; Os machos de *M. mordax*, apresentaram tamanhos maiores, se igualando aos espécimes de *L. thayeri*, enquanto que *L. leptodactyla* foram menores que as demais espécies (Figura 5).

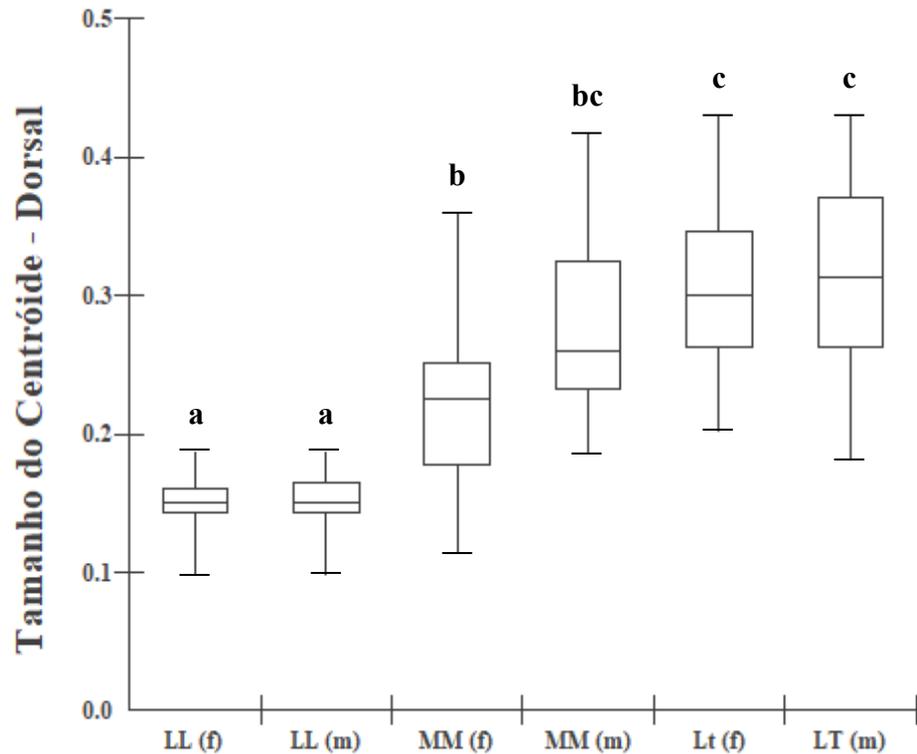


Figura 5: Tamanho do centroide para a vista dorsal de machos (m) e fêmeas (f) das espécies *L. leptodactyla* (LL), *L. thayeri* (LT) e *M. mordax* (MM) capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. (Letras iguais indicam igualdade estatística entre as médias (Student Newman Keuls) ($p < 0,05$). A barra superior indica o limite máximo; o box superior, o terceiro quartil (75%); a barra central indica a mediana; o box inferior, o primeiro quartil (25%) e a barra inferior, o valor do limite mínimo da amostra).

Análise da vista ventral de fêmeas e machos (analisados separadamente)

Na análise de componentes principais (PCA), os dois principais componentes representaram 521,1% e 25,2% da variação das fêmeas e 52,1% e 25,9% da variação dos machos. Ao analisar os valores extremos dos eixos da vista ventral das fêmeas, nota-se em função da PCA1 que a maior variação se refere a região das margens e a região central do segundo seguimento abdominal (marcos 1 e 2 e seus respectivos homólogos). Para a PCA2 a maior variação ocorreu na região do segundo e quinto segmento abdominal (marcos 2 e 4 e seus respectivos homólogos). Na vista ventral dos machos a variação foi menos perceptível, a maior variação ocorreu na região

do segundo e quarto seguimento abdominal (marcos 2 e 3 e seus respectivos homólogos) em função da PCA1, na região do topo do telson (marco 5) em função da PCA2 (Figura 6).

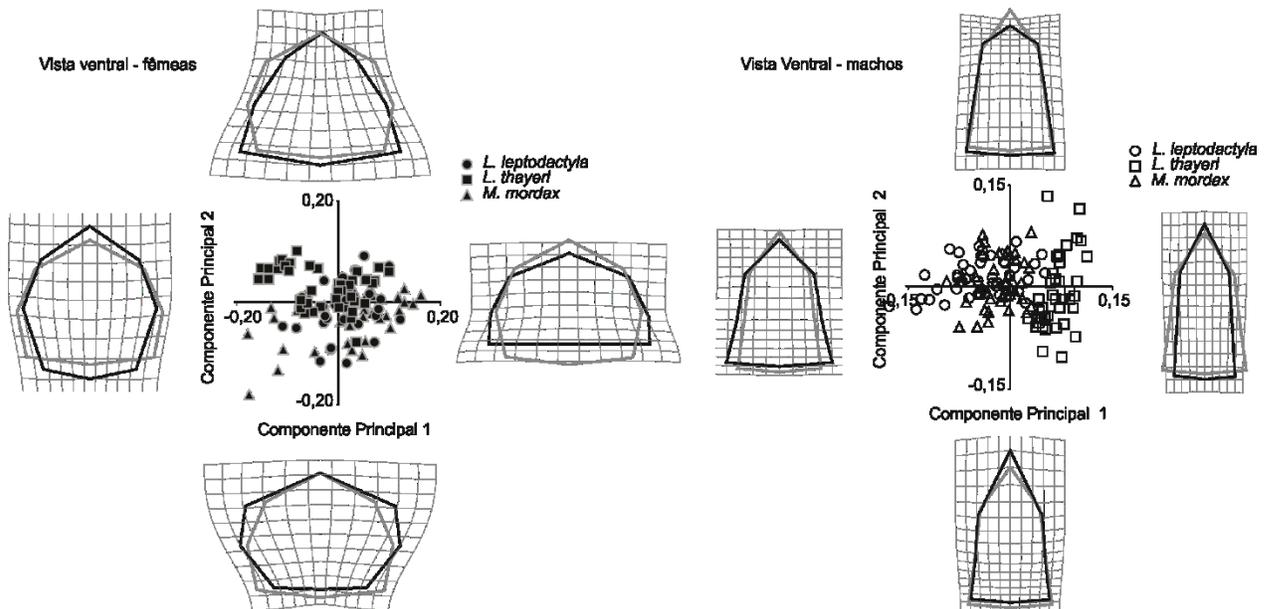


Figura 6: Componentes principais 1 e 2 da variação morfométrica da vista ventral para machos (direita) e fêmeas (esquerda) de *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. As imagens nas extremidades dos eixos indicam a flexão das placas finas da forma média no morfoespaço (aramado cinza) ao valor extremo do eixo (aramado preto).

Na Análise de Variância Canônica (CVA) das fêmeas, apenas *L. leptodactyla* e *M. mordax* foram consideradas iguais, com Distância de Procrustes = 0,0280 ($p=0,2491$). Para os machos, todas as espécies se mostraram diferentes com *L. thayeri* e *L. leptodactyla* apresentando maiores distâncias = 0,1166 ($p<,0001$), ficando a distancia entre *L. leptodactyla* e *M. mordax* igual a 0,0874 ($p=0,0006$). As fêmeas apresentaram um deslocamento notório na região do segundo e quinto segmento abdominal (marcos 2 e 4 e seus respectivos homólogos) quando comparado *L. leptodactyla* e *L. thayeri*, para comparação *L. thayeri* e *M. mordax* a maior variação ocorreu também na região do segundo e quinto segmento abdominal (marcos 2 e 4 e seus homólogos). Nos machos, as principais variações ocorreram na região do segundo e quarto seguimento abdominal (marcos 2, 3 e seus homólogos), além da variação na região do topo do telson (marco 5) para todas as espécies (Figura 7).

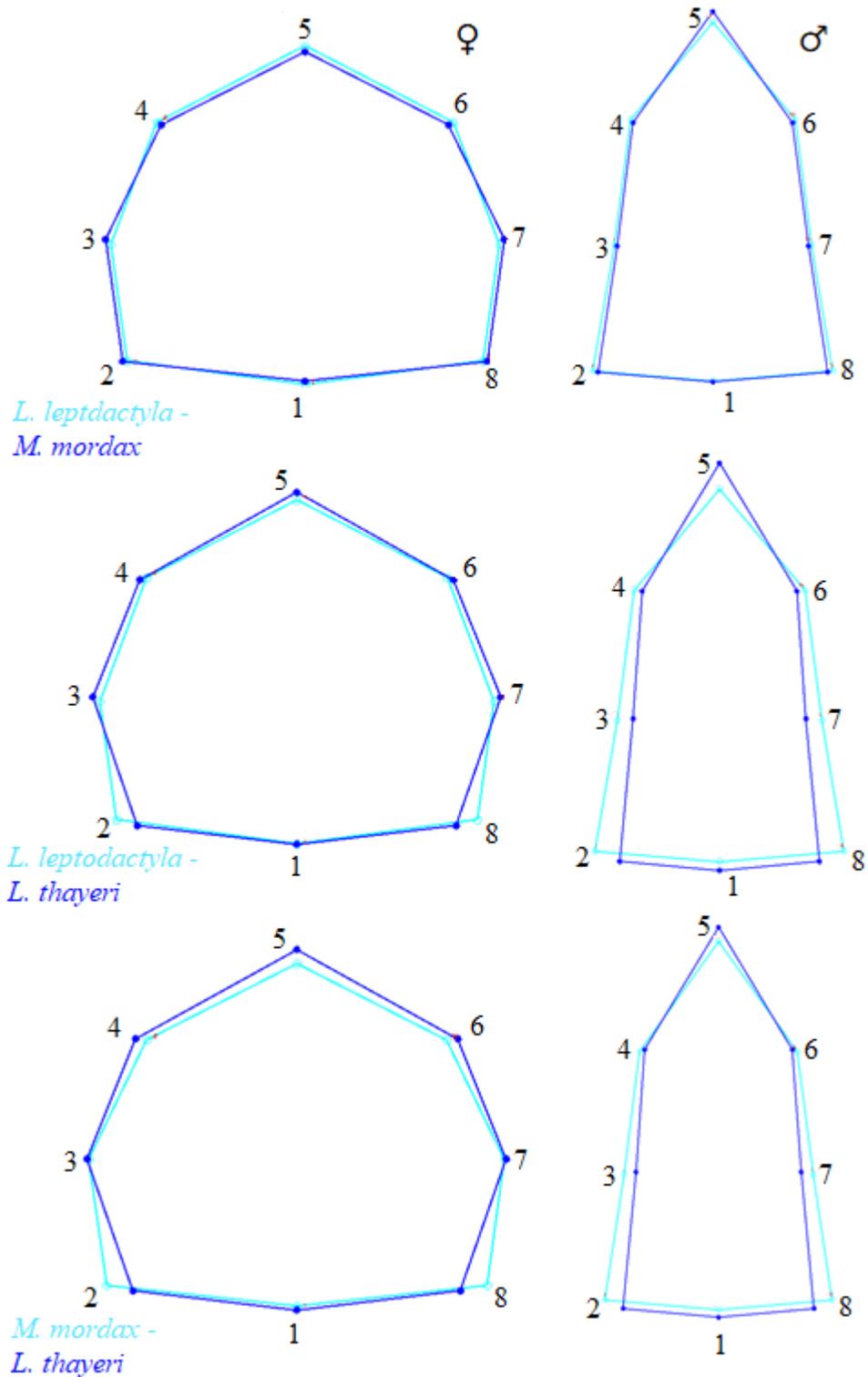


Figura 7: Análise discriminante da vista ventral fêmea (esquerda) e macho (direita) para interações par a par *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017.

Análise da região do quelípodo para fêmeas e machos (Analisados separadamente):

Nas componentes principais (PCA) do quelípodo das fêmeas, as duas principais componentes apresentaram uma explicação na variação da forma de 60,50%. Os marcos de maior variação em função da PCA1 foram o ponto superior de fixação do carpo com o manus (marco 2), ponta do plex (marcos 5) e o ponto de junção entre o manus e o plex (marco 6), já em função da PCA2 foram a região do ponto inferior de fixação do carpo com o manus (marco 1), o ponto superior da articulação do dactilo com o manus (marco 3) e a região da ponta do plex (marco 5). Nos machos, as duas principais componentes foram responsáveis por uma variação de 82,73% as regiões de maior variação em função da PCA1 foram o ponto superior da articulação do dactilo com o manus (marco 3), ponta do plex (marcos 5) e o ponto de junção entre o manus e o plex (marco 6), já em função da PCA2 foram as regiões do ponto inferior da articulação do dactilo com o manus (marco 4), ponta do plex (marcos 5) e o ponto de junção entre o manus e o plex (marco 6), (Figura 8).

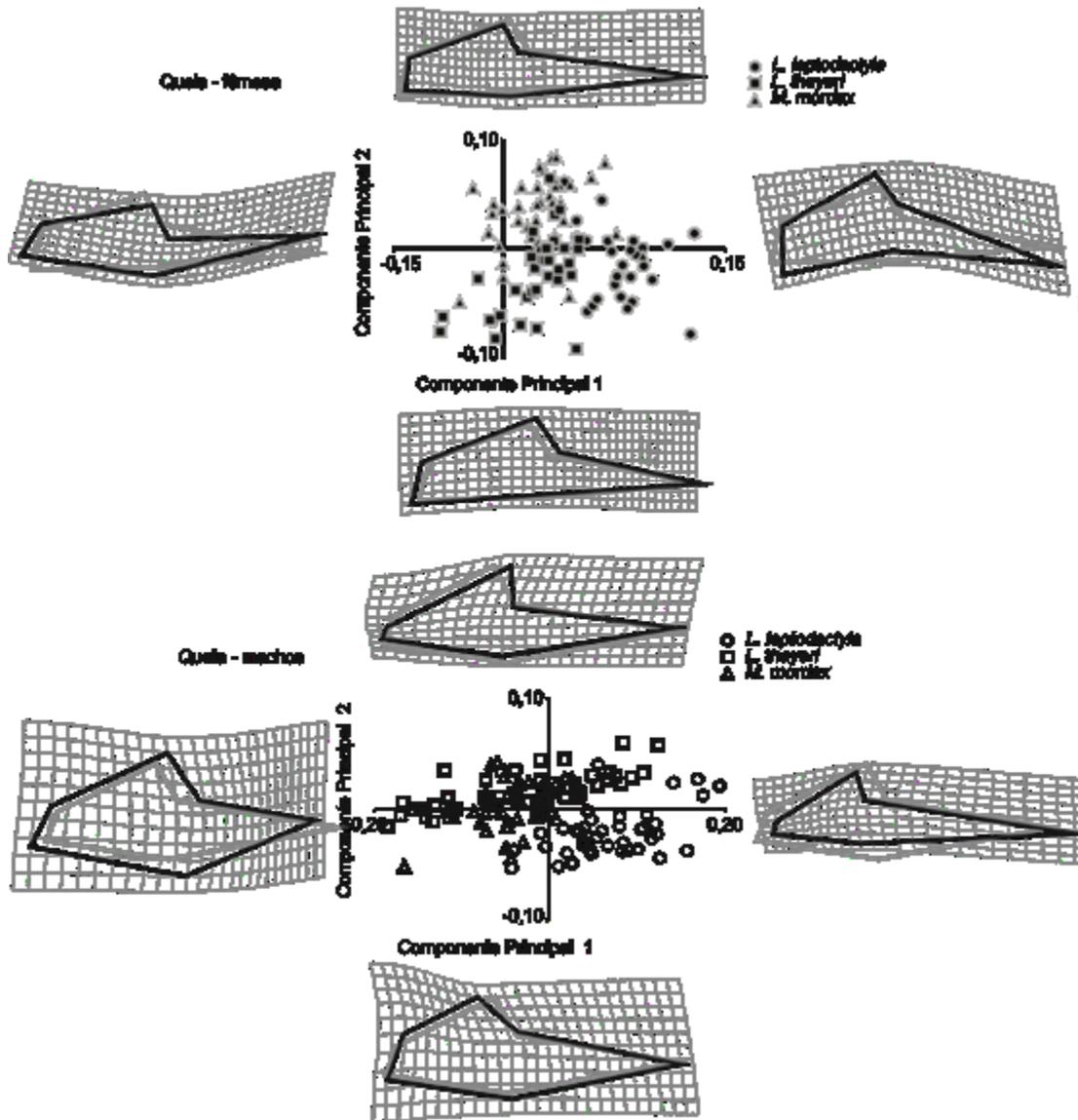


Figura 8: Componentes principais 1 e 2 da variação morfométrica da quela para fêmeas (superior) e machos (inferior) de *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. As imagens nas extremidades dos eixos indicam a flexão das placas finas da forma média no morfoespaço (aramado cinza) ao valor extremo do eixo (aramado preto).

Com base na Análise de variação canônica (CVA) o grupo com maior distância morfológica foi entre *L. leptodactyla* e *M. mordax* para fêmeas (0,08161; $p < 0,0001$) e machos (0,1187; $p < 0,0001$). A menor distância encontrada para as fêmeas e machos foi *L. thayeri* e *M. mordax* com distância de Procrustes de de 0,0613 ($p < 0,0001$) e 0,0308 ($p = 0,0410$), respectivamente.

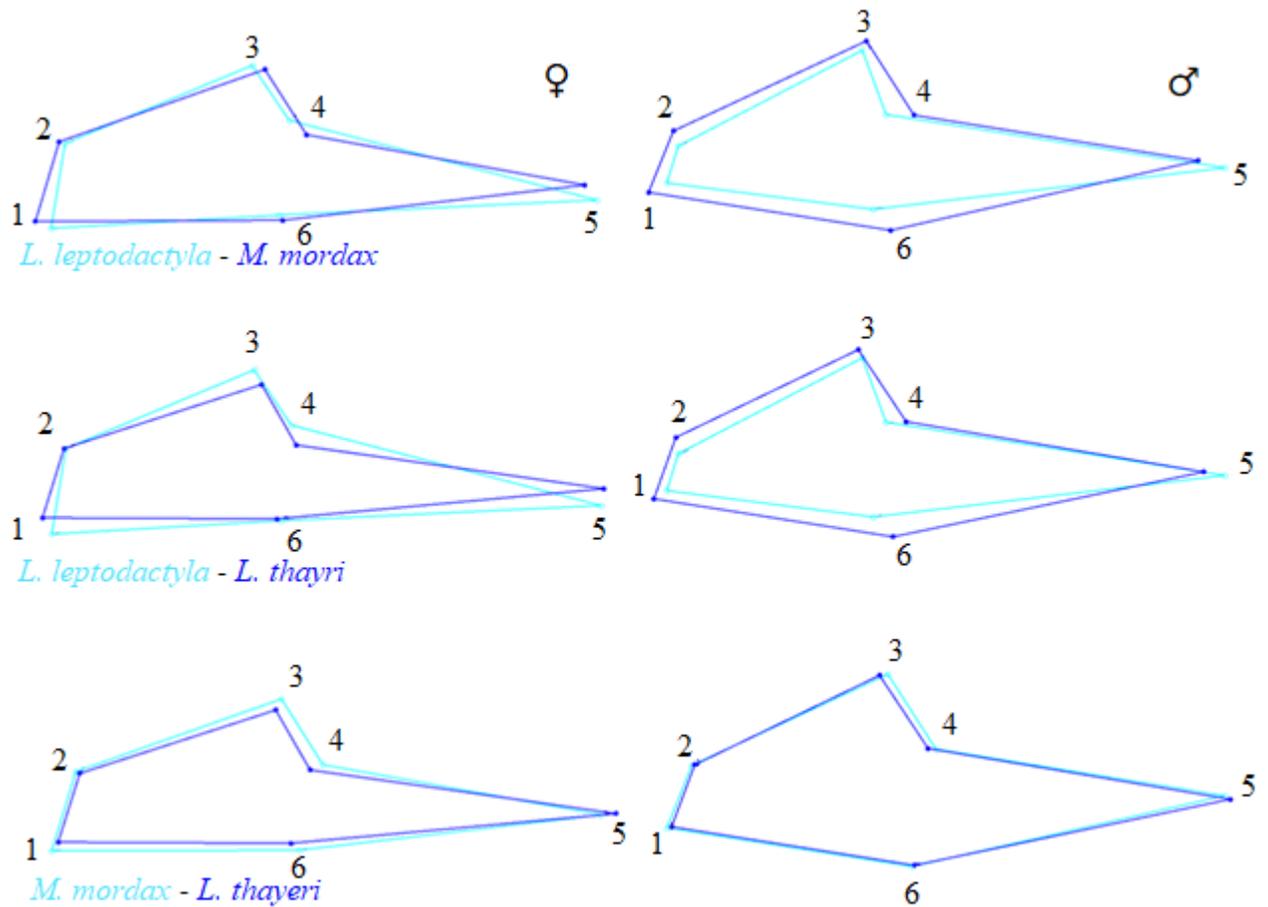


Figura 9: Análise discriminante da quela direita para as fêmeas (esquerda) e do maior quelípodo dos machos (direita) para interações par a par *L. leptodactyla*, *L. thayeri* e *M. mordax* capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017

A análise de tamanho do centroide da quelas permitiu inferir que não existe diferença significativa apenas para indivíduos machos de *M. mordax* e *L. thayeri* ($p= 0,2472$). Para as fêmeas, observou-se diferença significativa ($p<0,0001$) entre todas as espécies (Figura 10).

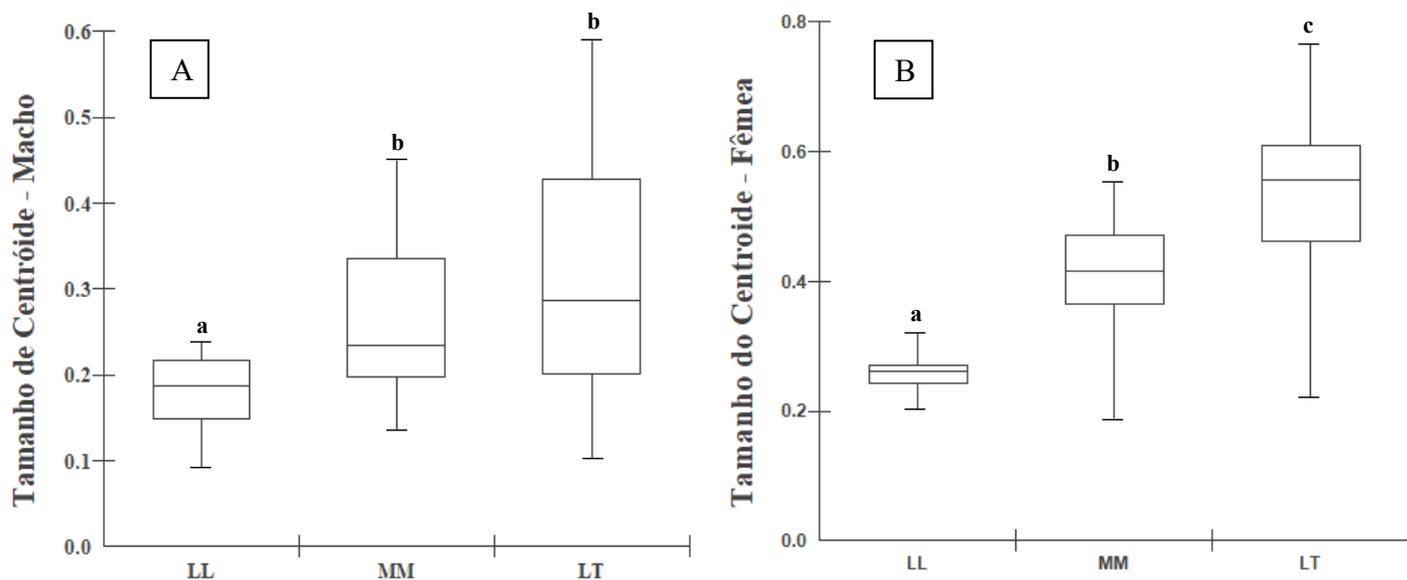


Figura 10: Tamanho do centroide para a quela dos machos (A) e das fêmeas (B) das espécies *L. leptodactyla* (LL), *L. thayeri* (LT) e *M. mordax* (MM) capturados no estuário do Rio Jaguaribe – Ilha de Itamaracá, PE de dezembro/2016 a março/2017. (Letras iguais indicam igualdade estatística entre as medianas (Student Newman Keuls) ($p < 0,05$), A barra superior indica o limite máximo; o box superior, o terceiro quartil (75%); a barra central indica a média e mediana; o box inferior, o primeiro quartil (25%) e a barra inferior, o valor do limite mínimo da amostra).

DISCUSSÃO

No presente estudo todas as espécies são morfologicamente distintas, no entanto, são encontrados padrões de caracteres morfológicos semelhante.

Análise da vista dorsal:

A presença de uma carapaça mais elaborada e robusta encontrada nas espécies *M. mordax* e *L. thayeri* pode se dar devido a distribuição ao longo do ambiente estuarino, em que espécies que vivem em ambientes mais complexo (um maior teor de argila e matéria orgânica), apresentam uma carapaça mais desenvolvida. A forma mais avantajada para a região da carapaça presentes nas espécies que vivem em ambientes lamosos pode surgir como uma estratégia de sobrevivência, pois

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

o risco de predação diminui com o aumento do seu tamanho nos ambientes mais complexos (ORENSANZ e GALLUCI 1988; WAHLE e STENECK 1992, HARRISON e CRESPI 1999).

Para *L. leptodactyla*, a morfologia diminuta encontrada na região da carapaça pode ser resposta de uma diferente força predativa uma vez que as diferentes pressões de predação afetam as variações morfológicas nos animais (LEITE, 2017). Os caranguejos violinistas na fase juvenil/adulta são predados por animais de grande porte, como aves de restingas (PINHEIRO *et al.*, 2016) e alguns pássaros que capturam os caranguejos agarrando-os com seus bicos (RAUT, 1943). Desta forma a presença de caranguejos de menor porte (uma carapaça mais reduzida) em áreas exposta (sem vegetação), como no caso dos espécimes capturados no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, poderia dificultar a sua predação no seu momento de exibição (saída das tocas) auxiliando no sucesso de sobrevivência, adaptando-se morfológicamente à pressão de predação (MARQUEZ *et al.*, 2015). No entanto estudo mais detalhados sobre predação e deslocamento de nicho devem ser realizados para o sustento desta hipótese.

Análise da vista ventral de fêmeas e machos (analisados separadamente)

Apesar de uma maior distância filogenética entre as espécies *M. mordax* e *L. thayeri* (SHIH *et al.* 2016), onde *L. thayeri* apresenta a fisiologia reprodutiva feminina (operação de calcificação, receptividade e periodicidade da incubação) mais semelhante ao gênero *Leptuca* (grupo do qual faz parte atualmente), Benetti *et al.* (2007) afirmam que a semelhança morfológica existente entre estas espécies surge como indicio de uma atuação de convergência evolutiva junto a pressões do ambiente sobre as espécies. Desta forma um padrão emerge em comunidades com organização não aleatória, onde os traços funcionais das espécies estão cada vez mais correlacionados com as características do habitat (WEIHER *et al.* 1998).

A presença de uma maior variação morfológicas da região abdominal entre espécie do *L. thayeri* e *L. leptodactyla* e *L. thayeri* e *M. mordax* para as fêmeas deve ao fato de que seu comportamento reprodutivo apresenta característica das espécies de frente estreita tanto nos indivíduos machos como nos indivíduos fêmeas (SALMON, 1987), onde as fêmeas pertencentes ao grupo de frente larga (ex. *M. mordax*) necessitam de uma região abdominal mais larga para um melhor sustento de sua massa de ovos (CHRISTY e SALMON, 1984; HENMI, 1989) e

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

consequentemente um sucesso de crescimento e manutenção populacional, uma vez que esses indivíduos estão mais susceptíveis a interações negativas (predação e competição), visto que corresponde a um habitat compartilhado com um maior número de espécies (SILVA *et al.*, 2016). A fecundidade em caranguejos violinistas pode variar em média de 2.000 ovos/fêmea para *U. uruguayensis* (fronte larga) (COSTA *et al.*, 2006), para tamanhos, até 45.000 ovos/fêmea para *U. thayeri* (fronte intermediária com comportamento de espécies com frente curta) no sudeste do Brasil (COSTA e NEGREIROS-FRANZOZO, 2003).

Análise da região do quelípodo para fêmeas e machos (Analisados separadamente):

A maioria dos estudos com caranguejos violinista utilizaram um foco alométrico baseados em medidas lineares, todos com abordagem intraespecífica, principalmente para a quela mais desenvolvida, no presente estudo foi analisado as quelas das fêmeas intra e interespecificamente, observando que a maior variação morfológica ocorre entre as espécies *L. leptodactyla* e *M. mordax*, espécies que vivem em ambientes de textura granulométrica diferentes, os espécimes de *M. mordax* apresentam um plex mais afinado em sua base, provocado pelo deslocamento do ponto 4 e o plex mais curto provocado pelo deslocamento do marco 5, corroborando com Crane (1975) que relatou que, em geral, as extensões mais estreitas com serragem tendiam a ser associadas a habitats enlameados, enquanto que as extensões mais largas sem serragem estavam associadas a habitats arenosos. Em um estudo de quatro espécies africanas do leste, Icelly e Jones (1978) descobriram que as espécies de areia possuíam a quela mais longa, a presença de um plex mais cumprido; esse padrão é visto na espécie *L. leptodactyla* onde a variação causada pelo deslocamento do marco 5 sugere uma quela mais cumprida.

Essa diferença morfológica pode ser uma adaptação para exploração do substrato, uma vez que a sua principal função é a obtenção de alimento, ajudando na coleta e transporte de sedimentos do solo para a boca (ROSENBERG, 2002). Assim como encontrado no presente estudo alguns trabalhos confirmam a correlação entre morfologia da quela menor e do gradiente de lama/areia no qual as espécies de areia possuíam o quelípodo mais longo, o gape mais largo e o menor grau de colher nas pontas, em que as espécies que habitam áreas com o maior teor de lama a chela é mais curta e o gape mais estreito (NEIMAN e BARNWELL, 1997); ICELY e JONES, 1978 e CRANE, 1975).

As espécies *M. mordax* e *L. thayeri* também apresentaram maior semelhança na região da quela, onde os deslocamentos dos marcos apresentam um plex mais largo além de um manus mais robusto nas espécies de ambientes mais complexos. As espécies de ambientes mais complexos apresentam uma carapaça mais avantajada, com isso, os machos necessitam de uma quela mais robustas para um sucesso no comportamento agonísticos com outros machos. Segundo Marochi e Mazunari (2016), em estudos ecomorfológicos com caranguejos e siris, baseados em medidas lineares, o comprimento e altura dos quelípedos corresponde um dos caracteres morfológicos que mais influenciaram na distribuição das espécies. Sabendo que cada ecossistema possui características físico-químicas únicas que requer que as espécies adquiram uma série de adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais por diferentes processos evolutivos (MAROCHI *et al.*, 2016) pode-se inferir a existência de uma relação entre a morfologia da quela dos caranguejos violinistas e o tipo de ambiente onde as espécies de ambiente mais lamosos apresentam uma quela com maior robustez.

Para os caranguejos chama-marés, o substrato apresenta grande importância devido a utilização para construção das galerias (tocas) e a obtenção de alimento. Espécies como *L. thayeri* são capazes de construir tocas em lama macia perto de manguezais. Da mesma forma, *M. mordax* podem escavar túneis em habitats argiloso e grande presença de areia, enquanto que *L. leptodactyla* é encontrada em substratos com um maior componente de areia (THURMAN, 2013). Essa relação entre espécies e gradientes ambientais colabora com a explicação da evolução dos organismos (GIOKAS *et al.*, 2013; MÁRQUEZ *et al.*, 2015; SCHALK *et al.*, 2015), onde a filtragem ambiental, ao invés de interações interespecíficas, molda a estrutura das assembléias, favorecendo espécies com características semelhantes para co-ocorrer mais frequentemente dentro de um determinado tipo de habitat do que o esperado por acaso.

No caso dos chama-marés, sua radiação adaptativa, provavelmente está relacionada à extensão do habitat e das fontes de alimentação através de modificações de sua própria morfologia, comportamento, ecologia e fisiologia (CRANE, 1975, CHRISTY e SALMON, 1984). Thurma *et al.*, (2013) afirmam que as diferenças ambientais entre as localidades têm um impacto maior na morfologia da carapaça do que o fluxo de genes, fortalecendo o argumento de Barria *et al.* (2011) que hipotetizaram que as variações morfológicas foram provocadas por respostas adaptativas às condições ambientais. Desta forma, a diversidade de ambientes pode surgir como reflexo da

variação morfológica desse grupo, como sugerido por Crane (1975), que afirma que além dos aspectos populacionais e comportamentais, as características morfológicas desses caranguejos também são fatores determinantes na distribuição das espécies, particularmente em conjunto com estudos de genética populacional, têm o potencial de provocar a importância relativa da seleção e derivação na especificação de direção nessas espécies.

Uma combinação das características ambientais com os aspectos morfológicos pode elucidar questões referentes ao entendimento da distribuição de crustáceos decápodos, uma vez que, esse assunto vem sendo estudado em relação a um amplo número de parâmetros ambientais, como salinidade e características sedimentológicas do substrato, as quais têm sido apontadas como os principais fatores limitantes para um grande número de espécies (FRUSHER *et al.* 1994), dentre eles os grupos dos caranguejos chama-maré (MACINTOSH, 1988).

A correlação entre a variação intraespecífica e o grau de divergência é alta nos gêneros da família ocypodidae, exibindo uma maior disparidade entre os gêneros *Leptuca* e *Minuca* (HOPKINS, 2010). No entanto, se a última filogenia proposta para o grupo estiver correta, os resultados obtidos no presente estudo apresentam a espécie *L. thyaeri* mais afastado do gênero e com uma morfologia mais "Minuca". A descrição da variação surgiu como o primeiro passo na compreensão da evolução de uma estrutura morfológica complexa sob seleção sexual, o próximo é o estudo de como esta variação se relaciona especificamente com as diferenças na função moderada do comportamento. Nossos resultados sugerem que os traços morfológicos das espécies são indicadores importantes do uso do habitat e da especialização de nichos, um quadro útil para entender a organização dos ocypodides. Em particular, esse quadro seria útil para entender as consequências de alterações nas condições ambientais (por exemplo, mudanças climáticas, fragmentação do habitat) na diversidade funcional dos caranguejos violinistas.

REFERENCIAS

ABELLÓ, P.; PERTIERRA, J. P. e REID, D. G. 1990. Sexual size dimorphism, relative growth and handedness in *Liocarcinus depurator* and *Macropipustuberculatus* (Brachyura: Portunidae). *Scientia Marina*. 54: 195-202.

- SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco
- BARRÍA, E. M.; SEPÚLVEDA, R. D. e JARA, C. G. 2011. Morphological variation In *Aegla Leach* (Crustacea: decapoda: Aeglidae) from central- southern Chile: Interspecific differences, sexual dimorphism and spatial segregation. **Journal of Crustacean Biology**. 31:231–239.
- BENETTI, A. S., NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. e COSTA, T. M. 2008. Population and reproductive biology of the crab *Uca burgersi* (Crustacea: Ocypodidae) in three subtropical mangrove forests. **Revista de Biología Tropical**. 55: 55-70.
- BEZERRA L. E. A. 2012. The fiddler crabs (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae: genus *Uca*) of the South Atlantic Ocean. **Nauplius** 20: 203–246.
- BLACKITH, R. E. 1965. Morphometrics. In Waterman TH, Horowitz HJ (Eds.) Theoretical and Mathematical Biology, Blaisdell Publishing Company, Newyork, 9: 225–249.
- BOOKSTEIN, F. L. 1991. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press, New York, NY
- CRANE, J. 1975. Fiddler crabs of the world. Ocypodidade: Genus *Uca*. Princeton, Princeton University Press, 736p.
- CHRISTY, J. H. e SALMON, M. 1984. Ecology and evolution of mating systems of fiddler crabs (Genus *Uca*). **Biological Reviews**, 59: 483-509.
- COSTA, T. M. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2003. Population biology of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical South American mangrove area: results from transect and catch per unit effort techniques. **Crustaceana**. 75: 1201-1218.
- COSTA, T. M.; SILVA, S. M. J. e NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2006. Reproductive pattern comparison of *Uca thayeri* Rathbun, 1900 and *U. uruguayensis* Nobili, 1901 (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 49: 117-123.
- FRUSHER, S. D.; GIDDINS, R. L. e SMITH, T. J. 1994. Distribution and abundance of grapsid crabs (Grapsidae) in a mangrove estuary: effects of sediment characteristics, salinity tolerances, and osmoregulatory ability. **Estuaries and Coasts**. 17: 647-654.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

GIOKAS, S.; PÁLL-GERGELY, B. e METTOURIS, O. 2013. Nonrandom variation on morphological traits across environmental gradients in a land snail. **Evol Ecol** 28: 323-340.

HAMPTON, K. R.; HOPKINS, M. J.; MCNAMARA, J. C. e THURMAN, C. L. 2014. Intraspecific variation in carapace morphology among fiddler crabs (Genus *Uca*) from the Atlantic coast of Brazil. **Aquatic Biology**. 20: 53–67.

HARRISON, M. F. e CRESPI, B. J. 1999. A Phylogenetic Test of Ecomorphological Adaptation in Cancer Crabs. **Evolution**. 53: 961-965.

HENMI, Y. 1989. Life-history patterns is two forms of *Macrophthalmus japonicus* (Crustacea: Brachyura). **Marine Biology**, Berlin. 101:53-60

HOFFMEYER, M. S. e TORRES, E. R. 2001. Morphometric variables and individual volume of *Eurytemora americana* and *Acartia tonsa* females (Copepoda, Calanoida) from the Bahía Blanca estuary, Argentina. **Hydrobiologia** 459: 73–82.

HOPKINS, M. J. e 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. **Biological Journal of the Linnean Society**, 1: 248–270.

ICELY, I. D. e JONES, D. A. 1978. Factors affecting the distribution of the genus *Uca* (Crustacea: Ocypodidae) on an east African shore. **Estuar Coast Mar Sci** 6: 315-325.

KLINGENBERG, C. P. 2008. Software MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. Disponível em: <www.flywings.org.uk>.

LEITE, R. D. 2017. Variabilidade morfológica das populações de *Aegla parana* Schmitt, 1942, (Crustacea, Aeglidae) ocorrentes ao longo da bacia do Rio Iguaçu, estado do Paraná. Dissertação do Curso de Pós-Graduação em Zoologia, da Universidade Federal do Paraná. 75p.

LEZCANO, A. H.; GONZÁLEZ-JOSÉ, R.; SPIVAK, E. D. e DELLATORRE, F. G. 2012. Geographic differences in the carapace shape of the crab *Cyrtograpsus afnis* (Decapoda: Varunidae) and its taxonomic implications. **Sci. Mar.** 76: 329-337.

MAROCHI, M. Z. e MASUNARI, S. 2016. Ecomorphology of crabs and swimming crabs

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

(Crustacea Decapoda Brachyura) from coastal ecosystems. **Brazilian Journal Of Oceanography**. 64: 137-148

MAROCHI, M. Z.; TREVISAN, A.; GOMES, F. B. e MASUNARI, S. 2016. Dimorfismo sexual em *Hepatus pudibundus* (Crustacea, Decapoda, Brachyura). **Iheringia, Série Zoologia**, 106.

MÁRQUEZ, F.; VILELA, R. A. N.; LOZADA, M. e BIGATTI, G. 2015. Morphological and behavioral differences in the gastropod *Trophon geversianus* associated to distinct environmental conditions, as revealed by a multidisciplinary approach. **Journal of Sea Research** 95: 239–247.

MACINTOSH, D. J. 1988. The ecology and physiology of decapods of mangrove swamps. **Symposium of the Zoological Society of London**. 59: 315-341.

MONTEIRO, L. R. e REIS, S. F. 1999. Princípios de Morfometria Geométrica. Ribeirão Preto, Holos Editora Ltda, X+188p.

NEIMAN, M. e BARNWELL, F. 1997. Morphometric differences in small claws of the deposit-feeding fiddler crabs (*Uca* spp.). **American Zoologist**. 37-47.

ORENSANZ, J. M. e GALLUCCI, V. E. 1988. Comparative study of postlarval life-history schedules in four sympatric species of *Cancer* (Decapoda: Brachyura: Cancridae). **Journal of Crustacean Biology** 8: 187-220.

ORENSANZ, J.; PARMA, A. e IRIBARNE, O. Population dynamics and management of natural stocks. In: SHUMWAY, S. E. (Ed.). *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier, 1991. p. 625-714

PATTON, J. L. e S. W. SHERWOOD. 1983. Chromosome evolution and speciation in rodents. **Annual Reviews of Ecology and Systematics** 14:139–158

PINHEIRO, M. A. A; MASUNARI, S; BEZERRA, L. E. A; SANTANA, W. e PIMENTA, C. E. R. 2014-2016. AVALIAÇÃO DOS CARANGUEJOS CHAMA-MARÉ (DECAPODA: OCYPODIDAE). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação. C.19.

REIS, S. F. 1988. Morfometria e estatística multivariada em biologia evolutiva. *Revista Brasileira de Zoologia*. 5: 571-580.

- SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco
- RIESEBERG, L. 2001. Chromosomal rearrangements and speciation. **Tree**. 16: 351-358
- ROHLF, F. J. 2006. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.10. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- ROSENBERG, M. S. 2002. Fiddler crab claw shape variation: a geometric morphometric analysis across the genus *Uca* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae). **Biological Journal of the Linnean Society**. 75: 147–162.
- RUFINO, M.; ABELLO, P. e YULE, A.B. 2004. The effect of alcohol and freezing preservation on carapace size and shape in *Liocarcinus depurator*. In: Elewa AMT (ed) Morphometrics: applications in biology and paleontology. Springer Verlag. 43–51.
- SALMON, M. 1987. On the reproductive behavior of the fiddler crab *Uca thayeri*, with comparisons to *U. pugilator* and *U. vocans*: evidence for behavioral convergence. **Journal of Crustacean Biology**. 7: 25-44.
- SCHALK, C.M.; MONTAÑA, C. G. e SPRINGER, L. 2015. Morphological diversity and community organization of desert anurans. **J Arid Environ** 122: 132-140.
- SHIH, H. T.; NG, P. K. L.; DAVIE, P. J. F.; SCHUBART, C. D.; TÜRKAY, M.; NADERLOO, R.; JONES, D. e LIU, M. Y. 2016. Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, sensu lato and its subgenera. **Raffles bulletin of zoology** 64: 139–175.
- SHINOZAKI-MENDES, R. A.; SILVA, A. A. G; MENDES, P. P. e LESSA, R. 2012. Age and growth of *Callinectes danae* (brachyura: portunidae) in a tropical region. **Journal of Crustacean Biology**. 32: 906-915.
- SILVA, F. M. R. O.; RIBEIRO, F. B. e BEZERRA, L. E. A. 2016. Population biology and morphometric sexual maturity of the fiddler crab *Uca* (*Uca*) *maracoani* (Latreille, 1802) (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) in a semi-arid tropical estuary of northeastern Brazil. **Lat. Am. J. Aquat. Res.** 44: 671-682.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

THURMAN, C. L.; FARIA, S. C. e MCNAMARA, J. C. 2013. The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean. **Marine Biodiversity Records**. 6: 1-21.

TREVISAN, A. e MASUNARI, S. 2010. Geographical distribution of *Aegla schimitti* Hobbs III, 1979 (Decapoda Anomura Aeglididae) and morphometric variations in male populations from Paraná State, Brazil. **Nauplius**. 18: 45-55.

VISCOSI, V. e CARDINI, A. 2011. Leaf morphology, taxonomy and geometric morphometrics: a simplified protocol for beginners. **PLoS ONE** 6: e25630.

WAHLE, R. A. e STENECK, R. S. 1992. Habitat restrictions in early benthic life: experiments on habitat selection and in situ predation with the American lobster. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 157: 91-114.

ZAR, J. H. *Biostatistical Analysis*. 2010. 5th Edition. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. 944 pp.

ZELDITCH, M.; SWIDERSKI, D.; SHEETS, D. e FINK, W. 2004. *Geometric morphometrics for biologists: a primer*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

NOTA CIENTÍFICA

Submetido à revista NAUPLIUS (em 07 de Julho de 2017)

A case of bilateral hypertrophy in chelas in male of fiddler crab, *Minuca rapax* (Smith, 1870) (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae)

Lucas N. da Silva^{1,2} & Renata A. Shinozaki-Mendes²

¹Pograma de Pós Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura - Universidade Federal Rural de Pernambuco; Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE

²Laboratorio de Biologia Pesqueira – Unidade Acadêmica de Serra Talhada; Avenida Gregório Ferraz Nogueira, S/N CEP: 56909-535 - Serra Talhada / PE

(lucas.ns93@live.com; renataasm@gmail.com)

ABSTRACT. The present study describes the first record of bilaterally hypertrophied chelipeds in a male Fiddler crab, *Minuca rapax*, collected in the mangrove area near the city of Jaguaribe, located in the northern portion of Itamaracá Island in Pernambuco, Brazil. This particular specimen was captured by hand as it emerged from its burrow. Among the 126 individuals of the genus *Minuca* sp. captured, only this one individual presented chelipeds similar in size and shape. Some of the causes of malformation in decapods have been attributed to a double generation of growth areas or non-synchronous regenerative coordination in wound healing. Due to the lack of studies on the definitive cause of these abnormalities and deformations, further investigations are required to determine the roles of individuals with abnormalities within populations as well as the principal causes of these abnormalities.

Key-words: Anomalous crustacean, Abnormality, marine invertebrates, Brachyura,

Deformations, also referred to as anomalies, are morphological aberrations that appear during development. These deformations produce body parts of disproportionate sizes, irregularly shaped body segments and / or additional appendages (Araújo and Calado, 2012). The occurrence of these deformations is not especially uncommon, having been documented by Benetti and Negreiros-Fransozo (2003) in a case study of cheliped symmetry in *Uca burguesi*; Pinheiro and Toledo (2010) recorded cheliped malformation in a specimen of *Ucides cordatus*; Fransozo *et al.* (2012) described external morphological abnormalities in marine crabs (Decapoda, Brachyura) on

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

the northern coast of the State of São Paulo; Lira *et al.* (2013) recorded a case of malformation in the third maxilliped for a fiddler crab violinist *Uca rapax* and Zambrano (2017) recorded the first case of malformation in *Ucides occidentalis* for 11 specimens in the Gulf of Guayaquil, Ecuador.

Several authors have reported possible causes of malformations, these external changes occur naturally as a result of ecdysis (Zanata, *et al.* 2008), or caused by factors such as abnormal regeneration (Rasheed, *et al.* 2014, Purohit and Vachhrajani, 2016), parasitic diseases, mutations (Von Vaupel Klein and Koomen, 1993) or exposure to extreme environmental conditions (Kurihara, 2008; Pandoursky and Evtimova, 2009).

Fiddler crabs can be found on every continent, being one of the most familiar and abundant inhabitants of mangrove forests and estuaries in tropical, subtropical and temperate areas throughout the world (Thurman, *et al.* 2013). 10 species inhabiting the western coast of the South Atlantic, occurring all along the Brazilian coast (Bezerra 2012; Thurman *et al.*, 2013). These crabs show the highest degree of sexual dimorphism found among the decapods. Males show a high level of body asymmetry, presenting a specialized cheliped for behavioral display (cutting, agonistic behaviors and defense) in addition to a smaller cheliped adapted for capturing food. Females present small, symmetrical chelipeds, which are morphologically adapted for feeding (Crane, 1975). The objective of this work is to record the occurrence of high degree of development in the two chelipeds of a male specimen of violinist crab captured in the region of Itamaracá Island, on northern coast of the State of Pernambuco, Brazil.

The crabs were collected monthly between December 2016 and April 2017, manually, totaling 126 individuals of the genus *Minuca sp.* The specimen with the anomaly was captured, by hand as it emerged from its burrow. It was encountered in mangrove areas that had been significantly altered through shrimp farming, near the city of Jaguaribe, on the northern portion of Itamaracá Island in Pernambuco, Brazil (7° 45'S - 34°50'W).

Once captured, all the specimens were stored in a plastic pot for later analysis. After being cryoanesthetized at -10°C, the specimens were identified according to the key proposed by Bezerra (2012) and Shih *et al.* (2016), photodocumented and measured using precision calipers (0.01 mm), carapace width (CW), carapace length (CL), body height (BH), front width (FW), right

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

chela height (RCH), left chela height (LCH), right chela length (RCL), left chela length (LCL), Right Dactylu Length (RDL) and Left Dactylu Length (LDL).

A total of 78 male fiddler crabs of the species *Minuca rapax* (Smith, 1870) were collected in the course of our research. Among these specimens, only one individual presented bilateral hypertrophy in chelas (Fig. 1). The dimensions of this individual specimen was: **(CW)** 1,56 mm; **(CL)** 1,01 mm; **(RCH)** 0,80 mm; **(LCH)**, 0,71 mm; **(RCL)** 2,38 mm; **(LCL)** 1,59 mm; **(BH)** 0,77 mm; **(FW)** 0,40 mm; **(RDL)** 1,51mm; **(LDL)** 0,88 mm.

Fiddler crabs are one of the most common and abundant inhabitants of mangrove forests and estuaries throughout the world (Thurman et al., 2013), meanwhile, a few cases of malformation have been documented in these individuals (Ahmed, 1976; Vale, et al. 2015; Lira, et al. 2013; Lira, et al. 2006). Chelipeds may be more likely to develop malformations due to their greater likelihood of injury from fighting behavior and their being shed during the later stages of molting process (Shelton, Tniby and Shelton, 1981). Fransozo, *et al.* (2012) argue that, in addition to a lack of coordination in regeneration, some malformation in decapods can be attributed to a double generation of growth areas. Lira *et al.* (2013) suggest that malformation of the third maxilliped in *U. rapax* occur due to errors in the morphogenetic processes, Vale *et al.* (2015) in studies an adult male specimen of *Uca rapax*, containing bilaterally hypertrophied chelipeds affirm that the specimen collected may have suffered a dysfunction of androgenic gland, that operates in the development of sexual characteristics (Zhang et al., 2014).

External factors such as temperature, lack of resources, pollution, directional selection and inbreeding can influence gene expression, causing extreme variations (Chippindale & Palmer, 1993). Therefore the likely hypothesis for this particular case is that the increased nutrients caused by shrimp farms in the area may have altering the gene expression of the specimen (Chippindale & Palmer, 1993). Thus the hypertrophy suffered by both chelipids was possibly caused by the expression of genes, such as the Hox genes or the genes *sp-IAG*, responsible for the expression of the body architecture, and by the expression of the hormone of the androgenic glands that acts in the development of sexual characteristics (Averof & Patel, 1997; Abzhanov & Kaufman, 2000; Zhang et al., 2014).

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Due to the sporadic occurrence of these anomalies, there are few existing studies on the underlying causes of abnormalities and deformations. Further investigations are also needed to determine the role played by these anomalous individuals within populations as well as the primary causes of those anomalies.

REFERENCES

Ahmed, M. 1976. A study of the normal and aberrant sexual types of the Venezuelan fiddler crabs *Uca cumulanta* and *U. rapax*. *Bulletin of Marine Science*. 26: 499–505.

Abzhanov, A. and Kaufman T.C. (2000) Embryonic expression patterns of the Hox genes of the crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea, Decapoda). *Evolution & Development*. 2: 271–283.

Araújo, M.S.L.C. and Calado, T.C.S. 2012. New record of malformation in the true crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda, Ucididae), at Brazilian coast. *Revista Nordestina de Zoologia*. 6: 15-19.

Averof, M. and Patel N.H. 1997. Crustacean appendage evolution associated with changes in Hox gene expression. *Nature*. 388: 682–686.

Benneti, A.S. and Negreiros-Franzoso, M.L. 2003. Symmetric chelipeds in males of the fiddler crab *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Nauplius*. 11: 141-144.

Bezerra, L.E.A. 2012. The fiddler crabs (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae: genus *Uca*) of the South Atlantic Ocean. *Nauplius*. 20: 203-246.

Chippindale, A.K. and Palmer A.R. 1993. Persistence of subtle departures from symmetry over multiple molts in individual brachyuran crabs: relevance to developmental stability. *Genetica* 89: 185–199.

Crane, J. 1975 – *Fiddler crabs of the world. Ocypodidae: Genus Uca*. Princeton University Press, New Jersey. 736 p.

Franzoso, A.; Monteiro, T.G.; De Rocco, G.R.; Silva, J.C. and Bolla, J.E.A. 2012. Ocorrência de anormalidades morfológicas externas em caranguejos marinhos (Decapoda, Brachyura) no litoral norte do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. 34: 101-104.

- SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco
- Kurihara, H. 2008. Effects of CO₂-driven ocean acidification on the early developmental stages of invertebrates. *Marine Ecology and Progress Series*. 373: 275-284.
- Lira, C.; Bolanos, J.; Zabala, Y. and Lopez, R. 2013. A case of malformation on the third maxilliped of *Uca rapax* (Smith, 1870) (Decapoda: Ocypodidae). *Nauplius*. 21: 239-241.
- Lira, C.; Hernandez, G. and Hernandez, J. 2006. Un caso de hipertrofia bilateral de quelas en el cangrejo violinista *Uca cumulata* (Decapoda: Ocypodidae). *Revista de Biología Tropical*. 54: 117–119.
- Pandourski, I. and Evtimova, V. 2009. Morphological variability and teratology of lower crustaceans (Copepoda and Branchiopoda) from Circumpolar Region. *Acta Zoologica Bulgarica*. 61: 55-67.
- Pinheiro, M.A.A. and Toledo, T.R. 2010. Malformation in the crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), in São Vicente, State of São Paulo, Brazil. *Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha*. 1: 61-65.
- Purohit, B. and Vachhrajani, K.D., 2016. Telson abnormality in *Metapenaeus kutchensis* (Dendrobranchiata, Penaeidae) from Gulf of Kachchh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 4: 585-586.
- Rasheed, S.; Mustaqim, J. and Khanam, S. 2014. Some External Abnormalities Found in Edible Crabs, *Portunus pelagicus* and *P. sanguinolentus*, of Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*. 46: 541-548.
- Shelton, P.; Tniby, P.; and Shelton, R. 1981. Naturally occurring abnormalities (bruchdreifachbildungen) in the chelae of three species of Crustacea (Decapoda) and a possible explanation. *Journal of Embryology and Experimental Morphology*. 63: 285-304.
- Shih, H.; Ng, P.K.L.; Davie, P.J.F.; Schubart, D.C.; Türkay, M.; Naderloo, R.; Jones, D. and Liu, M. 2016. Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, sensu lato and its subgenera. *Raffles Bulletin of Zoology*. 64: 139–175

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

Thurman, C.L.; Faria, S.C. and McNamara, J.C. 2013. Distribution of fiddler crabs along the coast of Brazil: implications for biogeography in the western Atlantic. *Marine Biodiversity Records*. 6: 1- 21.

Vale, V.F; Alencar, C.E.R.D; Moraes, S.A.S.N. and Freire, F.A.M. 2015. First record of bilateral hypertrophy in chelas of *Uca rapax* male specimen (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) on the Brazilian coastline. *Marine Biological Association of the United Kingdom*. 8: 1-5.

Von Vaupel Klein, J. and Koomen, P. 1993. An aberrant in *Euchirella pseudopulchra* (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*. 64: 122-126.

Zambrano, R. 2017. First record of malformations in males of *Ucides occidentalis* (Brachyura, ocypodidae) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Crustaceana*. 90: 631-638.

Zanata, L.H.; Espíndola, E.L.G.; Rocha, O. and Pereira, R.H.G. 2008. Morphological abnormalities in Cladocera (Branchiopoda) in a cascade of reservoirs in the middle and lower Tietê River São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 68: 681-682.

Zhang, Y.; Qiao, K.; Wang, S.; Peng, H.; Shan, Z. and Wang, K. 2014. Molecular identification of a new androgenic gland-specific insulinlike gene from the mud crab. *Scylla paramamosain*. *Aquaculture*. 433: 325–334.

FIGURE 1:



Figure 1: Male of *Minuca rapax* presented chelipeds similar in size and shape, captured near to Jaguaribe city, Northemnd of Itamaracá Island, Pernambuco. A - Dorsal view; B - Ventral view and C - Front view with the smaller cheliped in front of the larger.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os caranguejos chama-maré apresentam forte relação com o substrato que ocupam, esta relação é refletida em sua morfologia e no seu padrão de crescimento, como foi mostrado no presente estudo. Vale ressaltar ainda que, foi observado uma divergência entre a distância filogenética e a morfológica das espécies estudadas pertencente ao grupo ocipodide. Apesar da morfologia do grupo Ocypodidae apresentar relações com o habitat em que estão inseridos, é importante ressaltar a existência de diversos fatores (pressões evolutivas) que influenciam sobre o fenótipo e genótipo das espécies.

Sendo assim, observou-se que:

- O comportamento alométrico para o grupo Ocypodidae se mostra diferente em indivíduos machos e fêmeas (jovens e adultos);
- Existe uma maior similaridade morfométrica entre as fêmeas;
- Para a vista dorsal todas as espécies se mostraram diferentes caracterizando a presença de um dimorfismo sexual secundária para os indivíduos da família ocipodidae;
- As diferenças existentes na região da carapaça entre macho e fêmeas se deve ao suporte do quelípodo mais robusto nos machos e a acomodação do abdômen alargado para as fêmeas.
- As fêmeas apresentaram variação morfológica para a região abdominal nas espécies de gêneros diferentes (*L. leptodactyla* e *M. mordax*);

Tendo em vista que os dados aqui mostrados consistem nos primeiros registros para região Nordeste a respeito das características morfológicas do grupo Ocypodidae, não é possível inferir se essas características são próprias do grupo ou são representativos apenas das populações dessa região. Para uma interpretação mais abrangente sobre os fatores que levaram a uma

determinada espécie apresentar características morfológicas específicas dentro do seu grupo, ocupar determinados habitats e desempenhar papel específico em uma cadeia trófica são necessários um compilamento de informações através de diferentes métodos de análise (morfologia e genética) alcançando resultados mais acurados sobre a história evolutiva de um grupo taxonômico/linhagem.

Por fim, é importante ressaltar a necessidade de novos estudos, tais como experimentos laboratoriais, com o objetivo de elucidar lacunas existentes no conhecimento acerca da relação distribuição-espécie desse grupo, assim como as possíveis respostas às diferentes condições ambientais as quais podem estar expostas (por exemplo, mudanças climáticas, fragmentação do habitat, poluição das áreas estuarinas), evidenciando a importância deste tipo de estudo, inclusive na implementação de políticas de uso e conservação desses ecossistemas.

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

ANEXO

Normas de Publicação para a revista NAUPLIUS (QUALIS B4 em Zootecnia e Recursos Pesqueiros)

Form and preparation of manuscripts

All manuscripts should be prepared in MS Word. The sequence should be: Title, full names of Author(s), Address(es) and E-mail(s), Running Head, Abstract, Key Words, Text (Introduction, Material and Methods, Results and Discussion), Acknowledgements, References, Captions for Tables and Figures.

Figures and Tables: Figures and Tables should be submitted as separate files (TIF, JPG, or CDR), within the appropriate fields in the ScholarOne system.

Figures and tables will be printed directly from the electronic files sent by authors and should therefore be of high quality. For black and white draw/line artwork, these should be 600 dpi resolution at final size. Half-tone grayscale artwork should be 600 dpi at final size. Color half-tone images should be submitted as 300 dpi. All figures should be labeled with a medium weight sans serif font of an appropriate size to result in 8 point (3.33 mm) type when reduced to single column width. Special attention with the scale bar thickness is necessary.

Tables and figures should be self-explanatory. Vertical lines and Roman numerals in the tables should be avoided.

Text Formatting: Please use Times New Roman, size 12, and double-space formatting. Use hyphen between connecting words (e.g., spring-tide, fine-mesh) and en-dash between ranges (e.g., C-F, 33-39) and opposite words (e.g., size-frequency distribution, male-female pair). We recommend using a copy of a recent article as a guideline. The running head should be of no more than 52 characters. The abstract should be in English and should not exceed 250 words.

Key words: provide up to five indexing terms not used in the title.

Taxonomic papers

Requirements of taxonomic and nomenclatural procedures need reasonable consistency in the organization of such papers. Telegraphic style is mandatory for descriptions and diagnoses. Study of articles in recent numbers should be helpful in determining style and format. The establishment of new taxa must conform to the requirements of the latest edition of the International Code of Zoological Nomenclature. The publication of new taxa in electronic journals is currently allowed by the Code (<http://iczn.org/content/electronic-publication-made-available-amendment-code>) and the new names proposed in such journals must be registered in the *Official Register of*

Zoological Nomenclature, with ZooBank as its online version (zoobank.org). The Nauplius editorial team offers to the authors free registration of all publications and new taxa in Zoobank. Description of new species-group taxa must cite a type-specimen deposited in an institutional collection. Genus and species name of any animal must be in italics and followed by author and date of publication when first mentioned in the main text. Authors of species name of any other kingdom need not to be given. Publications containing the original description of any animal taxa may be cited in the references list. When mentioning a species for the first time its name must be given in full. After that, the contraction (e.g., *A. spinimanus* for *Achelous spinimanus*) should be used. Genbank accession numbers must be included for DNA results such that the raw data can be accessed and compared against the presented data.

References: All papers referred to in the text should be listed alphabetically by senior's authors surname under the heading "References". Use "in press" only when formal acceptance has been granted. Thesis, dissertations, abstracts presented at meetings, and author of quoted unpublished material (e.g., manuscripts under review, internal reports, and certain conference abstracts) should be cited only if strictly necessary. Author of quoted unpublished material should be inserted in the text and designated as "unpublished data; unpubl. data" or "personal communication; pers. comm.", but should be omitted from the reference list. In the body of the text use: Silva (2006), (Silva, 2006), (Silva and Santos, 2006), (Silva, 2005; 2006; Santos, 2006), (Tab. 1; Tabs. 1, 2), and (Fig. 1; Figs. 1A, B). Do not use "op. cit." and avoid using "apud". Name of periodicals should be given in full and italic. Both volume and number of papers published in scientific journals must be provided. Use en-dash (-) for page ranges. For further details please follow the examples below, or a recent article, as a guideline:

Almeida, A.O.; Coelho, P.A.; Santos, J.T. A. and Ferraz, N.R. 2006. Crustáceos decápodos estuarinos de Ilhéus, Bahia, Brasil. *Biota Neotropica*, 6(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?inventory+bn03406022006-ISSN1676-0603>.

Arcifa, M.S.; da Silva, L.H.S. and da Silva, M.H.L. 1998. The planktonic community in a tropical Brazilian reservoir: Composition, fluctuations and interactions. *Revista Brasileira de Biologia*, 58(2): 241-254.

Asakura, A. 2010. A new species of hermit crab of the teevana group of *Pylopaguropsis* (Decapoda: Anomura: Paguridae) from the western Pacific, collected during the PANGLAO expedition. *Nauplius*, 18(1): 35-43.

Hall, T.A. 2005. BioEdit 7.0.5. North Carolina State University, Department of Microbiology. Available at <http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html>. Accessed on 3 January 2011.

Matzen da Silva, J.; Creer, S.; dos Santos, A.; Costa, A.C.; Cunha, M.R.; Costa, F.O. and Carvalho, G.R. 2011. Systematic and evolutionary insights derived

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

from mtDNA COI barcode diversity in the Decapoda (Crustacea: Malacostraca). PLoS ONE, 6(5): e19449. doi:10.1371/journal.pone.0019449.

Miller, M.A.; Pfeiffer, W. and Scheartz, T. 2010. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. p. 1-8. In: Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE), New Orleans, Louisiana, USA.

Nucci, P.R. 2002. Taxonomia e biogeografia da Superfamília Paguroidea Latreille (Crustacea, Decapoda, Anomura) no litoral brasileiro. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, Brazil, Ph.D. Thesis. 194p. [Unpublished].

Ojeda, J.C.E. 2010. Patrón de distribución de las especies de la familia Trichodactylidae (Crustacea: Decapoda: Brachyura) en México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM, Master Dissertation, 72 pp. [Unpublished].

Poore, G.C.B. 1991. Crustacea Isopoda: Deep-sea Chaetiliidae (Valvifera) from New Caledonia and the Philippines. In: A. Crosnier (ed), Résultats des campagnes MUSORSTOM, Volume 9. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, (Zoologie), 152: 139-153.

Powers, L.W. and Bliss, D.E. 1983. Terrestrial adaptations. p. 271-333. In: M.D. Vernberg and W. Vernberg (eds), The biology of Crustacea. Environmental adaptations, Vol. 8. New York, Academic Press.

Souza, F.E.S. and Camara, M.R. 1998. Contribuição ao estudo de anostráceos de águas interiores da região do Seridó, Rio Grande do Norte, Brasil. p. 125. In: IX Congresso de Iniciação Científica da UFRN, Natal, Brasil.

Smith, J.Q. 1981. The distribution of shrimps in South America. Journal of Crustacean Biology, 1(4): 105-111.

Williams, A.B. 1984. Shrimps, lobsters and crabs of the eastern United States, Maine to Florida. Washington, Smithsonian Institution Press, 500p.

Short Communications: Short notes are accepted when they present information which cannot be incorporated into a regular paper. These contributions will be subjected to the full editorial process. Manuscripts should be prepared following the same recommendations of regular articles. The text should be limited until eight pages printed in times new roman, size 12, and double space formatting, since they will not normally exceed four final pages in length and will contain only one figure or table. The sequence should be: Title, Full Names of Author(s), Address(es) and email(s), Running Head, Key Words, Text, Acknowledgements, and References. When necessary, captions for Tables

SILVA, L. N. 2018. Morfometria comparada das espécies da família Ocypodidae (Crustacea, Brachyura) na Ilha de Itamaracá – Pernambuco

and Figures, Tables, Figures (each one numbered and identified), must be included at the end of the manuscript.