

**Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia**

**MORFOMETRIA GEOMÉTRICA E
ECOMORFOLOGIA DE LABRIDAE E
POMACENTRIDAE DO NORDESTE DO BRASIL**

JORGE LUIZ SILVA NUNES

VIRTUS IMPAVIDA

**RECIFE-PE
2008**

JORGE LUIZ SILVA NUNES

**MORFOMETRIA GEOMÉTRICA E
ECOMORFOLOGIA DE LABRIDAE E
POMACENTRIDAE DO NORDESTE DO
BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Ciências na área de Oceanografia Biológica.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elisabeth de Araújo

**RECIFE-PE
2008**

TESE DEFENDIDA E APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA

Orientadora


Dra. Maria Elisabeth de Araújo
Profa. do Departamento de Oceanografia da UFPE

Examinadores titulares


Dr. Carlos Eduardo Leite Ferreira
Prof. do Departamento de Biologia Marinha da UFF


Dr. Diego Astúa Moraes
Prof. do Departamento de Biologia da UFPE


Dr. Francisco Marcante Santana
Prof. do Departamento de Oceanografia da UFRPE


Dra. Sigrid Neumann-Leitão
Profa. do Departamento de Oceanografia UFPE

Examinadores suplentes


Dra. Rosângela Paula Teixeira Lessa
Profa. do Departamento de Oceanografia da UFRPE


Dr. Jorge Eduardo Lins Oliveira
Prof. do Departamento Oceanografia e Limnologia UFRN

DATA DE APROVAÇÃO 18/07/2008

RECIFE
2008

“Existe uma coisa que uma longa existência me ensinou: toda a nossa ciência, comparada à realidade, é primitiva e inocente; e, portanto, é o que temos de mais valioso.”

“Nenhum homem realmente produtivo pensa como se estivesse escrevendo uma dissertação.”

(Albert Einstein)

BRINDO À CASA,
BRINDO À VIDA,
MINHA FAMÍLIA E MEUS AMORES...

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Maria Elisabeth de Araújo pela inicialmente pelas palavras de conforto e depois pela confiança depositada durante todo o período de realização deste trabalho. Sempre dando força a Ferrari.

À CAPES, pelo apoio financeiro em forma da concessão da bolsa de pós-graduação.

Ao CEPENE/IBAMA por ajudar com a logística para os trabalhos de campo em Tamandaré, além de ceder a licença de coleta de materiais biológicos através da autorização nº 11962-1.

Aos meus estagiários, que sem sombra de dúvidas foram meus fiéis escudeiros. Demonstraram responsabilidade, companheirismo, dedicação e acima de tudo muita amizade. Então parabeno Esp. Nataly Pascoal, Cecília “Cicilha” Barreto, Isabella Cristina Freire, Eduardo Lins (Lobisomem), Felipe Menezes e Marcus Vinícius Alves (Frota).

Aos amigos Nivaldo Piorski e Edson Motoro que contribuíram bastante com grandes idéias e discussões repercutindo sempre no melhor caminho.

Aos amigos, estudantes e pesquisadores do DOCEAN (Departamento de Oceanografia da UFPE) pela alegria, amizade e incentivo: Dra. Sigrid Neunamm-Leitão, Dra. Lúcia Gusmão, Dr. Beatrice Pandovani; Dr. José Roberto Botelho, Dr. Fernando Feitosa, Dr. Manuel Flores, Dr. Moacir Araújo Filho, Dra. Tâmara Almeida, Dr. Petrônio Filho, Dra. Verônica Gomes Fonseca-Genevois, Dra. Virag Venekey, Dr. Francisco Castro; Dr. Fernando Porto, Marcos Honorato, Cristina Araújo, Marcus Silva, Zinaldo, Myrna Lins, Dona Edileusa, “Seu” Mano, “Seu” Joaquim, Pedro, Thiago, Dr. George Olavo, Dr. Sérgio Rezende (Bili), MSc. Andreza, MSc. João Marcelo Camargo, MSc. Sérgio Almeida, Dra. Adilma

Concentino (minha futura sogra), Dra. Janaína Araújo, Dr. Cristiano Parente, Dra. Leca Fisher, Dr. Álamo Feitosa (Cariri), MSc. Leandro, MSc. Viviane Lira, MSc. Geruso Júnior, Dra. Daniele Menor e MSc. Ricardo Alcântara.

A equipe que do Laboratório Nécton da UFPE: Dra. Andréa Paiva, Dra. Carol Feitosa, Msc. Tacyana Ribeiro, Msc. Adriane Mendes, Henrique Maranhão, Luís Fernando; MSc. Márcio e Elias.

Aos caros amigos e companheiros que na jornada do Doutorado conviveram comigo bem de perto e sob o mesmo teto: MSc. Evaldeni Moreira, MSc. Isabel Almeida, Esp. Suzane Guedes, MSc. Xiomara Diaz, Dr. César Andrade e MSc. Lourinaldo Júnior.

Aos amigos galácticos do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão: MSc. Ricardo Rodrigues, MSc. Fredgardson Martins, MSc. Juçara Dantas, Dr. Cláudio Gonçalves, Dr. André Luiz Gomes, MSc. Rafael Carvalho, MSc. Francinado Soares, MSc. Edinaldo Filho, Dr. Regis da Hora, Dr. Jeferson Selbach e Dr. Lívio Costa, Dr. Emmanuel Arnhold e Dra. Cláudia Melo.

Finalmente àqueles amigos propiciaram muita ajuda ou algum tipo de contribuição para a o planejamento, elaboração e conclusão desta tese: Dr. Carlos Eduardo Leite Ferreira, Dr. Miguel Petreire, Dr. Fernando Gibran, Dr. Wagner Molina, Dr. Arturo Acero, Dr. Phill Motta, Dr. David Bellwood, Dr. Peter Wainwright, Dr. Martin Gomon, Dr. Luiz Rocha, Dra. Rosângela Lessa, Dr. Ricardo Rosa, Dr. Bruno Friédérich, Dr. Welber Smith, Dr. Phillip Bearez, Msc. José Garcia, Edilene Silva (Comut/CGT/UFPE).

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	14
RESUMO GERAL	16
GENERAL ABSTRACT	18
INTRODUÇÃO GERAL	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO 1	28
ABSTRACT	28
RESUMO	29
INTRODUÇÃO	30
MATERIAL E MÉTODOS	31
RESULTADOS	35
Labridae	35
Pomacentridae	43
DISCUSSÃO	50
AGRADECIMENTOS	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
CAPÍTULO 2	67
ABSTRACT	67
RÉSUMÉ	68
INTRODUCTION	68
MATERIAL AND METHODS	70
RESULTS	72
Geometric Morphometrics	72
Phylogenetic Hypothesis	75
DISCUSSION	77
AKNOWLEDGMENTS	79
REFERENCES	79
CAPÍTULO 3	83
ABSTRACT	83
RESUMO	84
INTRODUÇÃO	85
MATERIAL E MÉTODOS	86

RESULTADOS	88
Morfometria Geométrica	88
Análise de Agrupamento	93
DISCUSSÃO	94
AGRADECIMENTOS	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
CAPÍTULO 4	103
ABSTRACT	103
RESUMO	104
INTRODUÇÃO	105
MATERIAL E MÉTODOS	106
RESULTADOS	109
DISCUSSÃO	116
AGRADECIMENTOS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
ANEXOS	124

LISTA DE FIGURAS:

Capítulo 1

Figura 1 – Projeção dos escores individuais no primeiro e segundo eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos de oito espécies de Labridae, nordeste do Brasil: **Xis verde**, **Bins**: *Bodianus insularis*; **Triângulo verde claro**, **Bpul**: *B. pulchellus*; **Cruz vermelha**, **Bruf**: *B. rufus*; **Triângulo cinza claro**, **Hbiv**: *Halichoeres bivittatus*; **Quadrado azul**, **Hbra**: *H. brasiliensis*; **Círculo roxo**, **Hdim**: *H. dimidiatus*; **Asterisco azul**, **Hpoe**: *H. poeyi*; **Retângulo marrom**, **Xnov**: *Xyrichtys novacula*.

Figura 2 – Projeção dos escores individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos de oito espécies de Labridae, nordeste do Brasil: **Xis verde**, **Bins**: *Bodianus insularis*; **Triângulo verde claro**, **Bpul**: *B. pulchellus*; **Cruz vermelha**, **Bruf**: *B. rufus*; **Triângulo cinza claro**, **Hbiv**: *Halichoeres bivittatus*; **Quadrado azul**, **Hbra**: *H. brasiliensis*; **Círculo roxo**, **Hdim**: *H. dimidiatus*; **Asterisco azul**, **Hpoe**: *H. poeyi*; **Retângulo marrom**, **Xnov**: *Xyrichtys novacula*.

Figura 3 – Projeção do primeiro e segundo eixos do componente principal da média dos atributos ecomorfológicos de oito espécies de Labridae, nordeste do Brasil: **Bins**, *Bodianus insularis*; **Bpul**, *B. pulchellus*; **Bruf**, *B. rufus*; **Hbiv**, *Halichoeres bivittatus*; **Hbra**, *H. brasiliensis*; **Hdim**, *H. dimidiatus*; **Hpoe**, *H. poeyi*; **Xnov**, *Xyrichtys novacula*.

Figura 4 – Projeção do primeiro e terceiro eixos do componente principal da média dos atributos ecomorfológicos de oito espécies de Labridae, nordeste do Brasil: **Bins**, *Bodianus insularis*; **Bpul**, *B. pulchellus*; **Bruf**, *B. rufus*; **Hbiv**, *Halichoeres bivittatus*; **Hbra**, *H. brasiliensis*; **Hdim**, *H. dimidiatus*; **Hpoe**, *H. poeyi*; **Xnov**, *Xyrichtys novacula*.

Figura 5 – Projeção dos escores individuais no primeiro e segundo eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos de cinco espécies de Pomacentridae, nordeste do Brasil: **Cruz vermelha**, **Asax**: *Abudefduf saxatilis*; **Asterisco azul escuro**, **Sfus**: *Stegastes fuscus*; **Cículo**

roxo, **Spic**: *S. pictus*; **Quadrado azul claro**, **Ssan**: *S. sanctipauli*; **Triângulo cinza**, **Svar**: *S. variabilis*.

Figura 6 – Projeção dos escores individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos de cinco espécies de Pomacentridae, nordeste do Brasil: **Cruz vermelha**, *Abudefduf saxatilis*; **Asterisco azul escuro**, *Stegastes fuscus*; **Cículo roxo**, *S. pictus*; **Quadrado azul claro**, *S. sanctipauli*; **Triângulo cinza**, *S. variabilis*.

Figura 7 – Projeção do primeiro e segundo eixos do componente principal da média dos atributos ecomorfológicos de oito espécies de Pomacentridae, nordeste do Brasil: **Asax**, *Abudefduf saxatilis*; **Sfus**, *Stegastes fuscus*; **Spic**, *S. pictus*; **Ssan**, *S. sanctipauli*; **Svar**, *S. variabilis*.

Figura 8 – Projeção do primeiro e terceiro eixos do componente principal da média dos atributos ecomorfológicos de oito espécies de Pomacentridae, nordeste do Brasil: **Asax**, *Abudefduf saxatilis*; **Sfus**, *Stegastes fuscus*; **Spic**, *S. pictus*; **Ssan**, *S. sanctipauli*; **Svar**, *S. variabilis*.

Capítulo 2

Figure 1. - Scheme of the 13 anatomical landmarks projected in homologous regions of the left lateral surface of a Labridae. [*Schéma des 13 marques anatomiques projetées dans les régions homologues sur la surface latérale gauche d'un Labridae.*]

Figure 2. - Projection of the individual scores of Labridae in the space of the first and second canonical axes. [*Projection des différents scores de Labridae dans l'espace du premier et du deuxième axes canoniques.*]

Figure 3. - Vector of the warps representing the alterations in the body of *B. rufus*. Variation upon the first canonical axis. [*Vecteur des flexions représentant les changements du corps d'un B. rufus. Variation sur le premier axe canonique.*]

Figure 4. - Projection of the individual scores of Labridae in the space of the second and third canonical axes. [*Projection des scores individuels de Labridae dans l'espace du deuxième et du troisième axes canoniques.*]

Figure 5. - Vectors of the warps representing the alterations in the body of *H. poeyi*. Variation upon the second canonical axis. [*Vecteurs des flexions représentant les changements du corps d'un H. poeyi. Variation sur le deuxième axe canonique.*]

Figure 6. - Vectors of the warps representing the alterations in the body of *H. dimidiatus*. Variation upon the second canonical axis. [*Vecteurs des flexions représentant les changements du corps d'un H. dimidiatus. Variation sur le deuxième axe canonique.*]

Figure 7. - Phylogenetical hypothesis of three *Halichoeres* species generated by routine cladistics in the program PAST. [*Hypothèse phylogénétique de trois espèces de Halichoeres produites par routine cladistique dans le programme PAST.*]

Capítulo 3

Figura 1 – Esquema dos 13 marcos anatômicos projetados em regiões homólogas da superfície lateral esquerda de um Pomacentridae.

Figura 2 – Projeção dos escores individuais de Pomacentridae no espaço do primeiro e segundo eixo canônico.

Figura 3 – Vetores das deformações representando as alterações no corpo de *A. saxatilis*. Variação sobre o primeiro eixo.

Figura 4 – Projeção dos escores individuais de Pomacentridae no espaço do primeiro e terceiro eixo canônico.

Figura 5 – Vetores das deformações representando as alterações no corpo de *S. variabilis*. Variação sobre o segundo eixo.

Figura 6 – Vetores das deformações representando as alterações no corpo de *S. pictus*. Variação sobre o segundo eixo.

Figura 7 – Vetores das deformações representando as alterações no corpo de *S. fuscus*. Variação sobre o segundo eixo.

Figura 8 – Análise de agrupamento UPGMA a partir das distâncias de Mahalanobis entre as espécies estudadas.

Capítulo 4

Figura 1 – Variação dos atributos ecomorfológicos (IC, ARC, IAV, CRPC, ICPC, CNP) de *S. fuscus* submetido ao tratamento A nos períodos de 0,15,30,60,90,120,150 e 330 dias de conservação.

Figura 2 – Variação dos atributos ecomorfológicos (PRO, CRC, LRB, ARC, AtRNC) de *S. fuscus* submetido ao tratamento A nos períodos de 0,15,30,60,90,120,150 e 330 dias de conservação.

Figura 3 – Variação dos atributos ecomorfológicos (IC, ARC, IAV, CRPC, ICPC, CNP) de *H. poeyi* submetido ao tratamento A nos períodos de 0,15,30,60,90,120,150 e 330 dias de conservação.

Figura 4 – Variação dos atributos ecomorfológicos (PRO, CRC, LRB, ARC, AtRNC) de *H. poeyi* submetido ao tratamento A nos períodos de 0,15,30,60,90,120,150 e 330 dias de conservação.

LISTA DE TABELAS:

Capítulo 1

Tabela I - Medidas morfométricas utilizadas para obtenção dos atributos ecomorfológicos dos espécimes de labrídeos e pomacentrídeos estudados, nordeste do Brasil.

Tabela II – Cargas dos atributos ecomorfológicos calculadas a partir das medidas individuais dos exemplares de labrídeos estudados nos três primeiros componentes principais. Os atributos mais importantes para definição dos fatores, que resumem a maior parte da variação entre as espécies, estão em **negrito**.

Tabela III – Médias aritméticas (M) e desvios padrões (DP) dos valores de 9 atributos ecomorfológicos calculados das espécies de labrídeos estudadas, nordeste do Brasil. IC, índice de compressão do corpo; ARC, altura relativa do corpo; IAV, índice de achamento ventral; CRPC, comprimento relativo do pedúnculo caudal; ICPC, índice de compressão do pedúnculo caudal, CNP, configuração da nadadeira peitoral; PRO, posição relativa dos olhos; CRC, comprimento relativo da cabeça; AtRNC, altura relativa da nadadeira caudal.

Tabela IV – Cargas dos atributos ecomorfológicos calculadas a partir das médias dos exemplares de labrídeos estudados nos três primeiros componentes principais. Os atributos mais importantes para definição dos fatores que resumem a maior parte da variação entre as espécies estão em **negrito**.

Tabela V – Cargas dos atributos ecomorfológicos calculadas a partir das medidas individuais dos exemplares de pomacentrídeos estudados nos três primeiros componentes principais. Os atributos mais importantes para definição dos fatores que discriminam as espécies estão em **negrito**.

Tabela VI – Médias aritméticas (M) e desvios padrões (DP) dos valores de 9 atributos ecomorfológicos calculados das espécies de pomacentrídeos estudadas, nordeste do Brasil. IC, índice de compressão do corpo; ARC, altura relativa do corpo; IAV, índice de achamento ventral;

CRPC, comprimento relativo do pedúnculo caudal; ICPC, índice de compressão do pedúnculo caudal, ArRNC, área relativa da nadadeira caudal; CNP, configuração da nadadeira peitoral; ARNP, área relativa da nadadeira peitoral; ARND, área relativa da nadadeira dorsal; PRO, posição relativa dos olhos; CRC, comprimento relativo da cabeça; LRB, largura relativa da boca; ARB, altura relativa da boca; AtRNC, altura relativa da nadadeira caudal.

Tabela VII – Cargas dos atributos ecomorfológicos calculadas a partir das médias dos exemplares de pomacentrídeos estudados nos três primeiros componentes principais. Os atributos mais importantes para definição dos fatores que discriminam as espécies estão em negrito.

Capítulo 4

Tabela I – Marcos anatômicos utilizados para obtenção das medidas morfométricas em indivíduos de *H. poeyi* e *S. fuscus*, para cálculos dos atributos ecomorfológicos.

Tabela II – Comparação múltipla dos atributos ecomorfológicos de *S. fuscus* através do teste Tukey.

Tabela III – Comparação múltipla dos atributos ecomorfológicos de *H. poeyi* através do teste Tukey.

RESUMO GERAL

Estudos de morfometria geométrica e ecomorfologia em peixes recifais ainda são muito incipientes no Brasil. A morfometria geométrica é considerada uma poderosa ferramenta em estudos de variações morfológicas por revelar, com detalhes e precisão, as mudanças e variações ocorridas na forma do corpo com base em marcos anatômicos homólogos, que podem gerar dados para a elaboração de hipóteses nas relações de parentesco e ecológicas. A ecomorfologia é a parte da ecologia que relaciona as diferenças morfológicas existentes entre as espécies às diferentes ações de pressões ambientais por elas sofridas. Com o intuito de aplicar as duas técnicas supracitadas em peixes recifais foram criadas as seguintes hipóteses: 1) As características morfológicas externas e homólogas podem ser utilizadas para inferir sobre a sua filogenia; 2) Os aspectos ecológicos podem ser avaliados através de estudo ecomorfológico, e a partir destes resultados, verificar quais foram os efeitos de convergência ou divergência ecológica; e 3) Há efeitos das substâncias utilizadas para fixar e conservar peixes sobre estudos de ecomorfologia. Os exemplares utilizados nos experimentos foram procedentes de coletas realizadas em Itamaracá, Serrambi e Tamandaré, municípios do estado de Pernambuco e das coleções científicas do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste (CEPENE), e das Universidades Federais da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Em laboratório, os exemplares foram medidos, fotografados e as fotografias armazenadas em formato JPEG. Os softwares utilizados para realização das análises envolvidas em cada experimento foram TPS Digit (Thin-Plate Splines), IMP (Integrated Morphometrics Package), PAST (Palaeontological Statistics Software Package), Statistical Discovery Software e Statistics 7.0. As análises estatísticas aplicadas sobre o conjunto de dados foram: o teste Kolmogorov-Smirnov, Análise de Componentes Principais, Análise de Variáveis Canônicas, Análise de Variância e Análise de agrupamento pelo método UPGMA. Os resultados obtidos a partir do estudo de ecomorfologia em Pomacentridae e Labridae podem revelar claramente o aspecto convergente em cada família, sendo que os seus padrões ecomorfológicos encontrados refletiram suas diferenças na natação, na exploração de recursos alimentares e na segregação espacial vertical pelos diferentes usos da coluna d'água. A morfometria geométrica aplicada sobre os labrídeos mostraram que as variações verificadas

ocorrem na região cranial e o cladograma gerado apontou *Halichoeres poeyi* como grupo irmão de *H. brasiliensis* e *H. dimidiatus*. Em pomacentrídeos, as principais variações morfológicas ocorreram na cabeça, altura do corpo e pedúnculo caudal. Os agrupamentos formados foram bem definidos, sendo as menores distâncias observadas entre as espécies *S. sanctipauli* e *S. fuscus*. Dentro do gênero *Stegastes*, *S. variabilis* é a espécie mais distante de todas as outras. *A. saxatilis*, por pertencer a um gênero diferente, está separado das espécies de *Stegastes*. O experimento sobre a utilização de espécimes conservados em ecomorfologia mostrou que grande parte dos atributos sofreu variações, em *S. fuscus* a variação ocorreu em 64% dos atributos, enquanto que em *H. poeyi* a variação correspondeu a 54,5% dos atributos. Possivelmente isso ocorreu devido a maior área corporal de superfície de contato da primeira espécie. Foi durante a passagem do formaldeído para o álcool etílico que se verificou as maiores alterações, possivelmente devido à desidratação causada pelo álcool no animal. Considerando que os atributos ecomorfológicos são importantes índices para a compreensão da ecologia dos peixes, recomenda-se: (1) experimentos complementares para testar novas concentrações de formaldeído e álcool, além da inclusão de outras substâncias e (2) calcular possíveis índices de correção.

GENERAL ABSTRACT

Geometric morphometrics and ecomorphological studies in reef fish are still very germinal in Brazil. Geometric morphometrics is considered a powerful tool in studies involving morphological variation because it reveals, with detail and precision, the changes and variations that occurred in body shape based on homologous anatomical markings, which in turn may generate data for the elaboration of hypotheses concerning ecological relations and kinship. Ecomorphology is a branch of ecology that correlates the existing morphological differences between the species and the different actions of environmental pressures they have suffered. Aiming to apply the two techniques mentioned above in reef fish, the following hypotheses were created: 1) homologous and external morphological characteristics may be used to infer phylogeny; 2) ecological aspects may be evaluated through an ecomorphological study and, from these results, it is possible to verify the effects of ecological convergence or divergence; and 3) substances used to fix and conserve fish in ecomorphological studies produce effects. The specimens used in the experiments came from samplings performed in Itamaracá, Serrambi and Tamandaré, all municipalities of Pernambuco State, and also from the scientific collections of the Fish Resource Research and Management Center of the Northeastern Coast (CEPENE - Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste), and from the federal universities of Paraíba, Pernambuco and Rio Grande do Norte. In the laboratory, the specimens were measured and photographed, and the photographs stored in the digital JPEG format. The software used for the analyses involved in each experiment were TPS Digit (Thin Plate Spline), IMP (Integrated Morphometrics Package), PAST (Palaeontological Statistics Software Package), Statistical Discovery Software and Statistics 7.0. The statistical analyses applied to the data set were the Kolmogorov-Smirnov test, Principal Components Analysis, Canonical Variable Analysis, Variance Analysis and Cluster Analysis through the UPGMA method. The results obtained from the ecomorphological study in Pomacentridae and Labridae clearly reveal the convergent aspect in each family, with the encountered ecomorphological patterns reflecting their differences in swimming, foraging and vertical spatial segregation by the different uses of the water column. The geometric morphometrics applied on labrids showed that the observed variations occur in the cranial region, and the generated

cladogram indicated *Halichoeres poeyi* as a sister group of *H. brasiliensis* and *H. dimidiatus*. In pomacentrids, the main morphological variations occurred in the head, body height and caudal peduncle. The formed clusters were well defined, with the smallest distance being observed between *Stegastes sanctipauli* and *S. fuscus*. Within the genus *Stegastes*, *S. variabilis* is the most distant from the other species. *Abudefduf saxatilis*, which belongs to a different genus, is separated from the *Stegastes* species. The experiment concerning the use of preserved specimens in ecomorphology showed that a great part of the attributes suffered variations: in *S. fuscus*, variation occurred in 64% of the attributes, while in *H. poeyi* variation was observed in 54.5% of the attributes. It is possible that this occurred due to the larger body area and consequent greater contact surface of the former species. It was during the passage from formaldehyde to ethanol that the greatest alterations were verified, possibly due to the dehydration caused by the ethanol in the animal. Considering that the ecomorphological attributes are important indexes to the comprehension of fish ecology, we recommend (1) complementary experiments to test new concentrations of formaldehyde and ethanol, besides the inclusion of other substances, and (2) calculation of the possible correction indexes.

INTRODUÇÃO GERAL

O ecossistema recife de coral é complexo, extremamente rico, produtivo e diversificado (Sale, 2002). É considerado um banco genético de vital relevância por apresentar uma ampla variedade de nichos ecológicos para uma quantidade incalculável de organismos de diferentes categorias taxonômicas (Vilaça 2002). A alta diversidade dos peixes recifais pode ser determinada por diversos fatores além da variedade de habitats, desta forma um espectro imensurável de fatores que influenciam o estabelecimento das espécies, tais como: recrutamento, interações ecológicas, vicariância, alta produtividade, estabilidade climática e hidrodinamismo sendo mais complexos em comunidades situadas nos trópicos do que em regiões temperadas (Williams, 1991; Levinton, 1995; Ferreira *et al.* 2001; Floeter *et al.*, 2007).

No Oceano Atlântico tropical existem ambientes recifais de origem calcária, de arenitos, coralíneos propriamente ditos que são amplamente distribuídos, os quais estão situados entre as coordenadas 35°N até 28°S e apresentam grandes distâncias entre si (Floeter *et al.*, 2001). Alguns desses ecossistemas possuem barreiras para dispersão, como a grande pluma de água doce do Rio Amazonas, possuindo muita influência em processos evolutivos nos organismos dos recifes (Bernardi *et al.*, 2000; Muss *et al.*, 2001, Floeter *et al.*, 2001; Floeter *et al.*, 2008).

Dentre a diversidade de peixes recifais encontradas no Brasil destacam-se as famílias Pomacentridae e Labridae, que com distribuição global desempenham inúmeras atividades biológicas e interações ecológicas neste tipo de ecossistema (Carvalho-Filho *et al.*, 2005; Bellwood e Wainwright, 2006). Apesar de compor grupos muito diversificados, variando em tamanhos, formas, cores e habitats (Parenti e Randall, 2000; Carter, 2002; Westneat, 2002); e por constituir em um grande mosaico de padrões ecológicos, suas principais relações filogenéticas se dispõem através das suas sinapomorfias localizadas principalmente na morfologia das peças buco-faringeanas (Stiassny e Jensen, 1987; Nelson, 1994).

A aplicação da genética molecular tem gerado informações adicionais sobre as relações filogenética de Labridae e Pomacentridae (Lauder e Liem, 1983; Stiassny e Jensen, 1987; Tang, 2001; Jang-Liaw *et al.*, 2002; Rocha, 2004; Quenouille *et al.*, 2004; Westneat e Alfaro, 2005). Contudo, informações geradas a partir de estudos morfométricos também podem ser utilizadas na

elaboração de hipóteses filogenéticas (Rohlf, 1990; Peres-Neto, 1995; Acero *et al.*, 2005) inferindo sobre aspectos ecológicos dos organismos, de suas características sobre a sua biologia alimentar, do uso de habitat, da pressão seletiva e da competição (Peres-Neto, 1995). Uma destas inovações corresponde à morfometria geométrica, que consiste em uma ferramenta descritiva, que revela maiores detalhes e precisão as mudanças e variações ocorridas na forma do corpo com base em marcos anatômicos homólogos, geralmente empregados em estudos de evolução e do desenvolvimento ontogenético (Strauss e Bookstein, 1982; Cavalcanti *et al.*, 1999; Monteiro e Reis, 1999; Roth e Mercer, 2000).

Também associada às aplicações das informações de estudos morfológicos, existe a ecomorfologia que tem a finalidade de estabelecer um paralelo entre a morfologia do peixe e sua ecologia. Portanto, fundamenta-se na premissa que as diferenças morfológicas existentes entre as espécies podem estar associadas à ação de diferentes pressões ambientais e biológicas por elas sofridas (Gatz, 1979a; Keast, 1985; Labropoulou e Eleftheriou, 1997; Clifton e Motta, 1998).

Alguns estudos se concentram em estabelecer relações não somente da morfologia funcional dos seus indivíduos, espécies ou comunidades com a ecologia (Gratz, 1979a), mas também padrões de comportamento e adaptações morfológicas de espécies associadas a sua habilidade natatória (Webb, 1984; Dourado, 2002), predação (Keast, 1985), utilização de recursos (Gratz, 1979a, b), preferência por habitat (Chan, 2001) e definição do nicho espacial (Werner, 1977).

A especialização dos peixes quanto aos mecanismos utilizados para a obtenção de alimentos refletem em adaptações na captura de presas potenciais e no seu poder de manobra (Romer e Parson, 1985; Lowe-McConnell, 1999). Segundo Labropoulou e Eleftheriou (1997), as diferenças morfológicas entre as várias espécies de peixes, conseqüentemente, diferentes mecanismos alimentares, permitem que espécies simpátricas coexistam minimizando ou evitando competições interespecíficas.

A presente tese de doutorado que aborda aspectos sobre a morfometria, a ecomorfologia e a filogenia de espécies das famílias Pomacentridae e Labridae encontrando-se dividida em quatro capítulos. No primeiro capítulo foi desenvolvido um estudo sobre os padrões da ecomorfologia das

duas famílias, sendo analisadas separadamente. Em uma etapa intermediária (capítulos 2 e 3) foi analisada a diversidade morfológica das espécies através de técnicas de morfometria geométrica e em seguida estabeleceu-se as relações filogenéticas e ecológicas com dados provenientes da morfometria. O capítulo 2 encontra-se publicado no volume 32, número 2 da revista *Cybium – International Journal of Ichthyology* publicada pela Sociedade Francesa de Ictiologia (Société Française d Ichthyologie). Por fim, no capítulo 4 realizou-se um experimento para testar o efeito das substâncias utilizadas no processo de fixação e conservação de peixes na sua morfologia, e se estes exemplares submetidos a estas condições podem ser utilizados em estudos de ecomorfologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERO, A; TAVERA, J.J. & REYES, J. 2005. - Systematics of the genus *Bagre* (Siluriformes: Ariidae): A morphometric approach. *Cybium*, 29(2): 127-133.
- BELLWOOD, D.R. & WAINWRIGHT, P.C. 2006. The history and biogeography of fishes on coral reefs. pp. 5-32. In: Sale, P. F. *Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem*. 549p. San Diego: Academic Press.
- BERNARDI, G.; ROBERTSON, D.R.; CLIFTON, K.E. e AZZURRO, E. 2000. Molecular systematics and evolutionary ecology of the Atlantic parrotfish genus *Sparisoma*. *Molecular Phylogenetics and evolution*, 15, 292 –300.
- CARVALHO-FILHO, A.; ANDRADE, A.B.; BONALDO, R.M.; FERREIRA, C.E.L.; FLOETER, S.R.; GADDIG, O.B.F.; GASPARINI, J.L.; GERHARDINGER, L.C.; GODOY, E.A.S. JOYEUX, J.C.; KRAJEWSKI, J.P.; KUITER, R.; HOSTIM-SILVA, M.; LUIZ-JÚNIOR, O.J.; MARQUES, S.; MENDES, L.; RANGEL, C.A.; ROCHA, L.A.; ROSA, I.L.; SAMPAIO,

- C.L.C.; SAZIMA, C. & SAZIMA, I. 2005. Peixes recifais do Brasil: uma síntese. *Resumo*: XVI Encontro Brasileiro de ictiologia, UFPB, João Pessoa, PB. p.221.
- CAVALCANTI, M.J; MONTEIRO, L.R. & LOPES, P.R.D. 1999. Landmark-based Morphometric analysis in selected species of Serranid fishes (Perciformes: Teleostei). *Zool. Stud.* 38 (3): 287-294.
- CARTER, J.A. 2002. Pomacentridae. pp. 1694-1700. In: CARPENTER, K.E. (ed). *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals*. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. Nº 5. Rome, FAO.
- CHAN, M.D. 2001. *Fish ecomorphology: predicting habitat preferences stream fishes from their body shape*. PhD Thesis in Fisheries and Wildlife Sciences, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, United States, 252p.
- CLIFTON, K.B. & MOTTA, P.J. 1998. Feeding morphology, diet, and ecomorphological relationships among five Caribbean labrids (Teleostei, Labridae). *Copeia*, 1998 (4): 953-966.
- DOURADO, E.C.S. 2002. *Morfologia trófica de duas espécies de Acestorhynchus Eigenmann & Kennedy, 1903 (Teleostei: Characiformes: Acestorhynchidae), na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense*. Monografia (Graduação), UFMA, São Luís – MA. 29p.
- FERREIRA, C.E.L.; GONÇALVES, J.E.A. & COUTINHO, R. 2001. Fish community structure and habitat complexity in a tropical rocky shore. *Environ. Biol. Fish.* 61: 353-369.

- FLOETER, S R.; GUIMARÃES, R. Z. P.; ROCHA, L. A.; FERREIRA, C. E. L.; RANGEL, C. A.; GASPARINI, J. L. 2001. Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. *Global Ecology and Biogeography*. 10 (4): 423-433.
- FLOETER, S.R.; KROHLING, W.; GASPARINI, J.L; FERREIRA, C.E.L & ZALMON, I.R. 2007. Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover. *Environ Biol Fish.*, 78:147–160.
- FLOETER, S.R.; ROCHA, L.A.; ROBERTSON, D.R.; JOYEUX, J.C.; SMITH-VANIZ, W.F.; WIRTZ, P., EDWARDS, A.J.; BARREIROS, J.P; FERREIRA, C.E.L. GASPARINI, J.L.; BRITO, A.; FALCÓN, J. M., BOWEN, B. W. & BERNARDI, G. 2008. Atlantic reef fish biogeography and evolution. *J. Biogeogr.*, 35, 22–47.
- GATZ, A.J.Jr., 1979a. Communities Organization in fishes as indicated by morphological features. *Ecology.*, 60(4) 711-718.
- GRATZ, A.J.Jr., 1979b. Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane studies. Zoological and .Botanical*, 21 (2): 91-124.
- JANG-LIAW, N;H.; TANG, K.L.; HUI, C-F. & SHAO, K-T. 2002. Molecular phylogeny of 48 species of damselfishes (Perciformes: Pomacentridae) using 12S mtDNA sequences. *Mol Phylogenet Evol.*, 25:445–454.
- KEAST, A. 1985. The piscivore feeding guild of fishes in small freshwater ecosystems. *Environmental Biology of Fish*. 12: 119-129.

- LABROPOULOU, M. & ELEFThERIOU, A. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: important of morphological characteristics in prey selection. *Journal of Fish Biology*. 50: 324-340.
- LAUDER, G.V. & LIEM, K.F. 1983. The evolution and interrelationship of the Actinopterygian fishes. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 150(3): 95-197.
- LEVINTON, J.S. *Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology*. Oxford University Press, New York, 420p., 1995.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. 1999. *Estudos ecológicos e comunidades de peixes tropicais*. 534p. São Paulo: Edusp.
- MONTEIRO, L.R. & REIS, S.F. 1999. Princípios de morfometria geométrica. 198p. Ribeirão Preto: Holos.
- MUSS, A.; ROBERTSON, D.R.; STEPIEN, C.A.; WIRTZ, P. & BOWEN, B. W. 2001. Phylogeography of *Ophioblennius*: the role of ocean currents and geography in reef fish evolution. *Evolution*. 55, 561-572.
- NELSON, J.S. 1994. *Fishes in the world*. 3rd ed. 600p. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- PARENTI, P. & RANDALL, J.E. 2000. An annotated checklist of the species of the labroid fish families Labridae and Scaridae. *Ichthyological Bulletin* (J.L.B. Smith Institute of Ichthyology) 68: 1-97. URL: <http://www.bioline.org.br/request?fb00001>. Acessado em 12/02/2007.

- PERES-NETO, P.R. 1995. Introdução a análises morfométricas. pp 57-89. *In*: Peres-Neto, P.R., Valentin, J. L., Fernandez, F. (eds.). Tópicos em Tratamentos de Dados Biológicos. *Oecol. Bras.*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Rio de Janeiro, 260p.
- QUENOUILLE, B.; BERMINGHAM, E. & PLANES, S. 2004. Molecular systematics of the damselfishes (Teleostei: Pomacentridae): Bayesian phylogenetic analyses of mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Mol Phylogenet Evol*, 31:66–88.
- ROCHA, L.A. 2004. Mitochondrial DNA and color pattern variation in three western Atlantic *Halichoeres* (Labridae), with the revalidation of two species. *Copeia*, 2004(4): 770-782.
- ROHLF, F.J. 1990. Morphometrics. *Annu Rev. Ecol. System.*, 21: 299-316.
- ROMER, A. & PARSONS, T.S.1985. *Anatomia comparada dos vertebrados*. 559p. São Paulo: Atheneu.
- ROTH, V.L. & MERCER, J.M. 2000. Morphometrics in development and evolution, *Am. Zool.*, 4(5): 801-810.
- SALE, P.F. (Ed.). 2002. *Coral Reef Fishes. Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem*. 549p. Academic Press, San Diego.
- STIASSNY, M.L.J. & JENSEN, J.S. 1987. Labroid interrelationships revisited: morphological complexity, key innovations, and the study of comparative diversity. *Bull. Mus. Com. Zool.*, 151(5): 269-319.

STRAUSS R.E. & BOOKSTEIN, F.L. 1982. The truss: body form reconstruction in morphometrics. *Syst. Zool.* 31: 113-135.

TANG, K.L. 2001. Phylogenetic relationships among damselfishes (Teleostei: Pomacentridae) as determined by mitochondrial DNA data. *Copeia*, 3:591–601.

VILAÇA, R. 2002. Recifes biológicos. pp. 229-248. In: Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. (org) 2002. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 382p.

WEBB, P.W. 1984. Body form, locomotion and foraging in aquatic vertebrates. *American Zoologist*. 24;107-120.

WERNER, E.E. 1977. Species packing and niche complementary in three sunfishes. *The American Naturalist*. Vol 111, pp. 979.

WESTNEAT, M.W. & ALFARO, M.E. 2005. Phylogenetic relationships and evolutionary history of the reef fish family Labridae. *Mol. Phylogen. Evol.*, 36 (2):370-390.

WESTNEAT. M.W. 2002. Labridae. pp. 1701-1722. In: CARPENTER, K.E. *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals*. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. Nº 5. Rome, FAO.

WILLIAMS, D. McB. 1991. Patterns and processes in the distribution of coral reef fishes. In: SALE, P (Ed.) *The ecology of fishes on coral reef*. 754p. Academic Press, San Diego.

Capítulo 1

ECOMORFOLOGIA DAS FAMÍLIAS POMACENTRIDAE E LABRIDAE (ACTINOPTERYGII: PERCIFORMES) DO NORDESTE DO BRASIL.

Jorge Luiz Silva NUNES (1), Nivaldo Magalhães PIORSKI (2) e Maria Elisabeth de ARAÚJO (3)

(1) Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, CEP 65500-000, Chapadinha, MA, Brasil. E-mail: [silvanunes@yahoo.com].

(2) Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, CEP 65080-040, São Luís, MA, Brasil. E-mail: [nivaldopiorski@yahoo.com.br].

(3) Grupo de Ictiologia Marinha Tropical, Departamento de Oceanografia da UFPE. Av. da Arquitetura s/n Cidade Universitária, CEP 50740-550, Recife-PE. E-mail: [elisabeth.araujo@ufpe.br].

ABSTRACT - Ecomorphology the families Pomacentridae and Labridae (Actinopterygii: Perciformes) from of northeastern Brazil.

The families Pomacentridae and Labridae are considered typical in reef environments for they present a global geographical distribution associated to this type of marine ecosystem, where they accomplish a series of biological activities and ecological interactions. In Brazil, the pomacentrids, also known as damselfish, compose a list of 12 species and four genera: *Abudefduf*, *Chromis*, *Microspathodon* and *Stegastes*. The labrids, named parrotfish, possess 14 species belonging to six genera: *Bodianus*, *Clepticus*, *Doratonotus*, *Halichoeres*, *Thalassoma* and *Xyrichtys*. A total of 198 specimens divided between five Pomacentridae species (*A. saxatilis*, *S. fuscus*, *S. pictus*, *S. sanctipauli* and *S. variabilis*) and eight labrid species (*B. insularis*, *B. pulchellus*, *B. rufus*, *H. brasiliensis*, *H. bivittatus*, *H. dimidiatus*, *H. poey* and *X. novacula*) were obtained for the ecomorphology analysis. All specimens were morphometrically measured and their values were transformed into ecomorphological attributes. Combined matrixes between species and attributes with individual values and mean values for each family were submitted to Principal Components Analysis. The analysis results for the individual values presented a large overlap between labrids

and pomacentrids The ecomorphological patterns found in Labridae reflected their differences in the attributes associated to the exploration of food resources, while for Pomacentridae the differences were more marked by the occupation of species in the water column. For both families, the ecomorphological patterns were related to speed and swimming skills. The overlaps found in this study clearly reveal the convergent aspect in each family.

Key-words: Pomacentridae, Labridae, ecomorphology, convergence.

RESUMO

As famílias Pomacentridae e Labridae são consideradas típicas de ambientes recifais por apresentarem ampla distribuição geográfica global associada a este tipo de ecossistema marinho, onde desempenham inúmeras atividades biológicas e interações ecológicas. No Brasil os pomacentrídeos, também conhecidos por peixes-donzela, compõem uma lista de 12 espécies e quatro gêneros: *Abudefduf*, *Chromis*, *Microspathodon* e *Stegastes*. Os labrídeos, denominados de budiões, possuem 14 espécies pertencentes a seis gêneros: *Bodianus*, *Clepticus*, *Doratonotus*, *Halichoeres*, *Thalassoma* e *Xyrichtys*. Um total 198 exemplares, divididos entre cinco espécies de pomacentrídeos (*A. saxatilis*, *S. fuscus*, *S. pictus*, *S. sanctipauli* e *S. variabilis*) e oito de labrídeos (*B. insularis*, *B. pulchellus*, *B. rufus*, *H. brasiliensis*, *H. bivittatus*, *H. dimidiatus*, *H. poey* e *X. novacula*), foram obtidos para a análise de ecomorfologia. Todos os exemplares foram medidos morfometricamente seus valores transformados em atributos ecomorfológicos. Matrizes combinadas entre espécies e atributos com valores individuais e valores médios, para cada família, foram submetidas à Análise de Componentes Principais. Os resultados da análise dos valores individuais apresentaram grande sobreposição para as espécies de labrídeos e de pomacentrídeos. Os padrões ecomorfológicos encontrados para Labridae refletiram suas diferenças nos atributos associados à exploração de recursos alimentares, enquanto para Pomacentridae as diferenças foram mais marcantes pela ocupação das espécies na coluna d'água. Para ambas as famílias, os padrões ecomorfológicos ficaram agregados à velocidade e habilidade natatória. As sobreposições encontradas neste estudo podem revelar claramente o aspecto convergente em cada família.

Palavras-chave: Pomacentridae, Labridae, ecomorfologia, convergência.

INTRODUÇÃO

As famílias Pomacentridae e Labridae são consideradas típicas de ambientes recifais por apresentarem distribuição geográfica global associada a este tipo de ecossistema marinho onde desempenham inúmeras atividades biológicas e interações ecológicas (Carvalho-Filho *et al.*, 2005; Bellwood e Wainwright, 2006). Compõem um grupo muito diversificado, apresentando muitas variações de tamanho, formas, cores e habitats (Parenti e Randall, 2000; Westneat, 2002). Estas estão reunidas na subordem Labroidei, que constitui um clado monofilético, cuja sinapomorfia principal está baseada na morfologia das peças buco-faringeanas (Stiassny e Jensen, 1987; Nelson, 1994).

No contexto mundial, os pomacentrídeos são representados por 28 gêneros e 321 famílias (Allen, 1991; Nelson, 1994), enquanto que os labrídeos apresentam 68 gêneros e 453 espécies (Parenti e Randall, 2000; Westneat, 2002). No Brasil os pomacentrídeos, também conhecidos por peixes-donzela (Ferreira *et al.*, 1998, 2001; Carvalho-Filho, 1999, Novelli *et al.*, 2000), compõem uma lista de 14 espécies e quatro gêneros: *Abudefduf*, *Chromis*, *Microspathodon* e *Stegastes* (Menezes e Figueiredo, 1985). Os labrídeos, denominados de budiões (Ferreira *et al.*, 1995; Carvalho-Filho, 1999), possuem 16 espécies pertencentes a seis gêneros: *Bodianus*, *Clepticus*, *Doratonotus*, *Halichoeres*, *Thalassoma* e *Xyrichtys* (Menezes e Figueiredo, 1985; Moura *et al.*, 2003).

Os pomacentrídeos são peixes pequenos, na sua maioria possuem o corpo oval, alto e comprimido lateralmente, boca pequena e mandíbulas moderadamente protráteis com dentes incisivos (Menezes e Figueiredo, 1985; Nelson, 1994; Carter, 2002). Os hábitos alimentares são variados, incluindo espécies herbívoras, onívoras, coralívoras ou planctívoras (Ferreira *et al.*, 2001; Froese e Pauly, 2007; Friédérich *et al.*, 2008).

As principais características morfológicas encontradas nos labrídeos são as seguintes: boca terminal protrátil com dentes caninos grandes que geralmente sobressaem externamente; placas de dentes faringeanos cônicos ou tuberculares (Menezes e Figueiredo, 1985; Nelson, 1994; Westneat, 2002). Os labrídeos são exclusivamente carnívoros do tipo invertívoro, sendo que a

morfologia funcional dos seus aparatos bucofaringeanos influencia diretamente na escolha das suas presas (Clifton e Motta, 1998, Wainwright, 1988; Ferry-Graham *et al.*, 2002; Wainwright *et al.*, 2004).

A ecomorfologia fundamenta-se na premissa que as diferenças morfológicas existentes entre as espécies podem estar associadas à ação de diferentes pressões ambientais e biológicas por elas sofridas (Gatz, 1979; Keast, 1985; Labropoulou e Eleftheriou, 1997; Clifton e Motta, 1998). Tais diferenças podem ser estudadas através do emprego de índices morfométricas denominados atributos ecomorfológicos. Esses índices expressam as características do indivíduo em relação ao seu meio e podem ser interpretados como indicadores de hábitos de vida ou de adaptações das espécies à ocupação de diferentes habitats (Gatz, 1979; Watson e Balon, 1984; Jerry e Cairns, 1998; Ferrito *et al.*, 2007). Através deles são fornecidas informações sobre vários processos ecológicos, uma vez que essas características são resultados de um longo processo de evolução orgânica (Motta *et al.*, 1995a; Norton, 1995; Norton *et al.*, 1995; Peres-Neto, 1995; Mittelbach *et al.*, 1999).

O objetivo deste capítulo foi comparar ecomorfológicamente os peixes das famílias Pomacentridae e Labridae para inferir aspectos da sua convergência e/ou divergência evolutiva dentro de cada família.

MATERIAL E MÉTODOS

Os exemplares utilizados neste estudo foram decorrentes tanto de capturas realizadas em Tamandaré e Itamaracá, municípios do estado de Pernambuco, quanto do material depositado nas coleções científicas do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste (CEPENE) e das Universidades Federais da Paraíba, de Pernambuco e do Rio Grande do Norte. Os exemplares foram capturados com autorização do IBAMA número 11962-1 e encontram-se preservados no Laboratório de Nécton para serem posteriormente tombados na coleção de peixes do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco. Os petrechos de

pescas aplicados nas capturas foram o arpão, linha e anzol, arbaletes, covos e redes de pescas pequenas usadas em cercos tendo ouriços como isca.

Um total de cinco espécies de pomacentrídeos e oito de labrídeos foram obtidos para a análise de ecomorfologia: *A. saxatilis*, n = 14; *S. fuscus*, n = 62; *S. pictus*, n = 7; *S. sanctipauli*, n = 20; *S. variabilis*, n = 7; *B. insularis*, n = 5; *B. pulchellus*, n = 2; *B. rufus*, n = 12; *H. brasiliensis*, n = 20; *H. bivittatus*, n = 3; *H. dimidiatus*, n = 11; *H. poey*, n = 19; *X. novacula*, n = 6.

Foram escolhidos os maiores exemplares a fim de minimizar variações de características morfométricas decorrentes dos efeitos da alometria (Strauss, 1985; Klingenberg, 1998; Gayon, 2000). As medidas morfométricas dos peixes foram feitas com auxílio de um paquímetro de aço inoxidável digital, com 0,01mm de precisão (Tab. I). Para diminuir a manipulação dos exemplares durante a medição e não causar deformações e/ou danos na sua estrutura corporal, as medidas morfométricas foram tomadas com auxílio de alfinetes fixados nos marcos anatômicos dos espécimes que foram colocados sobre uma placa de isopor revestida por E.V.A. (Etil Vinil Acetato). Cada distância entre dois alfinetes correspondia a uma das medidas listadas na tabela I. Este procedimento foi repetido três vezes com cada exemplar e o resultado final constou da sua média aritmética para cada medida. Seguindo-se Beaumord e Petrere (1994) e Cassati e Castro (2006), as áreas do corpo e das nadadeiras peitoral, dorsal e caudal foram calculadas fazendo seu contorno desenhado sobre uma folha de papel milimetrado.

Tabela I - Medidas morfométricas utilizadas para obtenção dos atributos ecomorfológicos dos espécimes de labrídeos e pomacentrídeos estudados, nordeste do Brasil.

1.	Comprimento padrão: medido da ponta do focinho ao final da coluna vertebral;
2.	Altura máxima do corpo: obtida na região de maior altura do corpo;
3.	Largura máxima do corpo: obtida na região de maior largura do corpo;
4.	Área do corpo: (comprimento do corpo X altura máxima do corpo);
5.	Comprimento do pedúnculo caudal: linha vertical no nível das margens posterior da nadadeira mediana mais posterior, até o término da coluna vertebral;
6.	Altura de pedúnculo caudal: medida no seu ponto mediano;
7.	Largura do pedúnculo caudal: medida no seu ponto mediano;
8.	Comprimento máximo da nadadeira peitoral: distância da base ao ponto extremo da nadadeira;
9.	Largura máxima da nadadeira peitoral;
10.	Altura da nadadeira caudal: máxima distância vertical entre os raios, quando totalmente estendidos;
11.	Altura da cabeça abaixo do meio do olho;
12.	Distância da ponta do focinho até a margem posterior do opérculo;
13.	Largura da boca (totalmente aberta);
14.	Altura da boca;
15.	Altura da linha média do corpo: distância da linha média que corta o corpo longitudinalmente (da boca à cauda) ao ventre;

A partir das médias das medidas morfométricas obtidas de cada exemplar, foram calculados, separadamente por cada uma das duas famílias, os 14 atributos ecomorfológicos de acordo com os trabalhos de Gatz (1979), Mahon (1984), Beaumord e Petrere (1994), Gomes *et al.* (2003), Piorski *et al.* (2005), Cassati e Castro (2006), Gibran (2007) e Piorski *et al.*, (2007). Estes índices ecológicos são interpretados como indicadores de hábitos ou adaptações encontradas para exploração de diferentes habitats (Beaumord e Petrere, 1994). Os atributos ecomorfológicos utilizados neste trabalho e a sua interpretação ecológica estão descritos a seguir:

1) Índice de Compressão do Corpo (IC): Razão entre a altura máxima do corpo e a largura máxima do corpo. Valores altos indicam peixes comprimidos lateralmente, habitantes de águas lentas ou águas superficiais (Gatz, 1979; Watson e Balon, 1984).

2) Altura Relativa do Corpo (ARC): Razão entre a altura máxima do corpo e o comprimento padrão. Baixos valores geralmente são característicos de peixes bentônicos e/ou habitantes onde a correnteza é muito forte. Diretamente relacionados com a capacidade de realizar deslocamentos verticais (Gatz, 1979).

- 3) Índice de Achatamento Ventral (IAV):** Razão entre a altura da linha média e a altura máxima do corpo. Baixos valores apontam peixes bentônicos associados a ambientes muito hidrodinâmicos, possibilitando posicionamento estacionário (Mahon, 1984).
- 4) Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (CRPC):** Razão entre o comprimento do pedúnculo caudal e o comprimento padrão. Peixes com grande habilidade natatória exibem valores altos, incluindo peixes bentônicos habitantes de ambientes com hidrodinamismo elevado (Gatz, 1979; Watson e Balon, 1984).
- 5) Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal (ICPC):** Razão entre a altura do pedúnculo e a largura do pedúnculo. Valores altos correspondem a peixes bentônicos lentos e de pouca habilidade natatória (Gatz, 1979).
- 6) Configuração da Nadadeira Peitoral (CNP):** Razão entre o comprimento máximo da nadadeira peitoral e a sua largura máxima. Valores altos indicam uma nadadeira estreita e longa, encontrada em peixes que nadam muito (Piorski *et al.*, 2005).
- 7) Área Relativa da Nadadeira Peitoral (ARNP):** Razão entre a área da nadadeira peitoral e a área do corpo. Altos valores indicam nadadeiras grandes, associada aos nadadores lentos ou habitantes ambientes muito hidrodinâmicos (Gatz, 1979; Fulton *et al.*, 2001).
- 8) Posição Relativa dos Olhos (PRO):** Razão entre a medida da altura da cabeça, abaixo do meio do olho, e o comprimento padrão. Valores altos indicam animais bentônicos (Piorski *et al.*, 2005).
- 9) Comprimento Relativo da Cabeça (CRC):** Razão entre a distância da ponta do focinho até a margem posterior do opérculo e o comprimento padrão. Valores altos indicam peixes que capturam as presas relativamente grandes, espécies predadoras (Gatz, 1979).
- 10) Largura Relativa da Boca (LRB):** Razão entre a largura da boca e o comprimento padrão. Valores maiores ocorrem em espécies predadoras que consomem presas grandes (Gatz, 1979).
- 11) Altura Relativa da Boca (ARB):** Razão entre a altura da boca e o comprimento padrão. Valores maiores ocorrem em espécies predadoras que consomem presas grandes (Gatz, 1979).
- 12) Altura Relativa da Nadadeira Caudal (AtRNC):** Razão entre a altura da nadadeira caudal e a altura do pedúnculo caudal. Valores altos indicam cauda adaptada para a natação veloz (Balon *et al.*, 1986).

13) Área Relativa da Nadadeira Dorsal (ARND): Razão entre a área da nadadeira dorsal e a área do corpo. Áreas relativamente pequenas podem funcionar com maior eficácia em águas turbulentas (Casatti e Castro, 2006).

14) Área Relativa da Nadadeira Caudal (ArRNC): Razão entre a área da nadadeira caudal e a área do corpo. Altos valores indicam grande velocidade propulsão, sendo uma forma comum de natação em peixes bentônicos (Casatti e Castro, 2006).

Uma Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada sobre uma matriz de correlação, combinada de espécies e dos atributos ecomorfológicos, foi realizada através do programa Palaeontological Statistics Software Package (PAST), versão 1.37, desenvolvida por Hammer *et al.* (2001). Por meio da ACP, que é um método de ordenação, pode-se obter uma melhor visualização e identificação da variação por meio do posicionamento dos escores (peixes) em um gráfico, maximizando as informações sobre suas variações através da transformação de variáveis não correlacionadas e independentes, dispostas em combinações lineares e em ordem decrescente de importância (Ayres *et al.*, 2000; Gibran, 2004). Seguindo as recomendações de Watson e Balon (1984), Gomes *et al.* (2003), Piorski *et al.* (2005) e Piorski *et al.*, (2007), utilizou-se apenas os fatores com autovalores maiores que 1,0 por serem considerados significantes e não sofrerem influência da variância residual. As famílias Labridae e Pomacentridae foram submetidas a uma ACP separadamente para permitir uma melhor ordenação das espécies de acordo com sua estrutura corporal, para verificar as possíveis variações morfológicas e diferenças ecológicas no ambiente compartilhado.

RESULTADOS

1. Labridae

A análise de Componentes Principais produziu os três primeiros eixos com autovalores maiores que 1,0, permitindo a identificação dos atributos ecomorfológicos que caracterizam a variação encontrada entre as espécies estudadas. Os três primeiros eixos acumulam 56,82% de variação (Tab. II). No primeiro eixo, a maior variação encontrada (25,61%) referente aos atributos

que mais contribuíram foram as seguintes: a Altura Relativa da Nadadeira Caudal, apresentando valor positivo e o Índice de Achatamento Ventral, o Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal e o Comprimento Relativo da Cabeça, com valores negativos (Tab. II).

Tabela II – Cargas dos atributos ecomorfológicos calculadas a partir das medidas individuais dos exemplares de labrídeos estudados nos três primeiros componentes principais. Os atributos mais importantes para definição dos fatores, que resumem a maior parte da variação entre as espécies, estão em negrito.

Atributos	CP1 (2,304)	CP2 (1,451)	CP3 (1,358)
IC	-0,457	0,616	-0,188
ARC	-0,580	0,549	0,314
IAV	-0,820	-0,263	0,408
CRPC	0,188	0,543	0,436
ICPC	-0,601	-0,184	-0,243
CNP	-0,337	0,060	-0,700
PRO	0,275	0,593	-0,294
CRC	-0,604	-0,078	0,425
AtRNC	0,757	0,092	0,220
Variância (%)	25,61	16,12	15,09
Variância Total			56,82

Halichoeres poeyi foi caracterizada como peixe que melhor anula as forças de oposição ao seu movimento de natação devido aos maiores valores apresentados do ICPC e AtRNC em relação aos outros labrídeos estudados; *B. insularis*, *B. pulchellus* e *X. novacula* possuem as cabeças relativamente grandes, comportamentos bentônico e grande habilidade natatória devido ao Índice de Compressão do Pedúnculo da Nadadeira Caudal. *Bodianus rufus*, *H. brasiliensis*, *H. bivittatus* e *H. dimidiatus* apresentam-se em posição intermediária devido à exposição dos seus escores no centro dos eixos (Fig. 1).

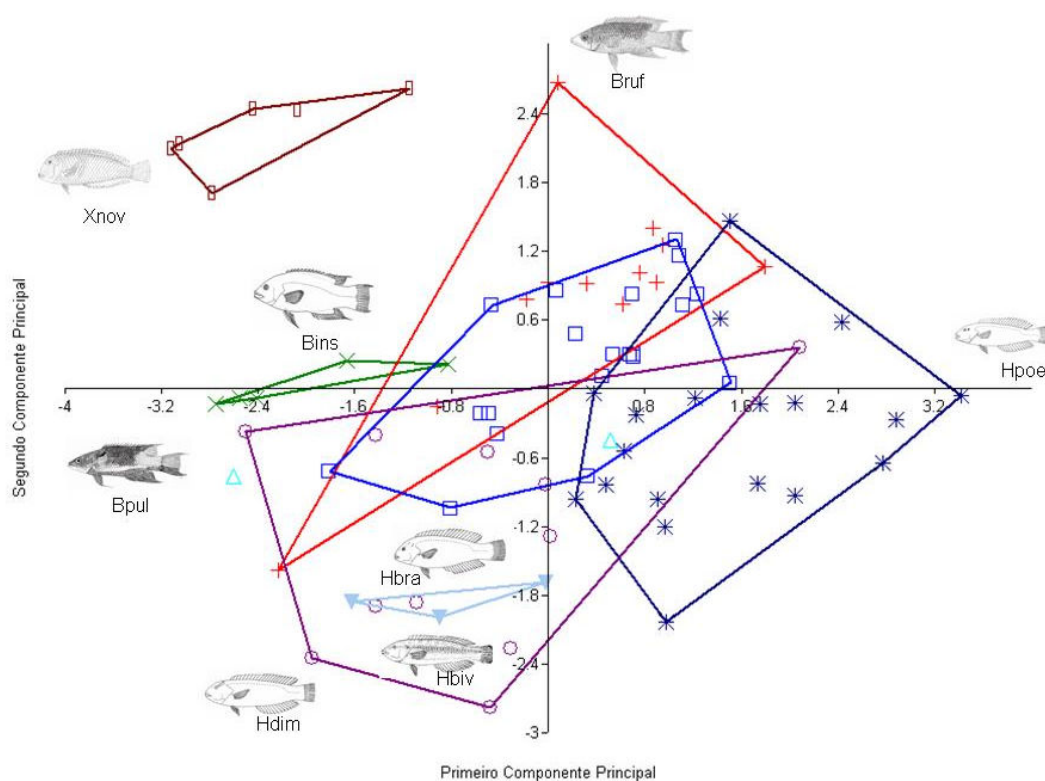


Figura 1 – Projeção dos escores individuais no primeiro e segundo eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos de oito espécies de Labridae, nordeste do Brasil: **Xis verde**, Bins: *Bodianus insularis*; **Triângulo verde claro**, Bpul: *B. pulchellus*; **Cruz vermelha**, Bruf: *B. rufus*; **Triângulo cinza claro**, Hbiv: *Halichoeres bivittatus*; **Quadrado azul**, Hbra: *H. brasiliensis*; **Círculo roxo**, Hdim: *H. dimidiatus*; **Asterisco azul**, Hpoe: *H. poeyi*; **Retângulo marrom**, Xnov: *Xyrichtys novacula*.

O segundo eixo, com 16,12% da variância da ACP, foi influenciado pelos atributos ecomorfológicos do Índice de Compressão do Corpo, Altura Relativa da cabeça, Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal e Posição Relativa dos Olhos; todos apresentaram valores positivos (Tab. II). *Xyrichtys novacula* foi caracterizada como tendo corpo comprimido lateralmente e alto; enquanto *Bodianus rufus* e *H. brasiliensis* possuem na configuração pedúnculos caudais longos e olhos tendendo uma posição mais dorsal. Em contraste, com os principais atributos definidos no segundo eixo as espécies *B. pulchellus*, *H. bivittatus*, *H. dimidiatus* e *H. poeyi* apresentaram corpo menos comprimido e baixo, configurando um corpo relativamente mais fusiforme que os demais (Fig. 1).

O terceiro eixo sobre a ACP apresentou a Configuração da Nadadeira Peitoral como o principal atributo ecomorfológico, com valor negativo (Tab. II), discriminando bem as espécies *B. insularis* e *X. novacula* das demais espécies analisadas por configurarem como espécies que podem melhor utilizar a nadadeira peitoral para maior propulsão durante sua natação (Fig. 2).

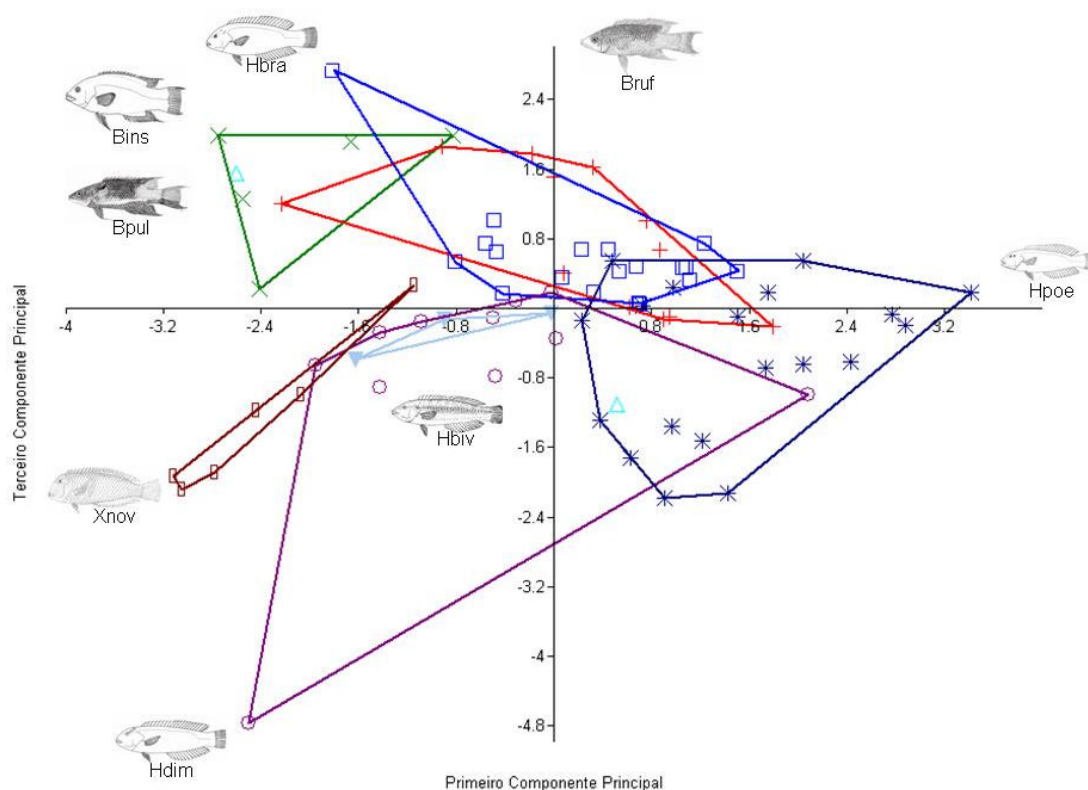


Figura 2 – Projeção dos escores individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos de oito espécies de Labridae, nordeste do Brasil: **Xis verde**, **Bins**: *Bodianus insularis*; **Triângulo verde claro**, **Bpul**: *B. pulchellus*; **Cruz vermelha**, **Bruf**: *B. rufus*; **Triângulo cinza claro**, **Hbiv**: *Halichoeres bivittatus*; **Quadrado azul**, **Hbra**: *H. brasiliensis*; **Círculo roxo**, **Hdim**: *H. dimidiatus*; **Asterisco azul**, **Hpoe**: *H. poeyi*; **Retângulo marrom**, **Xnov**: *Xyrichtys novacula*.

A Tabela III apresenta as médias aritméticas e desvios padrões de cada atributo ecomorfológico, com sua respectiva espécie. Uma matriz combinada das médias dos atributos com as espécies de labrídeos produziu três eixos com autovalores maiores que 1,0 quando submetidos a uma análise de Componentes Principais (Tab. IV).

Tabela III – Médias aritméticas (M) e desvios padrões (DP) dos valores de 9 atributos ecomorfológicos calculados das espécies de labrídeos estudadas, nordeste do Brasil. IC, índice de compressão do corpo; ARC, altura relativa do corpo; IAV, índice de achamento ventral; CRPC, comprimento relativo do pedúnculo caudal; ICPC, índice de compressão do pedúnculo caudal, CNP, configuração da nadadeira peitoral; PRO, posição relativa dos olhos; CRC, comprimento relativo da cabeça; AtRNC, altura relativa da nadadeira caudal.

Espécies		IC	ARC	IAV	CRPC	ICPC	CNP	PRO	CRC	AtRNC
Bins	M	2,29	0,37	0,49	0,16	2,93	0,93	0,14	0,33	1,48
	DP	0,44	0,02	0,04	0,01	0,48	0,34	0,01	0,02	0,37
Bpul	M	2,24	0,33	0,54	0,16	3,24	1,17	0,13	0,23	1,56
	DP	0,02	0,01	0,13	0,01	0,54	0,32	0,01	0,15	0,23
Bruf	M	2,06	0,32	0,46	0,19	2,82	1,00	0,20	0,28	1,94
	DP	0,11	0,04	0,11	0,03	0,39	0,13	0,04	0,06	0,23
Hbiv	M	1,99	0,28	0,45	0,11	3,34	1,36	0,13	0,30	1,84
	DP	0,09	0,01	0,03	0,01	0,80	0,09	0,01	0,01	0,11
Hbra	M	2,40	0,30	0,51	0,15	2,49	1,01	0,19	0,28	2,11
	DP	0,15	0,02	0,14	0,03	0,37	0,14	0,02	0,02	0,15
Hdim	M	1,93	0,28	0,45	0,12	3,49	1,26	0,18	0,28	1,63
	DP	0,18	0,02	0,12	0,02	0,52	0,96	0,03	0,02	0,26
Hpoe	M	2,00	0,27	0,41	0,13	2,53	1,09	0,20	0,25	2,17
	DP	0,22	0,02	0,08	0,02	0,47	0,33	0,02	0,04	0,31
Xnov	M	3,49	0,36	0,45	0,14	3,29	1,65	0,21	0,28	1,50
	DP	0,36	0,01	0,08	0,03	0,58	0,49	0,00	0,00	0,16

Legenda: **Bins**: *Bodianus insularis*, **Bpul**: *B. pulchellus*; **Bruf**: *B. rufus*; **Hbiv**: *Halichoeres bivittatus*; **Hbra**: *H. brasiliensis*; **Hdim**: *H. dimidiatus*; **Hpoe**: *H. poeyi*; **Xnov**: *Xyrichtys novacula*.

Tabela IV – Cargas dos atributos ecomorfológicos calculadas a partir das médias dos exemplares de labrídeos estudados nos três primeiros componentes principais. Os atributos mais importantes para definição dos fatores que resumem a maior parte da variação entre as espécies estão em negrito.

Atributos	CP1 (3,339)	CP2 (2,288)	CP3 (1,459)
IC	0,346	0,534	-0,467
ARC	0,888	0,534	0,143
IAV	0,084	0,364	0,863
CRPC	0,893	-0,088	0,388
ICPC	-0,051	0,720	-0,359
CNP	0,877	-0,205	-0,100
PRO	0,698	-0,459	-0,425
CRC	0,599	0,147	-0,045
AtRNC	0,061	-0,944	0,045
Variância (%)	37,10	25,42	16,21
Variância Total			78,51

A análise de Componentes Principais permitiu a identificação dos atributos que mais influenciaram na diferenciação das espécies de labrídeos. A variação acumulada nos três eixos principais corresponde a 78,51% (Tab. IV). A maior variação, encontrada no primeiro eixo, decorreu das seguintes características: Altura Relativa do Corpo, Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal, Configuração da Nadadeira Peitoral, Posição Relativa dos Olhos e Comprimento Relativo da Cabeça, todos com valores positivos. As espécies que se destacam no primeiro eixo, em ordem decrescente são: *B. rufus*, *X. novacula*, *B. insularis* e *H. brasiliensis*. A combinação destas variáveis caracteriza estas espécies como detentoras de grande agilidade natatória, potenciais consumidoras presas de tamanho grande e ampla exploração de recursos na coluna d'água (Fig. 3).

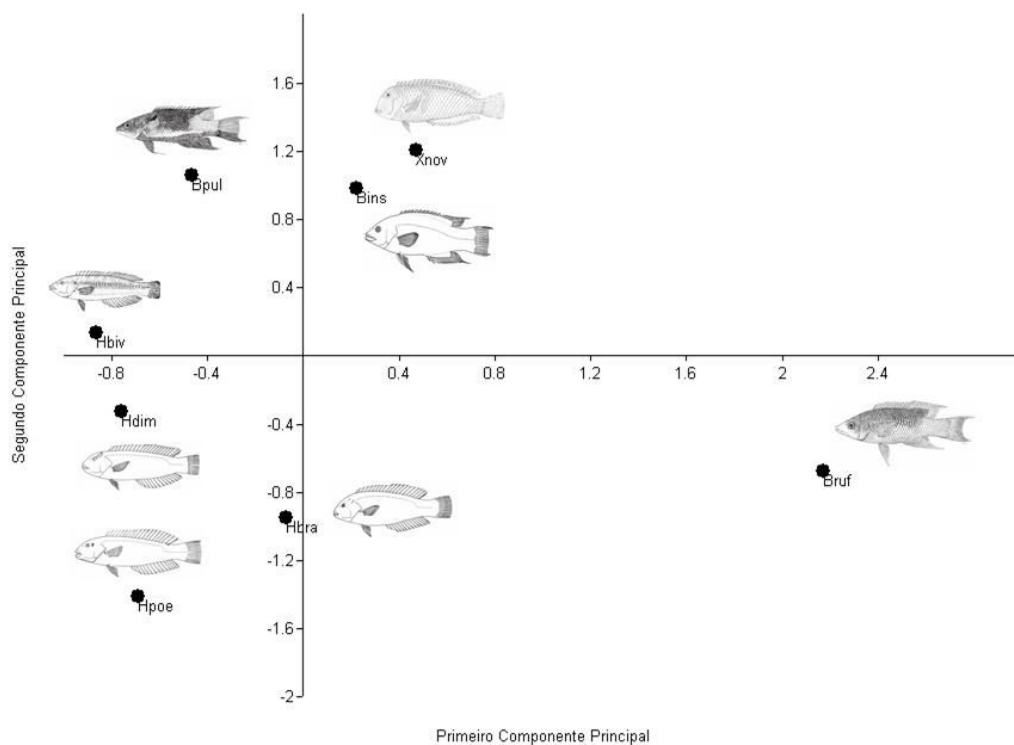


Figura 3 – Projeção do primeiro e segundo eixos do componente principal da média dos atributos ecomorfológicos de oito espécies de Labridae, nordeste do Brasil: **Bins**, *Bodianus insularis*; **Bpul**, *B. pulchellus*; **Bruf**, *B. rufus*; **Hbiv**, *Halichoeres bivittatus*; **Hbra**, *H. brasiliensis*; **Hdim**, *H. dimidiatus*; **Hpoe**, *H. poeyi*; **Xnov**, *Xyrichtys novacula*.

O segundo eixo principal explicou 25,42% da variação dos dados destacando os atributos Índice de Compressão do Corpo, Altura Relativa do Corpo, Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal e Altura Relativa da Nadadeira Caudal, sendo que este último atributo possui cargas negativas (Tab. IV). *Xyrichtys novacula*, *B. pulchellus* e *B. insularis* correspondem às espécies que mais se destacam por estes atributos seguidos por *H. bivittatus* (Fig. 3).

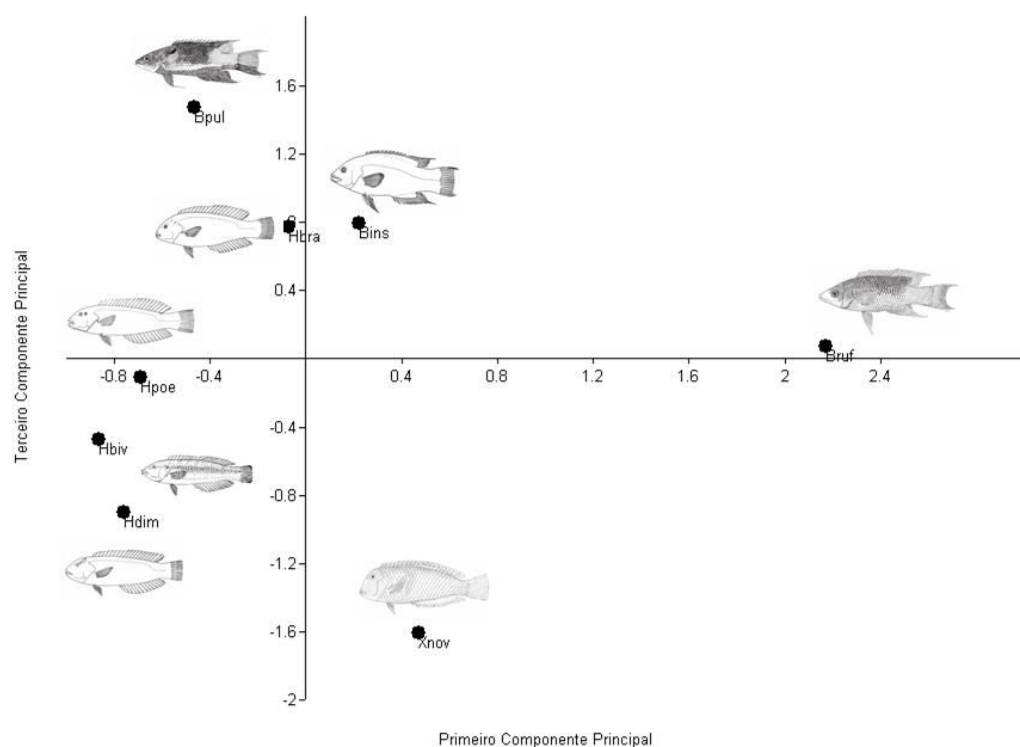


Figura 4 – Projeção do primeiro e terceiro eixos do componente principal da média dos atributos ecomorfológicos de oito espécies de Labridae, nordeste do Brasil: **Bins**, *Bodianus insularis*; **Bpul**, *B. pulchellus*; **Bruf**, *B. rufus*; **Hbiv**, *Halichoeres bivittatus*; **Hbra**, *H. brasiliensis*; **Hdim**, *H. dimidiatus*; **Hpoe**, *H. poeyi*; **Xnov**, *Xyrichtys novacula*.

O terceiro eixo apresentou o Índice de Achatamento Ventral como o principal atributo responsável pela segregação das espécies de labrídeos (Tab. IV). As espécies *B. pulchellus*; *B. insularis* e *H. brasiliensis* foram caracterizadas fortemente por este atributo, enquanto que *X. novacula* se posicionou em uma condição inversamente influenciada (Fig. 4).

2. Pomacentridae

Os três primeiros eixos resultantes da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada sobre uma matriz dos atributos ecomorfológicos individuais dos espécimes de pomacentrídeos acumularam um total de 59,4% da variação total da amostra (Tab. V). No primeiro eixo da ACP há explicação de 24,43% da variação, o qual forma dois grupos: o primeiro grupo é formado por *S.*

fuscus, *S. pictus* e *S. sanctipauli*; o segundo grupo corresponde a *A. saxatilis* e *S. variabilis* (Fig. 5). Neste eixo os atributos que apresentam as maiores cargas foram: Índice de Compressão do Corpo, Altura Relativa do Corpo e Posição Relativa dos Olhos (Tab. V). *Stegastes variabilis* é a espécie que apresenta os maiores valores do Índice de Compressão do Corpo e Altura Relativa do Corpo, ambos com cargas negativas, seguida por *A. saxatilis*; enquanto o primeiro grupo formado pelas outras três espécies se caracteriza pelas maiores cargas na Posição Relativa dos Olhos. Assim, o primeiro eixo discrimina as espécies por diferentes graus de habilidade natatória e capacidade de exploração de recursos na coluna d'água (Fig. 5).

Tabela V – Cargas dos atributos ecomorfológicos calculadas a partir das medidas individuais dos exemplares de pomacentrídeos estudados nos três primeiros componentes principais. Os atributos mais importantes para definição dos fatores que discriminam as espécies estão em negrito.

Atributos	CP1 (3,420)	CP2 (2,534)	CP3 (2,363)
IC	-0,493	0,057	-0,029
ARC	-0,474	0,198	0,041
IAV	-0,200	0,034	-0,214
CRPC	-0,156	-0,367	-0,293
ICPC	-0,148	-0,254	-0,240
ArRNC	-0,090	0,243	-0,498
CNP	-0,307	-0,392	-0,069
ARNP	0,065	0,449	-0,176
ARND	0,007	0,197	-0,566
PRO	0,390	0,017	-0,158
CRC	-0,103	0,016	0,364
LRB	-0,081	-0,109	0,009
ARB	0,281	0,334	0,166
AtRNC	-0,302	0,426	0,137
Variância (%)	24,43	18,10	16,87
Variância Total			59,40

O segundo eixo produzido pela análise de Componentes Principais explicou 18,10% da variação, sendo fortemente influenciada pelos atributos Área Relativa da Nadadeira Peitoral e Altura Relativa da Nadadeira Caudal, que apresentaram os maiores valores em *A. saxatilis*; *S. fuscus*, *S. pictus* e *S. sanctipauli* estão em posição intermediária e *S. variabilis* apresenta os

menores valores (Tab. V, Fig. 5). Neste componente a combinação dos valores apresentados nos dois atributos segrega os peixes quanto a sua maior habilidade natatória.

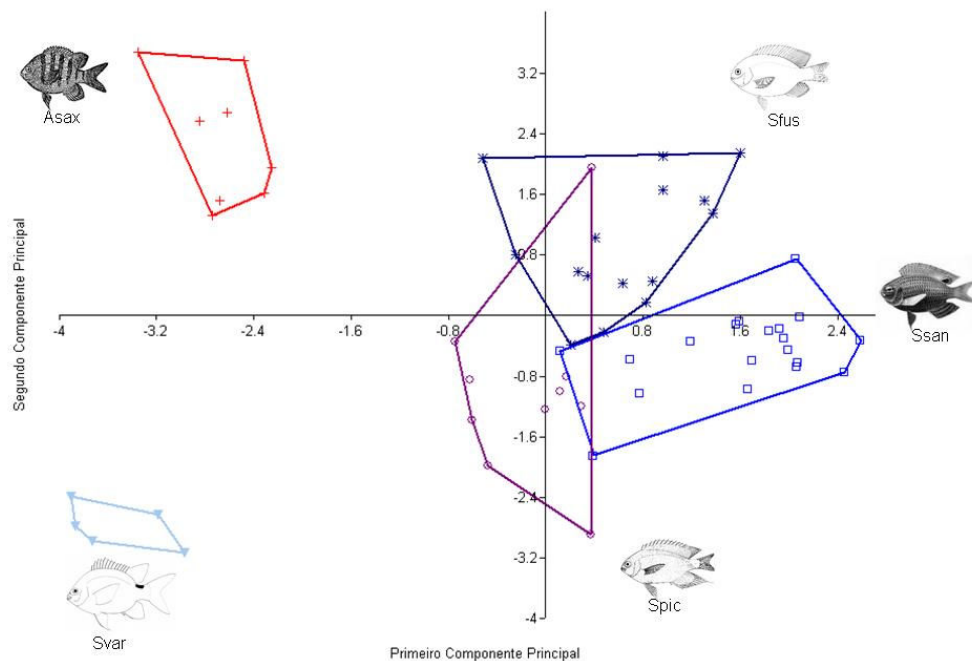


Figura 5 – Projeção dos escores individuais no primeiro e segundo eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos de cinco espécies de Pomacentridae, nordeste do Brasil: **Cruz vermelha**, **Asax**: *Abudefduf saxatilis*; **Asterisco azul escuro**, **Sfus**: *Stegastes fuscus*; **Círculo roxo**, **Spic**: *S. pictus*; **Quadrado azul claro**, **Ssan**: *S. sanctipauli*; **Triângulo cinza**, **Svar**: *S. variabilis*.

Os atributos mais importantes do terceiro componente são a Área Relativa da Nadadeira Caudal e a Área Relativa da Nadadeira Dorsal, as quais apresentam valores negativos, porém não separam as espécies analisadas (Tab. V, Fig. 6). Contudo, esses atributos caracterizam as espécies com grande capacidade de equilíbrio e propulsão, resultando também na habilidade natatória, indicando ser *S. pictus* aquela com essa maior habilidade.

Tabela VI – Médias aritméticas (M) e desvios padrões (DP) dos valores de 9 atributos ecomorfológicos calculados das espécies de pomacentrídeos estudadas, nordeste do Brasil. IC, índice de compressão do corpo; ARC, altura relativa do corpo; IAV, índice de achamento ventral; CRPC, comprimento relativo do pedúnculo caudal; ICPC, índice de compressão do pedúnculo caudal, ArRNC, área relativa da nadadeira caudal; CNP, configuração da nadadeira peitoral; ARNP, área relativa da nadadeira peitoral; ARND, área relativa da nadadeira dorsal; PRO, posição relativa dos olhos; CRC, comprimento relativo da cabeça; LRB, largura relativa da boca; ARB, altura relativa da boca; AtRNC, altura relativa da nadadeira caudal.

Espécies		IC	ARC	IAV	CRPC	ICPC	ArRNC	CNP	ARNP	ARND	PRO	CRC	LRB	ARB	AtRNC
Asax (n=8)	M	3,20	0,63	0,50	0,11	2,40	0,15	0,88	0,09	0,20	0,17	0,30	0,09	0,13	3,76
	DP	0,11	0,02	0,04	0,01	0,64	0,03	0,08	0,03	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,61
Ssan (n=19)	M	2,29	0,44	0,39	0,12	2,83	0,10	0,96	0,07	0,17	0,27	0,29	0,08	0,13	1,91
	DP	0,20	0,02	0,05	0,02	0,39	0,02	0,17	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,23
Spic (n=10)	M	2,66	0,49	0,55	0,14	3,17	0,16	1,15	0,07	0,24	0,25	0,28	0,09	0,09	1,66
	DP	0,22	0,03	0,15	0,03	0,23	0,07	0,23	0,02	0,14	0,07	0,04	0,01	0,02	0,25
Sfus (n=15)	M	2,47	0,50	0,47	0,12	2,72	0,13	0,82	0,10	0,23	0,29	0,28	0,07	0,11	2,57
	DP	0,22	0,04	0,09	0,02	0,40	0,03	0,09	0,03	0,05	0,04	0,05	0,01	0,02	0,28
Svar (n=5)	M	3,09	0,58	0,49	0,18	2,82	0,11	2,42	0,05	0,18	0,16	0,32	0,08	0,06	2,35
	DP	0,16	0,03	0,04	0,01	0,17	0,02	0,16	0,01	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,26

Legenda: **Asax:** *Abudefduf saxatilis*; **Sfus:** *Stegastes fuscus*; **Spic:** *S. pictus*; **Ssan:** *S. sanctipauli*; **Svar:** *S. variabilis*.

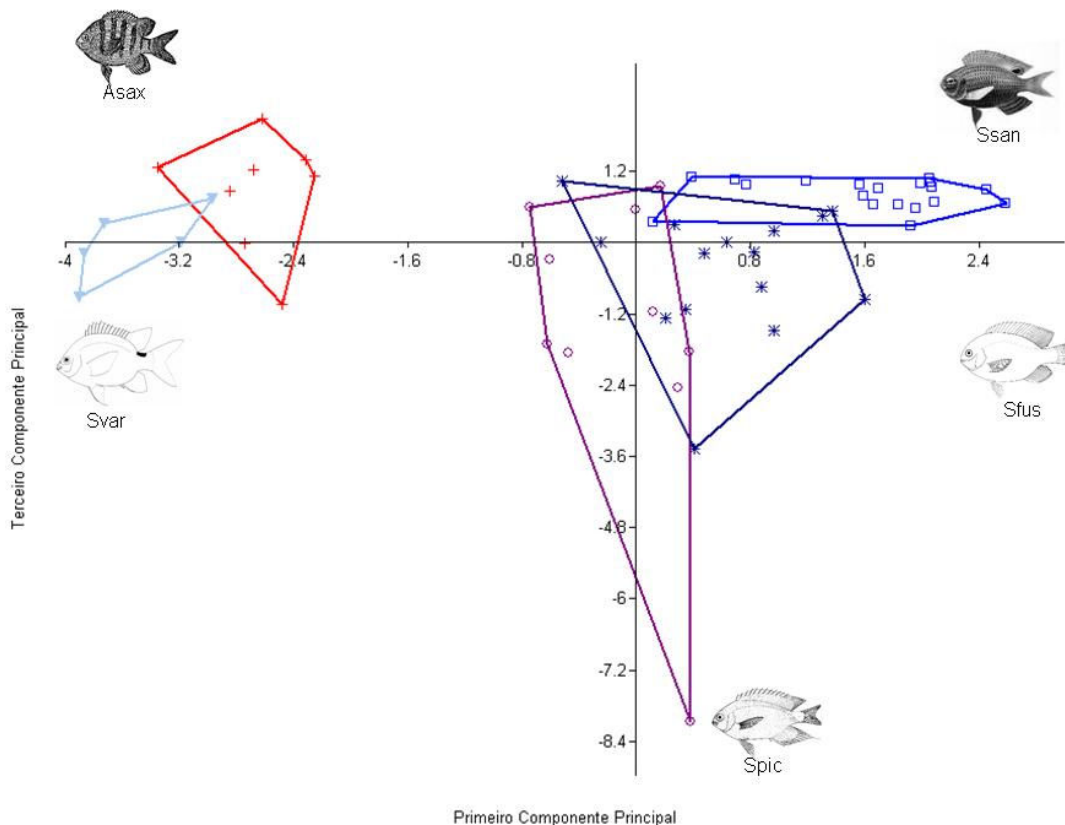


Figura 6 – Projeção dos escores individuais no primeiro e terceiro eixos do componente principal com os atributos ecomorfológicos de cinco espécies de Pomacentridae, nordeste do Brasil: **Cruz vermelha**, *Abudefduf saxatilis*; **Asterisco azul escuro**, *Stegastes fuscus*; **Círculo roxo**, *S. pictus*; **Quadrado azul claro**, *S. sanctipauli*; **Triângulo cinza**, *S. variabilis*.

As médias aritméticas e desvios padrões de cada atributo ecomorfológico dos pomacentrídeos estão presentes na tabela VI. Por outro lado, uma outra Análise de Componentes Principais também foi realizada apenas com as médias dos atributos, produzindo três eixos com autovalores maiores que 1,0 (Tab. VII).

Tabela VII – Cargas dos atributos ecomorfológicos calculadas a partir das médias dos exemplares de pomacentrídeos estudados nos três primeiros componentes principais. Os atributos mais importantes para definição dos fatores que discriminam as espécies estão em negrito.

Atributos	CP1 (5,598)	CP2 (4,168)	CP3 (3,129)
IC	-0,347	0,276	-0,056
ARC	-0,295	0,343	0,014
IAV	-0,143	0,160	-0,495
CRPC	-0,326	-0,281	-0,118
ICPC	0,050	-0,366	-0,357
ArRNC	0,045	0,298	-0,442
CNP	-0,372	-0,222	-0,008
ARNP	0,288	0,314	0,025
ARND	0,165	0,114	-0,467
PRO	0,389	-0,174	-0,046
CRC	-0,391	-0,014	0,213
LRB	-0,129	0,190	-0,235
ARB	0,290	0,240	0,238
AtRNC	-0,094	0,441	0,190
Variância (%)	39,98	29,77	22,35
Variância Total			92,10

Os três primeiros eixos da análise de Componente Principal explicaram 92% da variância. No primeiro eixo os atributos Índice de Compressão do Corpo, Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal, Configuração da Nadadeira Peitoral e Comprimento Relativo da Cabeça, todos com valores negativos, foram os mais importantes (Tab. VII). Estes atributos formam dois grupos com diferentes graus de compressão lateral do corpo, propulsão e habilidades na natação e diferentes tamanhos de presas ingeridas. *Stegastes variabilis* se diferencia das outras quatro por apresentar os maiores valores encontrados para todos estes atributos (Fig. 7).

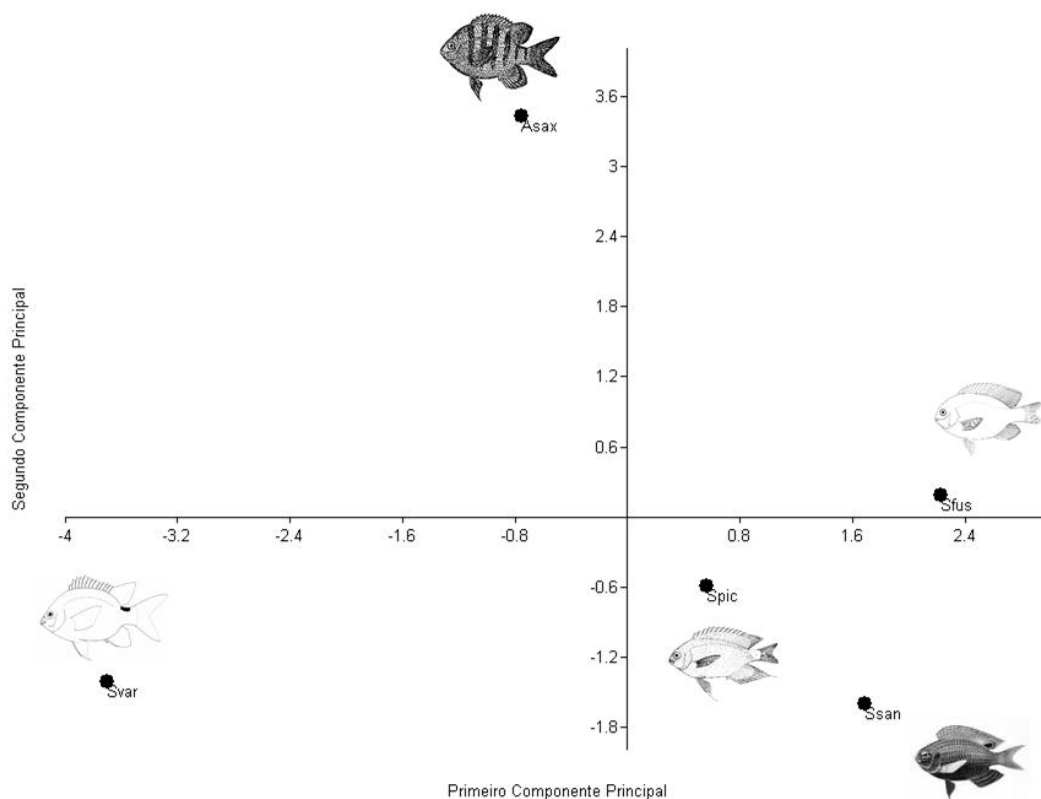


Figura 7 – Projeção do primeiro e segundo eixos do componente principal da média dos atributos ecomorfológicos de oito espécies de Pomacentridae, nordeste do Brasil: **Asax**, *Abudefduf saxatilis*; **Sfus**, *Stegastes fuscus*; **Spic**, *S. pictus*; **Ssan**, *S. sanctipauli*; **Svar**, *S. variabilis*.

Os atributos mais importantes no eixo dois separam as quatro espécies agrupadas pelo primeiro eixo em dois grupos influenciados por atributos diferentes. Os atributos Altura Relativa do Corpo, Área Relativa da Nadadeira Peitoral e Altura Relativa da Nadadeira Caudal caracterizam *A. saxatilis* e *S. fuscus* como espécies com agilidade natatória maior que as demais espécies analisadas. Todavia, o Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal, que é um atributo com carga negativa, possui maior influência para *S. pictus*, *S. sanctipauli* e *S. variabilis*, configurando-as como espécies com maior propulsão de arranque natatório que as duas supracitadas (Tab. VII, Fig. 7).

O terceiro componente principal foi influenciado pelo Índice de Achatamento Ventral, Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal, Área Relativa da Nadadeira Caudal e Área Relativa da Nadadeira Dorsal, que caracterizam *S. pictus* como peixe de baixa capacidade de giros verticais por sua menor altura em relação as espécies analisadas e maior estabilidade natatória por apresentar maior área nas nadadeiras dorsal e caudal (Tab. VII, Fig. 8).

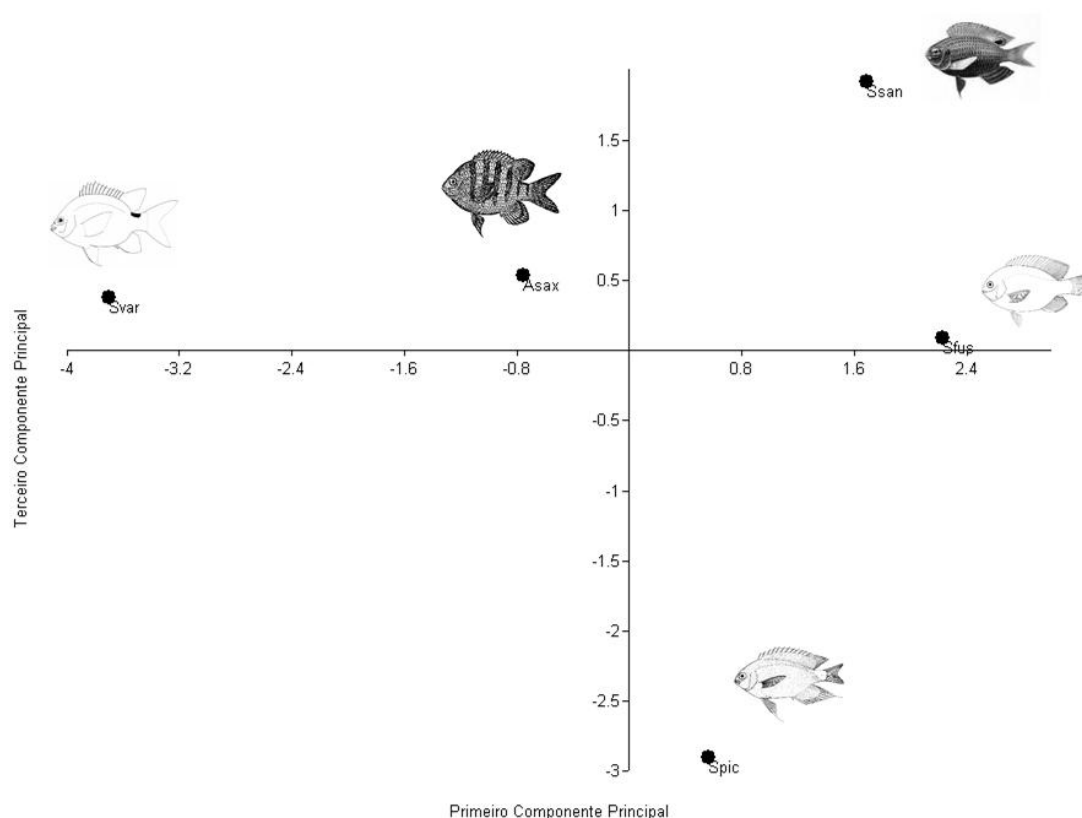


Figura 8 – Projeção do primeiro e terceiro eixos do componente principal da média dos atributos ecomorfológicos de oito espécies de Pomacentridae, nordeste do Brasil: **Asax**, *Abudefduf saxatilis*; **Sfus**, *Stegastes fuscus*; **Spic**, *S. pictus*; **Ssan**, *S. sanctipauli*; **Svar**, *S. variabilis*.

DISCUSSÃO

Incrementos computacionais têm sido cada vez mais aplicados em estudos biológicos e ecológicos (Rohlf e Marcus, 1993; Monteiro e Reis, 1999). A utilização da Análise de Componentes Principais em estudos de ecomorfologia funciona como uma poderosa ferramenta estatística que maximiza as informações de uma grande quantidade de dados referentes a caracteres morfológicos através dos seus gráficos de ordenação (Beaumord e Petreire, 1994; Winemiller, 1991), facilitando a visualização e a compreensão da sua complexidade morfológica sobre diversos aspectos ecológicos (Gomes *et al.*, 2003). Desta forma, a ACP é considerada como uma forma de ilustrar através do seu

gráfico a utilização de recursos disponíveis no ambiente, que também se apresenta com uma configuração multidimensional (Watson e Balon, 1984). Por outro lado, embora Bellwood *et al.* (2006) tenham utilizado o mesmo método de ordenação não obtiveram uma boa relação entre a morfologia e a dieta dos labrídeos estudados devido à sua grande sobreposição dos escores, resultado que os mesmos autores associaram isto como um fator importante do processo da criação e da manutenção da alta diversidade nos recifes.

Os pomacentrídeos são peixes de tamanho pequeno, com o corpo oval e comprimido, pequena boca protrátil com dentes incisivos cônicos (Menezes e Figueiredo, 1985; Allen, 1986; Allen, 1991; Carter, 2002), e a exemplo dos labrídeos suas especializações faringeanas são responsáveis por sua diversidade morfológica e taxonômica (Kaufman e Liem, 1982; Stiassny e Jensen, 1987). As nadadeiras peitorais com grande área apresentam muita destreza em seus movimentos em baixa velocidade para conseguir alimento, abrigo ou ocupar pequenos espaços (Walker e Westneat, 2002). Devido à execução de movimentos sutis são denominados de peixes-donzelas (Emery e Thresher, 1980). Estudos de ecomorfologia em pomacentridae são escassos e seu grande montante está relacionado à estrutura de comunidades (Ferreira *et al.*, 1995), herbivoria (Ferreira *et al.*, 2001) e ecologia comportamental (Ceccarelli *et al.*, 2001; Menegatti *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2004; Frensel *et al.*, 2007).

No presente trabalho, os resultados obtidos através da ACP apontaram uma grande sobreposição dos escores das espécies das duas famílias estudadas conjuntamente, tanto para os escores individuais quanto para as médias em ambas as famílias submetidas à análise. Houve uma maior ordenação dos escores diferenciando as espécies de pomacentrídeos, separando *A. saxatilis* das demais. Isso indica que esta espécie pode nadar mais veloz e ter uma abdução maior da boca, para a ingestão de itens alimentares relativamente maiores, que as espécies do gênero *Stegastes*. *Abudefduf saxatilis* apresentou características particulares quanto ao seu modo de vida, destacando sua ocupação vertical na coluna d'água decorrente de sua grande habilidade natatória verificada nos atributos ecomorfológicos; Índice de Compressão do Corpo, Altura Relativa do Corpo e Índice de Achatamento Ventral. Estes resultados são corroborados por observações desta espécie no ambiente natural por em muitos tipos de habitat, geralmente a meia água. É uma espécie que forma cardumes para alimentação e é classificada quanto hábito alimentar como onívoro (Menezes e Figueiredo, 1985; Allen, 1991; Humann e Deloach, 2002; Froese e Pauly, 2008).

As demais espécies de pomacentrídeos estudadas compartilham uma grande gama de características morfológicas e ecológicas (Humann e Deloach, 2002; Araújo *et al.*, 2003; Froese e Pauly, 2008), podendo apontar uma especiação recente (Wiley, 1981). Por outro lado, os resultados aqui obtidos podem ilustrar algumas diferenças ecomorfológicas. As espécies simpátricas de *Stegastes fuscus* e *S. variabilis* têm sido alvo de constantes comparações, e as características morfológicas merísticas que as diferenciam são muito sutis (Araújo *et al.*, 2003). Entretanto, houve diferenças ecomorfológicas entre as duas espécies, indicando diferentes graus de habilidade natatória e tamanho dos itens alimentares, resultando em características ecológicas que podem ser uma explicação para a segregação espacial e no uso de habitat descrito por Ferreira *et al.* (1995). Entre as espécies cogenéricas, *S. variabilis* apresenta a maior habilidade natatória (maior capacidade de manobra e maior velocidade) por estar associado aos maiores valores na Configuração da Nadadeira Peitoral. Por outro lado, *S. fuscus* possui maior potencial de ingestão de itens alimentares de tamanho maior que os ingeridos por *S. variabilis*, pois apresenta maior Comprimento Relativo da Cabeça, maior Altura Relativa da Boca e maior Largura Relativa da Boca.

Essas duas últimas espécies, assim como suas congêneres, *S. pictus* e *S. sanctipauli*, também possuem similaridades na morfologia e ecologia (Humann e Deloach, 2002; Araújo *et al.*, 2003; Froese e Pauly, 2008), no entanto são isoladas geograficamente (Carvalho-Filho, 1999; Froese e Pauly, 2008). *Stegastes pictus* é uma espécie que ocorre nas regiões costeiras e oceânicas do Brasil, enquanto *S. sanctipauli* é endêmica do arquipélago de São Pedro e São Paulo, localizado sobre a cadeia meso-oceânica do Atlântico (Lubbock e Edwards, 1981; Joyeux *et al.*, 2001; Soto, 2001; Feitoza *et al.*, 2003; Moura e Francini-Filho, 2005; Froese e Pauly, 2008). Além de explorarem ambientes diferentes, devido ao isolamento das duas espécies, as características ecomorfológicas apontam a grande capacidade de realizar manobras e propulsão de *S. pictus*, verificada nos atributos ecomorfológicos; Área Relativa da Nadadeira Dorsal, Área Relativa da Nadadeira Caudal e Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal.

Apesar das espécies de *Stegastes* apresentarem um conjunto de características morfológicas típicas de peixes herbívoros (Choat, 1991), também se alimentam de um grande espectro de itens alimentares (Menezes e Figueiredo, 1985; Allen, 1991; Humann e Deloach, 2002), reflexo direto de seus padrões mecânicos, comportamentais (Choat e Bellwood, 1985; Jones, 2002) ou da disponibilidade de recursos alimentares (Almeida *et al.*, 2005). Sendo assim advoga-se a ocorrência

do paradoxo de Liem (Bouton *et al.*, 1998), no qual estes peixes fenotipicamente especialistas possam se comportar como espécies com hábito alimentar generalista.

Estudos de ecomorfologia (Clifton e Motta, 1998; Wainwright, 1988; Wainwright *et al.*, 2004; Bellwood *et al.*, 2006) reportam resultados semelhantes de sobreposição no comportamento em labrídeos. Jones (2002), em estudo sobre o comportamento alimentar de labrídeos do Caribe, também obtém uma grande sobreposição alimentar e comportamental entre as espécies estudadas, mesmo considerando as mudanças ontogenéticas. Clifton e Motta (1998) também encontraram uma grande sobreposição na utilização de recursos pelas espécies de *Halichoeres* considerando apenas os caracteres morfológicos, mas adicionando ao seu estudo aspectos da morfologia do trato digestório e da dieta obtiveram uma melhor resposta sobre seus padrões ecomorfológicos. Por outro lado, existem estudos de morfologia funcional que classificam as espécies de *Halichoeres* como generalistas por apresentarem grande plasticidade na morfologia funcional e na ecologia (Wainwright, 1988; Ferry-Graham *et al.*, 2002; Wainwright *et al.*, 2004). No presente estudo o Comprimento Relativo da Cabeça revela uma importante sobreposição alimentar, mas *X. novacula* está separada das demais espécies de labrídeos estudadas. Porém os *Halichoeres* em todas as projeções gráficas da ACP apresentaram forte sobreposição para este atributo.

A escolha em estudar as espécies de peixes provém do dogma da aplicação do estudo de ecomorfologia, cuja premissa de seus critérios ressalta que espécies com morfologias semelhantes podem explorar recursos semelhantes (Wootton, 1990) como resultado da seleção natural (Winemiller, 1991; Klingenberg e Ekau, 1996). Entretanto, alguns eventos de convergência e divergência adaptativa podem mascarar as análises ecomorfológicas (eg. Motta, 1988; Douglas e Mathews, 1992; Lombarte *et al.*, 2003).

As análises ecomorfológicas aplicadas sobre os labrídeos, baseadas apenas nos seus atributos ecomorfológicos, não segregaram as espécies nos três gêneros distintos: *Bodianus*, *Halichoeres* e *Xyrichtys*. Os resultados gerados demonstram haver uma grande convergência no seu modo de vida através dos atributos Índice de Compressão do Corpo, Índice de Achatamento Ventral, Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal, Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal, Comprimento Relativo da Cabeça, Posição Relativa dos Olhos e Altura Relativa da Nadadeira Caudal, principalmente no que se refere à locomoção, predação e uso de habitat.

Uma resposta clara contra a sobreposição alimentar e competição de espécies simpátricas podem ser devido à segregação de nicho através da variedade da morfologia do aparato alimentar e de diferenças das estratégias alimentares (Piet e Guruge, 1997; Piet, 2000; Piorski *et al.*, 2005). Contudo, tanto no presente estudo quanto no trabalho realizado por Clifton e Motta (1998), os atributos ecomorfológicos que tiveram maior importância nas Análises de Componentes Principais foram relacionados com o tamanho do corpo e maior protusão da mandíbula, não sendo suficientes também para detalhar o papel ecológico das espécies estudadas. A alternativa dos autores supracitados foi aumentar as informações através da morfologia mandibular e dieta para compararem com a morfologia do corpo dos labrídeos, mas verificaram que apenas 4,7% da variação da dieta foram atribuídas às variáveis morfológicas.

Motta *et al.* (1995b) relatam que o tamanho do corpo é um fator que também deve ser levado em consideração para a compreensão do uso do nicho, pois apresenta influencia direta sobre o tamanho da presa e uso de microhabitats. Tal fato também foi corroborado por Piet (1998), quando este afirmou que os nichos potenciais podem ser segregados tanto pela partilha de itens alimentares, quanto pelo tamanho do corpo. Apesar de existirem fortes fatores biológicos (riqueza de espécies, disparidades morfológicas e diversificações funcionais e ecológicas) que proporcionam a diversidade nos labrídeos (Clifton e Motta, 1998), as principais diferenças ecomorfológicas estão no plano da morfologia dos aparatos bucais e faringeanos (Kaufman e Liem, 1982; Wainwright, 1988; Ferry-Graham *et al.*, 2002; Wainwright *et al.*, 2004). Por outro lado, a habilidade natatória é também um componente importante no uso de habitat e microhabitat, pois proporciona a segregação espacial das espécies em diferentes níveis de hidrodinamismo das águas (Fulton *et al.*, 2001, Piorski *et al.*, 2005). Contudo, os atributos aqui apresentados não foram suficientes para determinar a segregação dos labrídeos, podendo-se inferir que a diferença no uso do habitat entre as espécies pode ser resultante da influência comportamental.

Consoante ao que foi proposto por Motta *et al.* (1995b) e por Piorski *et al.* (2005), em labrídeos um dos atributos relevantes é o Comprimento Relativo da Cabeça, que promove segregação de nicho através do tamanho das presas ingeridas. Além disso, os atributos Índice de Compressão do Corpo, Altura Relativa do Corpo, Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal e Altura Relativa da Nadadeira Caudal reforçam a segregação pelas diferentes maneiras de forrageio baseada pelo seu poder de realizar manobras durante o forrageio.

A morfologia característica apresentada no corpo dos labrídeos; compressão lateral, nadadeira dorsal única e longa, nadadeira peitoral robusta, lhe conferem uma locomoção que é realizada praticamente por dois movimentos oscilatórios na nadadeira peitoral: movimento antero-posterior, como um remo; e movimento dorso-ventral, semelhante uma asa. As nadadeiras com os primeiros movimentos produzem impulsos movendo-se para trás, enquanto o outro tipo produz impulsos dorso-ventral são mecanicamente mais importantes para alcançar maiores velocidades (Walker e Westneat, 2002; Westneat, 2002). A nadadeira dorsal confere uma estabilidade em conjunto com a nadadeira anal evitando que o peixe gire em torno do seu próprio eixo durante as guinadas (Bond, 1979). O formato do corpo comprimido confere maior distribuição vertical (Gatz, 1979).

Xyrichtys novacula habita águas claras adjacentes a áreas de banco de algas e recifes, com fundo arenoso onde podem se enterrar quando ameaçados (Humann e Deloach, 2002; Froese e Pauly, 2008). Indivíduos desta espécie têm um corpo comprimido e alto e possuem podendo ser encontrado em águas rasas com profundidades de até 15m, além de possuírem o hábito de se enterrar na areia quando ameaçados (Carvalho-Filho, 1999). Os peixes do gênero *Bodianus* apresentam como características distintivas o focinho forte e pontiagudo, e fortes dentes caninos de cada lado da porção posterior da maxila superior (Menezes e Figueiredo, 1985; Westneat, 2002). O aparato faringeano reforça seu hábito invertívoro e possibilita também se alimentar de presas grandes (Wainwright, 1988; Ferry-Graham *et al.*, 2002; Wainwright *et al.*, 2004). As espécies de *Bodianus* apresentam uma segregação na sua biogeografia, *B. insularis* são peixes endêmicos de ilhas oceânicas situadas sobre a cadeia meso-oceânica do Atlântico, região onde praticamente não ocorrem seus congêneres. *B. pulchellus* ocorre nos dois lados do oceano Atlântico e *B. rufus* está restrita apenas à costa ocidental do Atlântico (Joyeux *et al.*, 2001). Estas duas últimas espécies também são comuns em lugares profundos (Randall, 1986). Os atributos ecomorfológicos mais importantes neste trabalho para a segregação dos *Bodianus* foram relacionados à capacidade de realizar manobras e à velocidade na natação, sendo esta maior em *B. rufus*.

O gênero *Halichores* é o mais especioso da família Labridae, embora existam problemas de sinônimas causados principalmente por dicromatismo etário e/ou sexual de muitas espécies (Randall e Bohlke, 1965; Nelson, 1994; Rocha, 2004). O espectro alimentar das espécies deste gênero é muito diverso quanto a sua morfologia e ecologia, sendo considerados predadores generalistas (Wainwright

et al., 2004). Outros fatores associados também podem resultar em uma maior utilização de nicho pelas espécies, como o desenvolvimento de sistemas complexos de forrageamento, locomoção, ontogenia, reprodução etc (Jones, 2002), além da disponibilidade de recursos alimentares decorrentes da distribuição espaço-temporal de comunidades bênticas (Warwick, 1976; Gee e Warwick, 1994a,b).

As análises ecomorfológicas obtidas neste estudo separam *H. brasiliensis* de seus congêneres por apresentar maior habilidade natatória e maior potencial de predação. Além destas características, observa-se o alto valor de Índice de Achatamento Ventral que é interpretado como peixes que exploram a coluna d'água. Contudo, a sobreposição de características ecológicas é evidente em estudos de comunidades de peixes, pois existe uma similaridade de ocupação espacial, exploração de habitat e categoria alimentar entre as espécies estudadas (Ferreira *et al.*, 2001; Feitoza *et al.*, 2005).

As sobreposições encontradas neste estudo resultam do aspecto convergente em cada família pela semelhança na morfologia. Os atributos ecomorfológicos referentes ao Comprimento Relativo da Cabeça, Índice de Achatamento Ventral e Altura Relativa da Nadadeira Caudal foram os mais importantes em labrídeos em termos de variação. Eles sugerem que as espécies ingerem itens alimentares de tamanhos distintos, assim como diferentes estratégias de forrageio atribuídas às suas capacidades de manobras. Entretanto, nos pomacentrídeos os atributos mais relevantes foram os seguintes: Índice de Compressão do Corpo, Altura Relativa do Corpo, Posição Relativa dos Olhos, Área Relativa das Nadadeiras Peitorais e Caudal. Isso indica que os peixes dessa família ocupam diferentes posições na coluna d'água e possuem várias habilidades nas manobras de locomoção. Contudo, complementações a este estudo podem contribuir com informações mais detalhadas sobre os aspectos ecomorfológicos, incluindo a morfologia da boca, da faringe e do trato digestório; além de comportamento alimentar e dieta.

Agradecimentos. - Agradecemos ao IBAMA por ceder a permissão para coleta do material de estudo através da autorização nº 11962-1, ao CEPENE, a CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e a última autora agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADITE, A. & WINEMILLER, K.O. 1997. Trophic ecology and ecomorphology of fish assemblages in coastal lakes of Benin, West Africa. *Ecoscience*, 4 (1): 6-23.
- ALLEN, G.R. 1986. Pomacentridae. Pp. 670-682. In: Smith, M.M. & Heemstra, P.C. *Smiths' sea fishes*. Johannesburg: Mcmillan. 1047p.
- ALLEN, G.R. 1991. *Damselfishes of the world*. Mergus Publishers, Melle, Germany. 271 p.
- ARAÚJO, M.E.; PAIVA, A.C.G. de, CÉSAR, F.B. & SILVA, J.C.C. da. 2003. A sutil diagnose morfológica entre as espécies simpátricas de *Stegastes fuscus* e *S. varabilis* (Actinopterygii: Pomacentridae). *Arq. Ciênc. Mar.*, 36: 37-43.
- ARAÚJO, M.E.; PAIVA, A.C.G. de & MATTOS, R.M.G. de. 2004. Predação de ovos de *Abudefduf saxatilis* (Pomacentridae) por *Elacatinus figaro* (Gobiidae) em poças de maré, Serrambi, Pernambuco. *Tropic. Oceanogr.*, 32 (2): 135-142.
- AYRES, M., AYRES-JR., M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.S. 2000. Bioestat 2.0: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq. 272p.
- BALON, E.K.; CRAWFORD, S.S. & LELEK, A. 1986. Fish communities of the upper Danube river (Germany, Austria) prior to the new Rhein-Main-Donau connection. *Env. Biol. Fish.*, 15 (4): 243-271.
- BEAUMORD, A.C. & PETRERE-JR., M. 1994. Comunidades de peces del rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. *Acta Biol. Ven.*, 15(2): 21-35.
- BELLWOOD, D.R. & WAINWRIGHT, P.C. 2006. The history and biogeography of fishes on coral reefs. pp. 5-32. In: Sale, P. F. *Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem*. San Diego: Academic Press, 549p.

- BELLWOOD, D.R.; WAINWRIGHT, P.C.; FULTON, C.J. & HOEY, A.S. 2006. Functional versatility supports coral reef biodiversity. *Proc. R. Soc. B*, 273: 101-107.
- BOND, C.E. 1979. *Biology of fishes*. Philadelphia: Saunders College Publishing. 514p.
- BOUTON, N.; OS, N. van; WITTE, F. 1998. Feeding performance of Lake Victoria rock cichlids: testing predictions from morphology. *J. Fish Biol.*, 53: 118-127.
- CARTER, J.A. 2002. Pomacentridae. pp. 1694-1700. In: CARPENTER, K.E (ed). *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals*. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. Nº 5. Rome, FAO.
- CARVALHO-FILHO, A. 1999. *Peixes da costa brasileira* (3ª ed). São Paulo: Editora Melro. 320p.
- CARVALHO-FILHO, A.; ANDRADE, A.B.; BONALDO, R.M.; FERREIRA, C.E.L.; FLOETER, S.R.; GADDIG, O.B.F.; GASPARINI, J.L.; GERHARDINGER, L.C.; GODOY, E.A.S. JOYEUX, J.C.; Krajewski, J.P.; KUITER, R.; HOSTIM-SILVA, M.; LUIZ-JÚNIOR, O.J.; MARQUES, S.; MENDES, L.; RANGEL, C.A.; ROCHA, L.A.; ROSA, I.L.; SAMPAIO, C.L.C.; SAZIMA, C. & SAZIMA, I. 2005. Peixes recifais do Brasil: uma síntese. *Resumo: XVI Encontro Brasileiro de ictiologia*, UFPB, João Pessoa, PB. p.221.
- CASATTI, L & CASTRO, R.M.C. 2006. Testing ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.*, 4(2): 203-214.
- CECCARELLI, D.M.; JONES, G.P. & MCCOOK, L.J. 2001. Territorial Damselfishes as determinants of the structures communities benthic on coral reefs. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 39: 355-389.
- CHOAT, J.H. & BELLWOOD, D.R. 1985. Interactions amongst herbivorous fishes on a coral reef: influence of special variation. *Bull. Mar. Sci.*, 89: 89-221.

- CHOAT, J.H. 1991. The biology of herbivorous fishes on coral reefs. pp. 120-155. In: Sale, P.F. *The ecology of fishes on coral reefs*. San Diego, Academic Press, 724p.
- CLIFTON, K.B. & MOTTA, P.J. 1998. Feeding morphology, diet, and ecomorphological relationships among five Caribbean labrids (Teleostei, Labridae). *Copeia*, 1998 (4): 953-966.
- DOUGLAS, M.E. & MATTHEWS, W.J. 1992. Does morphology predict ecology? Hypothesis testing within freshwater stream fish assemblage. *Oikos*, 65: 213-224.
- EMERY, A.R. & THRESHER, 1980. Biology of damselfishes. *Bull. Mar. Sci.*, 30: 145-328.
- FEITOZA, B.M.; ROSA, R.S. & ROCHA, L.A. 2005. Ecology and zoogeography of deep-reef fishes in northeastern Brazil. *Bull. Mar. Sci.*, 76(3): 725-742.
- FEITOZA, B.M.; ROCHA, L.A.; LUIZ JUNIOR, O.J.; FLOETER, S.R. & GASPARINI, J.L. 2003. Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *Aqua. J. Ichthyol. Aquat. Biol.*, 7: 61-823.
- FERREIRA, B.P.; MAIDA, M. & SOUZA, A.E. de. 1995. Levantamento inicial das comunidades de peixes recifais da região de Tamandaré – PE. *Bol. Técn. Cient. CEPENE*, 3(1): 211-230.
- FERREIRA, B.P.; D'AMICO, T.M. & REINHARDT, M.H. 2005. Peixes ornamentais marinhos dos recifes de Tamandaré (PE): padrões de distribuição, conservação e educação ambiental. *Bol. Técn. Cient. CEPENE*, 13(1): 9-23.
- FERREIRA C.E.L, GONÇALVES J.E.A, COUTINHO R. & PERET A.C. 1998. Herbivory by the dusky damselfish, *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 229: 241-264.
- FERREIRA C.E.L, GONÇALVES J.E.A, COUTINHO R. 2001. Fish community structure and habitat complexity in a tropical rocky shore. *Environ. Biol. Fish.* 61: 353-369.

- FERRITO, V.; MANNINO, M.C. & PAPPALARDO, A.M. Tigano C. 2007. Morphological variation among populations *Aphanius fasciatus* Nardo, 1827 (Teleostei, Cyprinodontidae) from the Mediterranean. *J. Fish Biol.*, 70: 1-20
- FERRY-GRAHAM, L.A.; WAINWRIGHT, P.C.; WESTNEAT, M.W. & WAINWRIGHT, P.C. 2002. Mechanisms of benthic prey capture in wrasses (Labridae). *Mar. Biol.*, 141: 819–830.
- FRENSEL, D.M.B.; BARNECHE, D.R.; DINSLAKEN, D.F.; CECARELLI, D.M.; FERREIRA, C.E.L. & FLOETER, S.R. 2007. Macroecologia do comportamento territorial dos gêneros *Stegastes* e *Pomacentrus*. *XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR*, Florianópolis, 15 a 19 de abril de 2007.
- FROESE, R. & PAULY, D. (Editors). 2008. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org. (acesso em 06/03/2008).
- FULTON, C.J.; BELLWOOD, D.R. & WAINWRIGHT, P.C. 2001. The relationship between swimming ability and habitat use in wrasses (Labridae). *Mar. Biol.*, 139: 25-33.
- GAYON, J. 2000. History of concept of allometry. *Amer. Zool.*, 40: 748-758.
- GATZ, A.J.Jr., 1979. Communities Organization in fishes as indicated by morphological features. *Ecology*, 60(4) 711-718.
- GEE, J. M. & WARWICK, R. M. 1994a. Body-size distribution in a marine metazoan community and fractal dimentions of macroalgae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 178: 247-259.
- GEE, J. M. & WARWICK, R. M. 1994b. Metazoan community structure in relation to the fractal dimension of marine macroalgae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 103: 141-150.
- GIBRAN, F.Z. 2007. Activity, habitat use, feeding behavior, and diet of four sympatric species of Serranidae (Actinopterygii: Perciformes) in southeastern Brasil. *Neotrop. Ichthyol.*, 5(3): 387-398.

- HUMANN, P & DELOACH, N. 2002. Reef fish identification: Florida, Caribbean and Bahamas. 3rd ed. Florida: New World Publications Inc. 481.
- GOMES, L.N.; PINHEIRO-JÚNIOR, J.R. & PIORSKI, N.M. 2003. Aspectos ecomorfológicos da comunidade de peixes do estuário do rio Anil, Ilha de São Luís – MA. *Bol.Lab. Hidrobiol.*, 16: 29-36.
- JERRY, D.R. & CAIRNS, S.C. 1998. Morphological variation in the catadromous Australian bass, from seven geographically distinct riverine drainages. *J. Fish Biol.*, 52: 829–843
- JONES, K.M.M. 2002. Behavioural overlap in six Caribbean labrid species: intra- and interspecific similarities. *Environ.Biol. Fish.*, 65: 71–81.
- JOYEUX, J.C.; FLOETER, S.R.; FERREIRA, C.E.L. & GASPARINI, J.L.. 2001.Biogeography of tropical reef fish : the South Atlantic pluzze. *J. Biogeogr.*, 28, 831-841.
- KAUFMAN, L.S. & LIEM, K.F. 1982. Fishes of the suborder Labroidei (Pisces: Perciformes): phylogeny, ecology, and evolutionary significance. *Breviora*, 472, 1-19.
- KEAST, A. 1985. The piscivore feeding guild of fishes in small freshwater ecosystems. *Environ. Biol. Fish*, 12: 119-129.
- KLINGENBERG, C.P. 1998. Heterochromy and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biol. Ver.*, 73: 79-123.
- KLINGENBERG, C.P. & EKAU, W. 1996. A combined morphometric and phylogenetic analysis of an ecomorphological trend: pelagization in Antarctic fishes (Perciformes: Nototheniidae). *Biol. J. Linn. Soc.*, 59: 143–177.
- LABROPOULOU, M. & ELEFThERIOU, A. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: important of morphological characteristics in prey selection. *J. Fish Biol.*, 50: 324-340.
- LOMBARTE, A.; OLASO, I. & BOZZANO, A. 2003. Ecomorphological trends in the Artedidraconidae (Pisces: Perciformes: Notothenioidei) of the Weddell Sea. *Antarc. Sci.*, 15 (2): 211–218.

- LUBBOCK, R. & EDWARDS, A. 1981. The fishes of Saint Paul's Rocks. *J. Fish Biol.*, 18: 135-157.
- MAHON, R. 1984. Divergent structure in fish taxocenes of North temperate streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 330-350.
- MENEGATTI J.V.; VESCOVI, D.L. & FLOETER S.R. 2003. Interações agonísticas e forrageamento do peixe-donzela, *Stegastes fuscus* (Perciformes: Pomacentridae). *Natureza on line*, 1: 45-50.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1985. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*, Vol. 4. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 106p.
- MITTELBACH, G.G.; OSENBERG, C.W. & WAINWRIGHT, P.C. 1999. Variation in feeding morphology between pumpkinseed populations: phenotypic plasticity or evolution? *Evol. Ecol. Res.*, 1: 111-128
- MONTEIRO, L.R. & REIS, S.F. 1999. Princípios de morfometria geométrica. 198P. Ribeirão Preto: Holos.
- MOTTA, P. J. 1988. Functional morphology of the feeding apparatus of ten species of Pacific butterflyfishes (Perciformes, Chaetodontidae): an ecomorphological approach. *Environ. Biol. Fish.*, 22(1): 39-67.
- MOTTA, P.J.; NORTON, S.F. & LUCZKOVICH, J.J. 1995a. Perspectives on the ecomorphology of bony fishes. *Environ. Biol. Fish.*, 44: 11-20.
- MOTTA, P.J.; CLIFTON, K.B.; HERNANDEZ, P. & EGGOLD, B.T. 1995b. Ecomorphological correlates in ten species of tropical seagrass fishes: diet and microhabitat utilization. *Environ. Biol. Fish.*, 44: 37-60.

- MOURA, R.L.; FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. 2003. *Labridae*. In: Buckup, P.A. e Menezes, N.A. (eds.) Catálogo dos Peixes Marinhos e de Água Doce do Brasil. 2.ed. URL: <http://www.mnrj.ufrj.br/catalogo/>. Acessado em 12/02/2007.
- MOURA, R.L. & FRANCINI-FILHO, R.B. 2005. Reef and shore fishes of the Abrolhos Region, Brazil. In: DUTRA, F.G.; ALLEN, G.R.; WERNER, T & MCKENNA, S.A (Eds). A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. RAP Bulletin of Biological Assessment 38. *Conservation International*, Washington, DC, USA. 101p.
- NELSON, J.S. 1994. *Fishes in the world*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 600p.
- NORTON, S.F. 1995. A functional approach to ecomorphological patterns of feeding in cottid fishes. *Environ. Biol. Fish.*, 44: 61-78.
- NORTON, S.F.; LUCZKOVICH, J.J. & MOTTA, P.J. 1995. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. *Environ. Biol. Fish.*, 44: 287-304.
- NOTTINGHAM, M.C.; BARROS, G.M.L.; ARAÚJO, M.E.; ROSA, I.M.L.; FERREIRA, B.P. & MELLO, T.R.R. 2005. O ordenamento da exploração de peixes ornamentais marinhos do Brasil. *Bol. Técn. Cient. CEPENE*, 13(1): 75-107.
- NOVELLI, R.; NUNAN, G.W. & LIMA, N.R.W. 2000. A new species of the damselfish genus *Stegastes* Jenyns, 1842 (Teleostei: Pomacentridae) from the coast Brazil. *Bol. Mus. Nac., N.S., Zool.*, 413: 1-12.
- PARENTI, P. & RANDALL, J.E. 2000. An annotated checklist of the species of the labroid fish families Labridae and Scaridae. *Ichthyological Bulletin* (J.L.B. Smith Institute of Ichthyology) 68: 1–97. URL: <http://www.bioline.org.br/request?fb00001>. Acessado em 12/02/2007.
- PERES-NETO, P.R. 1995. Introdução a análises morfométricas. pp 57-89. In: PERES-NETO, P.R., VALENTIN, J. L., FERNANDEZ, F. (eds.). Tópicos em Tratamentos de Dados Biológicos. *Oecol. Bras.*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Rio de Janeiro, 260p.

- PIET, G. & GURUGE, W.A.H.P. 1997. Diel variation in feeding and vertical distribution of ten co-occurring fish species: consequences for resource partitioning. *Environ. Biol. Fish.*, 50: 293–307.
- PIET, G.J. 1998. Ecomorphology of a size-structured tropical freshwater fish community. *Environ. Biol. Fish.*, 51: 67–86.
- PIET, G.J. 2000. Ecomorphology of a size-structured tropical freshwater fish community. *Environ. Biol. Fish.*, 59: 191-198.
- PIORSKI, N.M.; ALVES, J.R.L.; MACHADO, M.R.B. & CORREIA, M.M.F. 2005. Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: Characidae) do Lago de Viana, Estado do Maranhão, Brasil. *Acta Amazon.*, 35(1): 63-70.
- PIORSKI, N.M.; DOURADO, E.C.S. & NUNES, J.L.S. (2007). Ecomorfologia de três espécies de peixes do Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luiz, Maranhão, Brasil. *Bol. Lab. Hidrobiol.*, 20:70-76.
- RANDALL, J.E. & BÖHLKE, J.E.1965. Review of the Atlantic Labrid fishes of the genus *Halichoeres*. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 117(7): 235-259.
- RANDALL, J.E. 1986. Labridae. Pp. 683-706. In: Smith, M.M. & Heemstra, P.C. *Smiths' sea fishes*. Johannesburg: Mcmillan. 1047p.
- ROCHA L.A., 2004. Mitochondrial DNA and color pattern variation in three western Atlantic *Halichoeres* (Labridae), with the revalidation of two species. *Copeia*, 2004(4): 770-782.
- ROHLF, F.J. & MARCUS, L.F.1993. A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution*, 8 (4): 129-132.
- SOTO, J.M.R. 2001. Peixes do arquipélago de Fernando de Noronha. *Maré Magnum*, 1(2): 147-169.

STATSOFT, Inc. Statistica (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com. 2001.

STIASSNY, M.L.J. & JENSEN, J.S. 1987. Labroid interrelationships revisited: morphological complexity, key innovations, and the study of comparative diversity. *Bull. Mus. Com. Zool.*, 151(5): 269-319.

STRAUSS, R.E. 1985. Evolutionary and variation in body form in South American catfish genus *Corydoras* (Callichthyidae). *Syst. Zoo.*, 34 (1): 381-396.

WALKER, J.A. & WESTNEAT, M.W. 2002. Performance limits of labriform propulsion and correlates with fin shape and motion. *J. Exp. Biol.*, Cambridge, 205, 177-187.

WAINWRIGHT, P.C. 1988. Morphology and ecology: functional basis of feeding constraints in Caribbean labrid fishes. *Ecology* 69 (3): 635-645.

WAINWRIGHT, P.C.; Bellwood, D.R.; Westneat, M.W.; Grubich, J.R. & Hoey, A.S. 2004. A functional morphospace for the skull of labrid fishes: patterns of diversity in a complex biomechanical system. *Biol. J. Linn. Soc.*, 82, 1–25.

WARWICK, R. M. 1976. The structure and seasonal fluctuations of phytal marine Nematoda Associations of the Isles of Scilly. In: Biology of Benthic Organisms, *Proceedings of the 11st European Marine Biology Symposium*. Oxford, Pergamon Press, p. 577-585.

WATSON, D.J. & BALON, E K. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *J. Fish Bio.*, 25: 371-384.

WESTNEAT, M.W. 2002. Labridae. pp. 1701-1722. In: CARPENTER, K.E (ed). *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals*. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. N° 5. Rome, FAO.

WILEY, E.O. 1981. *Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics*. New York: A Wiley Interscience Publication. 439p.

WILNEMILLER, K.O. 1991. Ecomorfological diversification in lowland freshwater fish assemblages from biotic regions. *Ecol. Monogr.*, 61 (4): 343-365.

WOOTTON, R.J. 1990. *Ecology of teleost fishes*. New York: Chapman and Hall. 404p.

Capítulo 2

PHYLOGENETIC AND ECOLOGICAL INFERENCE OF THREE *HALICHOERES* (PERCIFORMES: LABRIDAE) SPECIES THROUGH GEOMETRIC MORPHOMETRICS

Jorge Luiz Silva NUNES (1), Nivaldo Magalhães PIORSKI (2) & Maria Elisabeth de ARAÚJO (3)

(1) Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, BR 222, s/n, Km 04, CEP 65500-000, Chapadinha-MA, Brazil. [silvanunes@yahoo.com]

(2) Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, s/n, Bacanga, CEP 65080-040, São Luís-MA, Brazil. [nivaldopiorski@yahoo.com.br]

(3) Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, CEP 50740-550, Recife-PE, Brazil. [elisabeth.araujo@ufpe.br]

ABSTRACT

A study of geometric morphometrics was carried out based on 109 specimens of four Labridae species captured in north-eastern Brazil. The canonical variable analysis applied on the W Matrix discriminated the species, and the partial warps analysis located the morphological variations. According to analysis, the *Halichoeres* species constitute a monophyletic group, with *H. poeyi* as the sister-group of the clade *H. brasiliensis* + *H. dimidiatus*. The cladogram of these species was estimated using *Bodianus rufus* as outgroup. The *Halichoeres* species share shorter head lengths and deeper heads in relation to the outgroup. Within *Halichoeres*, the more basal taxon (*H. poeyi*) can be characterized by autapomorphies such as short snout and deeper head. In the clade *H. brasiliensis* + *H. dimidiatus*, the snout is longer and the caudal peduncle is deeper than in *H. poeyi*. The results obtained from the geometric morphometry are consistent with works of functional morphology and their applications for the testing of phylogenetic hypotheses are equally satisfactory. However, caution is necessary because the similarities in morphometric data can reflect non-homologous and convergent features due to ecological roles, without representing kinships.

RÉSUMÉ. - Inférence phylogénétique et écologique de trois *Halichoeres* (Perciformes: Labridae) par morphométrie géométrique.

Une étude de morphométrie géométrique a été conduite sur 109 spécimens de 4 espèces de Labridae capturés dans le nord-est du Brésil. L'analyse variable canonique appliquée sur la matrice W a discriminé les espèces et les analyses des flexions partielles ont mis en évidence les variations morphologiques. D'après les analyses, les espèces d'*Halichoeres* forment un groupe monophylétique, *H. poeyi* étant le groupe sœur du clade *H. brasiliensis* + *H. dimidiatus*. Le cladogramme de ces espèces a été construit en utilisant *Bodianus rufus* comme groupe externe. Les espèces d'*Halichoeres* se différencient par des têtes à la fois plus courtes et plus hautes par rapport au groupe externe. Au sein des *Halichoeres*, le taxon le plus basal (*H. poeyi*) peut être (grossièrement) défini par des autapomorphies telles un museau court et une tête plus haute. Dans le clade (*H. brasiliensis* et *H. dimidiatus*) le museau est plus long et le pédoncule caudal est plus haut que chez *H. poeyi*. Les résultats obtenus à partir de l'analyse de morphométrie géométrique sont en accord avec des travaux sur la morphologie fonctionnelle, et leurs applications pour la créations d'hypothèses phylogénétiques sont tout autant satisfaisantes. Cependant, il est nécessaire d'être prudent car les similarités observées dans les données morphométriques peuvent refléter des traits convergents et non homologues liés à leur rôles écologiques sans représenter pour autant des relations de parenté.

Key words. - Labridae - *Halichoeres* - Geometric morphometrics - Phylogeny - Ecology.

INTRODUCTION

Fourteen Labridae species divided into six genera, namely *Bodianus*, *Clepticus*, *Doratonotus*, *Halichoeres*, *Thalassoma* and *Xyrichtys* (Floeter *et al.*, 2003), occur in Brazil, with *Bodianus* comprising three species and *Halichoeres* six species (Moura *et al.*, 2003). *Halichoeres* is the most species-rich genus in the family Labridae, with nearly 75 species (Parenti and Randall, 2000). Although usually considered as polyphyletic (Gomon, 1997; Westneat and Alfaro, 2005; Barber and Bellwood, 2005), this genus comprises lineages found in the Caribbean, South America and East Pacific that form monophyletic groups (Westneat and Alfaro, 2005; Barber and Bellwood, 2005).

The use of genetic tools associated with ecological and/or biomechanics information has increased the knowledge of relationships into the family (Rocha, 2004; Westneat *et al.*, 2005). Furthermore, ecological investigations concerning behavioural patterns may be used as a source of important information for the establishment of the phylogenetic relationships of fish, as is the case for studies performed with the wrasse tribe Labrini involving parental care analysis (Hanel *et al.*, 2002) and with the colour pattern in cleaning behaviour (Arnal *et al.*, 2006).

In the same way, information generated by morphometric studies may be used in the elaboration of phylogenetic hypotheses (Rohlf, 1990; Peres-Neto, 1995) through the interpretation of ecological aspects of the organisms and their characteristics concerning feeding biology, habitat use, selective pressure and competition (Peres-Neto, 1995). Many devices have been created from computational increments and the raise of mathematical applications in biological studies (molecular biology, embryology and phylogeny) (Rohlf and Marcus, 1993; Monteiro and Reis, 1999), spreading the use of morphometric data. Geometric morphometry consists of a descriptive tool that reveals with greater detail and precision the changes and variations in body shape based on homologous anatomical markings, generally used in evolutionary and ontogenetic development studies (Strauss and Bookstein, 1982; Cavalcanti *et al.*, 1999; Monteiro and Reis, 1999; Roth and Mercer, 2000).

Opinions among researchers are divided concerning the validity of application of data resultant from morphometric techniques in phylogenetical studies. Those that believe in the validity of this application defend the use of the Thin-Plate Splines (TPS) method, which possesses mechanisms that allow the definition of anatomical markings as homologous characters. Even admitting that the greatest challenge would be the codification of the quantitative data, Fink and Zelditch (1995) and Swiderski *et al.* (1998, 2000) consider that the TPS method can overcome this difficulty. The party contrary to the use of geometric morphometric techniques in phylogenetical issues presents the theoretical problems in mathematical bases as the greatest impediment (Adams and Rosenberg, 1998; Rohlf, 1998a), besides the real problem of the tridimensionality of the animals (Monteiro, 2000). Recently, Acero *et al.* (2005) applied the geometric morphometric techniques using the TPS method to infer the phylogenetic relationships of Siluriformes from both American coasts; the morphometric data sustained the phylogenetic relationships between the four *Bagre* species.

Therefore, the present work studies three species morphologically, namely *Halichoeres brasiliensis* (Bloch, 1791), *H. dimidiatus* (Agassiz, in Spix and Agassiz, 1831) and *H. poeyi*

(Steindachner, 1867), using geometric morphometric techniques, and analyzes the use of these techniques in the inference of phylogenetic relationships and in the ecology of these species, using *Bodianus rufus* (Linnaeus, 1758) as extra group.

MATERIAL AND METHODS

The studied specimens were collected in the beaches and coastal reefs of Itamaracá, Serrambi and Tamandaré, all municipalities of the State of Pernambuco, Brazil. A total of 109 individuals belonging to family Labridae were measured. The number of individuals (n) and variation in standard length for each collected species were: *Bodianus rufus*, n = 27, 174.3-257.8 mm; *Halichoeres brasiliensis*, n = 22, 120.0-222.8 mm; *Halichoeres dimidiatus*, n = 32, 190.7-232.4 mm; *Halichoeres poey*, n = 28, 54.0-106.0 mm. The examined specimens were selected according to size in order to avoid problems with ontogenetic dimorphisms, and were deposited in the Necton Collection of the Oceanography Department of the Federal University of Pernambuco.

The morphometric data were obtained from 13 anatomical markings fixed upon the left side of the animals, based on homologous points (Strauss and Bookstein, 1982; Cavalcanti *et al.*, 1999, Piorski and Nunes, 2001). The adopted anatomical markings correspond to the following structures: 1) snout tip; 2) left orbit; 3) superior portion of skull vertically aligned with the orbit; 4) inferior portion of the skull vertically aligned with the orbit; 5) origin of the pectoral fin; 6) origin of the dorsal fin; 7) base of pelvic fin; 8) base of the first ray of the anal fin; 9) posterior base of the anal fin; 10) posterior base of the dorsal fin; 11) base of the first ray of the superior lobe of the caudal fin; 12) inferior portion of the caudal peduncle vertically aligned with marking 11; 13) point in the base of the dorsal fin vertically aligned with the point in the base of the dorsal fin, vertically aligned with the origin of the anal fin (Fig. 1).

The specimens were photographed individually using a Sony Cyber-shot DSC-S40 digital camera, and the photographs were stored in JPEG format with the same 1.0 Megapixel resolution and resized to 640X480 in the program Adobe Photoshop. Each anatomical marking was transformed into Cartesian coordinates using the program TPSdigit v.2.04, in order to establish a numerical matrix (Rohlf, 1998b, 2005; Piorski and Nunes, 2001).

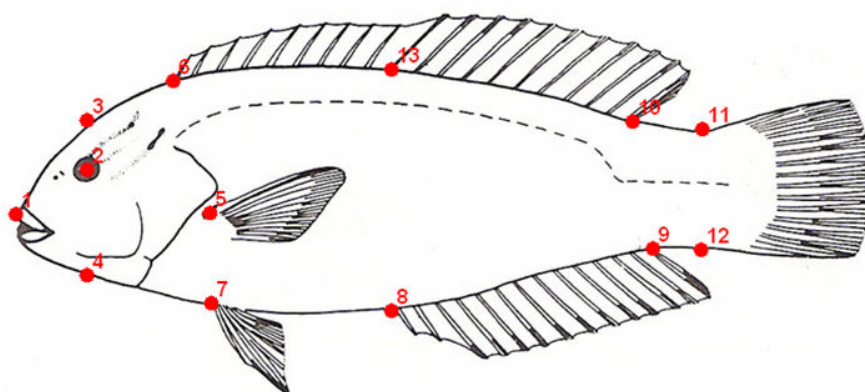


Figure 1 – Scheme of the 13 anatomical landmarks projected in homologous regions of the left lateral surface of a Labridae. [Schéma des 13 marques anatomiques projetées aux régions homologues sur la surface latérale gauche d'un Labridae.]

The study of the geometric morphometrics of Labridae began with the alignment of all anatomical landmarks in order to produce a reference configuration (Rohlf *et al.*, 1996), which represents the average of the coordinates from these landmarks (Piorksi and Nunes, 2001; Ástua de Moraes, 2003). From this point on, the IMP (Integrated Morphometrics Package) software was used for the warp analyses, since it is a program that gathers all the TPS warp analyses (Sheets, 2002). Next, a matrix was constructed with all the distances between the original coordinates and those generated by the reference configuration (Monteiro and Reis, 1999; Ástua de Moraes, 2003). A Principal Warp Analysis (PWA) was applied on this matrix, where autovectors resultant from the matrix decomposition represent the main axes of a determined configuration of the anatomical landmarks (Monteiro and Reis, 1999; Ástua de Moraes, 2003). The scores from the projection of each individual in the Principal Warps are named Partial Warps and were organized in a matrix named weight matrix or W matrix (Reis *et al.*, 1998). This matrix was used as a new data set and submitted to a Canonical Variable Analysis that considers group definition *a priori* and maximizes the differences between them (Bookstein, 1991; Zar, 1999).

The cladogram was constructed from data generated by the program IMP through the cladistic routine of program PAST v.1.37 (Palaeontological Statistics Software Package) developed by Hammer *et al.* (2001).

RESULTS

Geometric morphometrics

Analysis of the canonical variables applied upon the W matrix indicated differences between the groups (Wilks' $\lambda_{\text{eixo1}} = 0.0008$; Wilks' $\lambda_{\text{eixo2}} = 0.0220$; $p < 0.00001$), and the first three canonical axes accumulated 38.1% of variation between species. 25.9% of variation was obtained in the first axis, discriminating *B. rufus* from the three *Halichoeres* species (ANOVA, $F = 906.1$; $d.f. 3$; $p < 0.00001$) (Fig. 2). The anatomical modifications associated with the first canonical axis indicate that *B. rufus* is differentiated from the other species by variations in the skull and caudal regions (Fig. 3). The orbit and inferior portion of the skull are dislodged in the opposite direction of the movement of the snout tip and superior portion of the skull, indicating a larger space in the pre-orbital region and a lower head. In the caudal portion of the body, the anatomical landmarks of the superior and inferior portions of the peduncle average point presented the same sense and inverted directions.

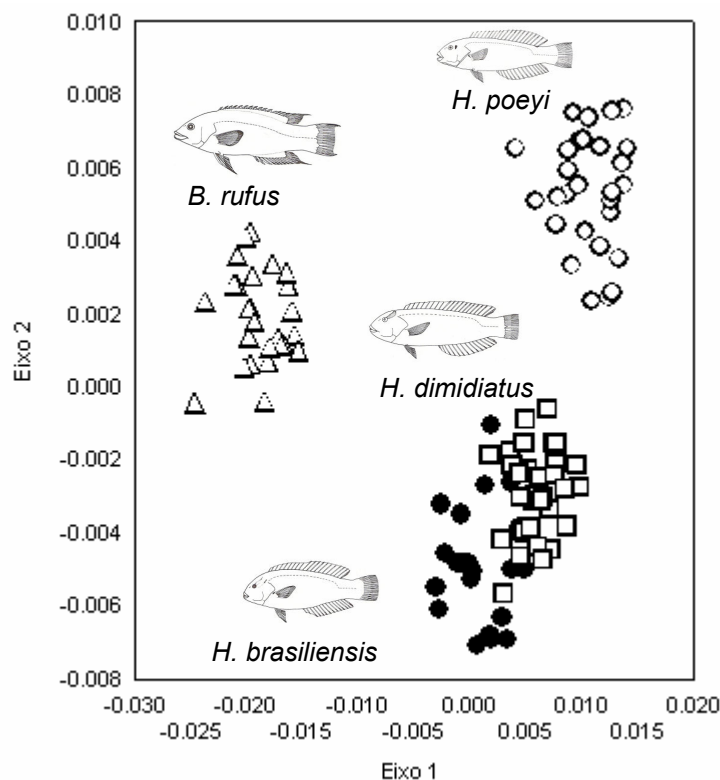


Figure 2 – Projection of the individual scores of Labridae in the space of the first and second canonical axes. [Projection des différents marques anatomiques de Labridae dans l'espace des premières et deuxièmes haches canoniques.]

The second canonical axis explained 8.4% of the variation between the studied groups, discriminating *H. poeyi* from a group formed by *H. brasiliensis* and *H. dimidiatus* (ANOVA, $F = 292.7$; $d.f. 3$; $p < 0.00001$) (Fig. 4). In this axis, *H. poeyi* is characterized by the dislocation in opposite directions of the orbit and the superior portion of the skull, indicating that the pre-orbital region is shorter and the skull is slightly more elevated than in the other *Halichoeres* species (Fig. 5).

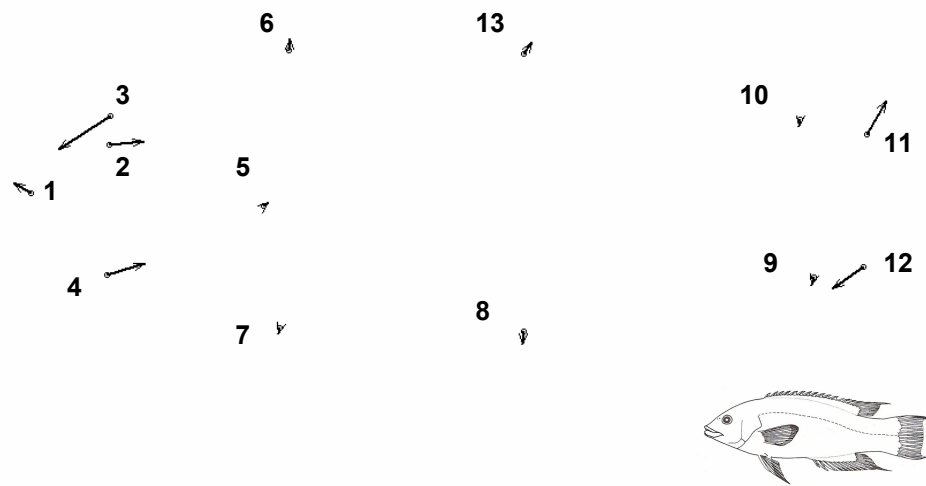


Figure 3 – Vector of the warps representing the alterations in the body of *B. rufus*. Variation upon the first canonical axis. [Vecteur des flexions représentant les changements du corps d'un *B. rufus*. Variation sur le premier axe canonique.]

Only 3.1% of data variation was accumulated in the third canonical axis, allowing the discrimination between *H. brasiliensis* and *H. dimidiatus* (ANOVA, $F = 134.7$; $d.f. 3$; $p < 0.00001$) (Fig. 4). According to morphological warps associated with this axis, *H. dimidiatus* differentiates from *H. brasiliensis* through variations in the upper skull and in the caudal peduncle region (Figs 5, 6). At the top of the head, the orbit tends to further itself from the snout while the superior portion of the head nears the anterior extremity of the head. In the caudal peduncle, the vertical dislocation of the posterior base of the dorsal fin indicates a raise in height for this region.

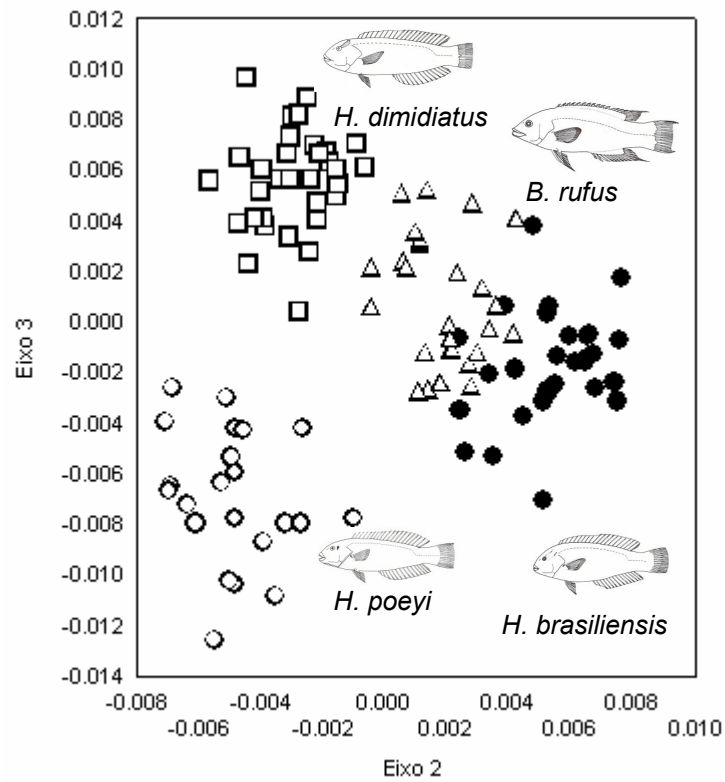


Figure 4 – Projection of the individual scores of Labridae in the space of the second and third canonical axes. [Projection des différents marques anatomics de Labridae dans l'espace des deuxième et troisième haches canoniques.]

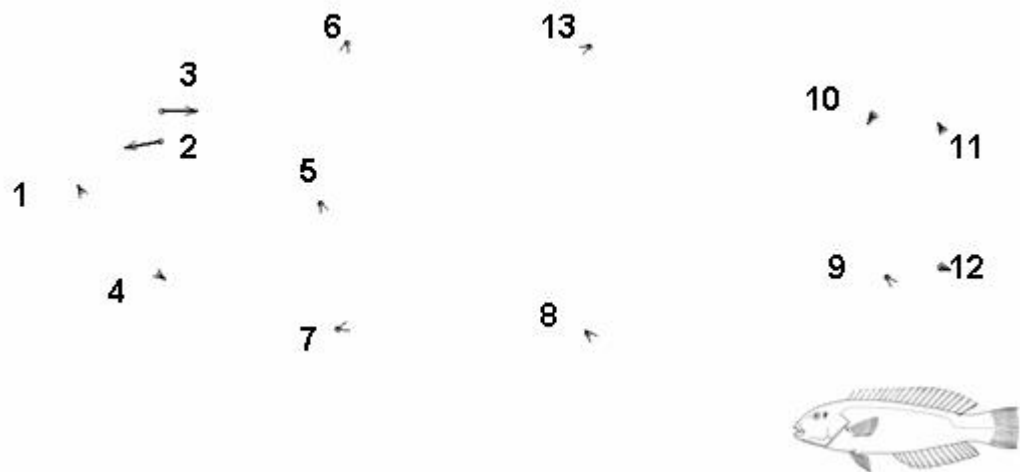


Figure 5 – Vectors of the warps representing the alterations in the body of *H. poeyi*. Variation upon the second canonical axis. [Vecteurs des flexions représentant les changements du corps d'un *H. poeyi*. Variation sur le deuxième axe canonique.]

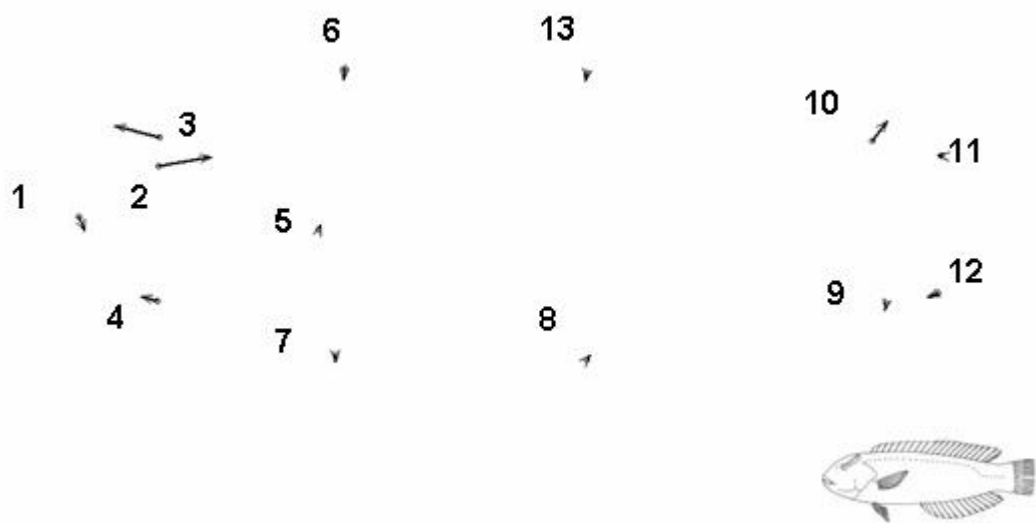


Figure 6 – Vectors of the warps representing the alterations in the body of *H. dimidiatus*. Variation upon the second canonical axis. [Vecteurs des flexions représentant les changements du corps d'un *H. dimidiatus*. Variation sur le deuxième axe canonique.]

Phylogenetic hypothesis

Since we analyzed only three species of this diverse genus, caution should be used when interpreting phylogenetic results. However, some general patterns can be drawn from our analysis. The cladogram generated by PAST from data obtained through geometric morphometrics indicated that the studied *Halichoeres* species form a monophyletic group, with *Bodianus rufus* as an outgroup and *H. poeyi* as a sister group of the clade *H. brasiliensis* + *H. dimidiatus* (Fig. 7). Analysis of the comparative alterations found between the states of the characters resulted in synapomorphies and a series of transformations from different morphological variations found.

Synapomorphies. - The heads of the three *Halichoeres* species have smaller lengths (22% of SL) and are deeper than those of the outgroup; the pre-orbital distances were smaller (32% of SL) and the caudal peduncles were lower (18.5% of SL) than the measurements found for *B. rufus*. Within *Halichoeres*, the most basal taxon (*H. poeyi*) may be defined by the autopomorphy of the slightly shorter snout ($\leq 7.8\%$ of SL) and more elevated head (20% of SL). The clade *H. brasiliensis* + *H. dimidiatus* shares a longer snout ($>7.8\%$ of SL) than *H. poeyi* and a larger height of the caudal peduncle ($> 14\%$ of SL).

Head. - The vector of anatomical landmark 3, located at the top of the head, is oriented in a posterior sense, reducing the length of the snout ($< 7.8\%$ of SL) of *H. poeyi*, while in the individuals from the *H. brasiliensis* + *H. dimidiatus* clade this vector is inclined towards the dorsum, leading to a higher snout.

Eyes. - Considering the relative positions of the eyes between the species, it is noted that anatomical landmark 2 directs itself towards the frontal portion, shortening the distance between the eyes (26% of SL) and the anterior margin of the head in *H. poeyi*. The position of the eyes in the *H. brasiliensis* + *H. dimidiatus* clade, however, is located more posteriorly, reverting to the plesiomorphic state of this character, found in *B. rufus*.

Caudal peduncle. - The height of the caudal peduncle in *H. poeyi* maintained an orientation similar to the outgroup. However, in the clade formed by the congeneric species, a raise (of more than 14% of SL) is verified in the region located between the final insertion of the dorsal fin in the caudal peduncle, indicated by the vector of anatomical landmark 10.

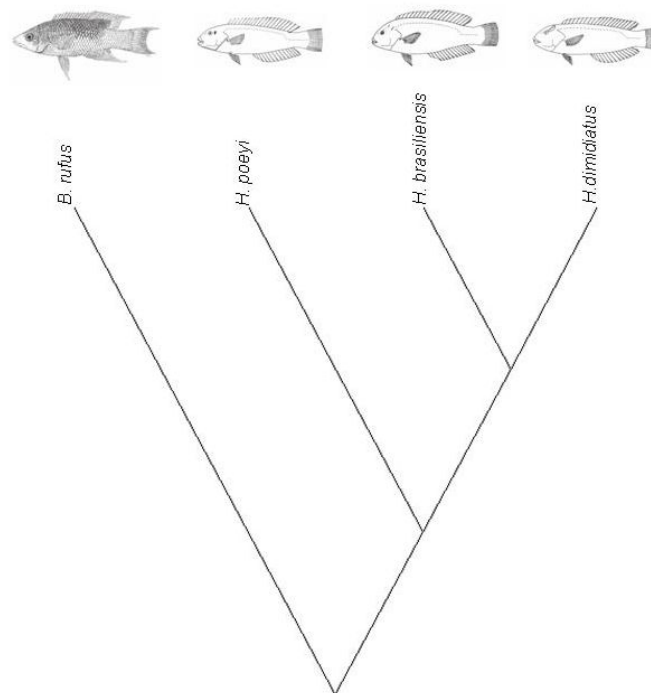


Figura 7 – Phylogenetical hypothesis of three *Halichoeres* species generated by routine cladistics in the program PAST. [Hypothèse phylogénétique de trois espèces de *Halichoeres* produites par cladistics courant dans le programme PAST.]

DISCUSSION

Morphometric analyses of these labrid species showed that the main morphological variations are located in the head and caudal peduncle. In the comparison between *Bodianus rufus* and *Halichoeres*, analyses discriminated the long and slender snout and deeper caudal peduncle of the first species. Morphological modifications were more evident in the cranial region, where *H. poeyi* is differentiated from *H. brasiliensis* and *H. dimidiatus* for the smaller pre-orbital distance and especially for its more elevated skull. On the other hand, *H. brasiliensis* moves further from *H. dimidiatus* due to variations in the skull ceiling and greater height of the caudal peduncle.

Morphological knowledge is essential for the interpretation of many biological components such as functional morphology, physiology, systematics and evolutionary patterns (Lowe-McConnell, 1999). Thus, the variation in functional morphology observed in different feeding mechanisms allows the coexistence of sympatric species, minimizing or avoiding interspecific competition (Labropoulou and Eleftheriou, 1997), supported by adaptations for the capture of potential prey and by manoeuvrability (Romer and Parson, 1985; Lowe-McConnell, 1999).

In the study of the functional morphology of labrid skulls presented by Wainwright *et al.* (2004), different patterns between *Bodianus* and *Halichoeres* species were obtained. Their analyses discriminated patterns from the function of mandible kinetics; mouth size and larger adductor muscle in *Bodianus* and suggested that they could potentially prey upon elusive animals with large sizes. However, the *Halichoeres* species present a more diversified pattern in its functional morphology and ecology, being considered as generalists regarding exploration of food items (Wainwright, 1988; Ferry-Graham *et al.*, 2002; Wainwright *et al.*, 2004).

Phylogenetic analyses performed through geometric morphometry highlight the measurable relations among the morphological characteristics that emphasize body shape. Elaborating phylogenies from measurements, as is proposed in the current study, may generate approximations of groups based on morphological similarities, leading to a representation of homoplasies within the group (Amorim, 2002). In this way, the relationships obtained between the species may suffer a distortion in their phylogenetic that translate into ecological similarity, as obtained in the Mahalanobis distance phenogram performed by Cavalcanti *et al.* (1999) while studying geometric morphometry in Serranidae.

Even though the current phylogenetic proposal was built upon a small group composed of three *Halichoeres* species out of the six occurring in Brazil and an outgroup, the importance of this research as a phylogenetic assay of the use of geometric morphometrics data (and also the state of these characters) is recognized through the series of transformations proposed. Studies performed with molecular methods and applied to phylogeny demonstrate that *Halichoeres* needs a taxonomical review since it is notably polyphyletic (Westneat and Alfaro, 2005; Barber and Bellwood, 2005). The non-definition of phylogenetic relationships in *Halichoeres* is related to unresolved taxonomy, where the problem can be seen in the large quantity of synonymies (Randall and Böhlke, 1965; Böhlke and Chaplin, 1993; Parenti and Randall, 2000). According to Froese and Pauly (2007), there are close to 23 synonymies among the *Halichoeres* species occurring in the Brazilian provinces, which can be divided between the following species: *H. brasiliensis* (3 synonymies), *H. bivittatus* (7), *H. dimidiatus* (1), *H. penrosei* (2), *H. poeyi* (1) and *H. radiatus* (9).

The 75 species of this genus form at least four clades with distinct evolutionary histories. Nevertheless, the New World species form a monophyletic group. The groupings of *Halichoeres* are polyphyletic for species in the Indo-Pacific and Eastern Pacific regions, and monophyletic for the Western Atlantic (Westneat and Alfaro, 2005; Barber and Bellwood, 2005). These authors evidenced that this phylogenetic situation follows the pattern of most reef fish, considering that the Indo-Pacific region would be the centre of origin for these groups, and the Caribbean the locality most recently occupied by this fauna. The barrier formed by the Amazon and Orinoco rivers caused speciation of a few western Atlantic species resulting in Brazilian endemics (Rocha, 2003; Rocha *et al.*, 2005). The Caribbean *H. radiatus* (Linnaeus, 1758), *H. cyanocephalus* (Bloch, 1791) and *H. maculipinna* (Muller and Troschel, 1848), are considered sister-species of *H. brasiliensis*, *H. dimidiatus* and *H. penrosei* Starks, 1913, (Rocha and Rosa, 2001; Rocha, 2004). However, it is worthy to point out that the inclusion of *H. maculipinna* and its sister *H. penrosei* in *Halichoeres* is probably incorrect (Barber and Bellwood, 2005; Westneat and Alfaro, 2005).

The results obtained from geometric morphometrics show consistency when compared with works of functional morphology (Wainwright, 1988; Wainwright *et al.*, 2004) because they indicate that the variations seen in the labrids occur mainly in the area of the skull. Despite the rejection related to the use of data generated by geometric morphometrics for phylogenetic purposes (Fink and Zelditch, 1995; Swiderski *et al.*, 1998, 2000; Acero *et al.*, 2005), the results are satisfactory in this and other

previous studies. However, caution is suggested in inferring phylogenetic relationships, since the results of morphometric similarities may be reflecting non-homologous and convergent characters due to ecological roles, without representing kinships.

Acknowledgments. - We thank the CAPES and the Universidade Federal de Pernambuco for finance and technical support, Dr. Moacir Araújo Filho (UFPE), Dr. Rosângela Lessa (UFRPE) and Dr. Sigrid Neumann-Leitão (UFPE) for reviewing the manuscript, MSc. Francois Michonneau, from Florida Museum of Natural History, for helping us with the résumé.

REFERENCES

- ACERO A, TAVERA J.J. & J. REYES, 2005. - Systematics of the genus *Bagre* (Siluriformes: Ariidae): A morphometric approach. *Cybium*, 29(2): 127-133.
- ADAMS D.C. & M.S. ROSENBERG, 1998. - Partial warps, phylogeny, and ontogeny: A comment on Fink and Zelditch (1995). *Syst. Biol.*, 47: 168-173.
- AMORIM D.S., 2002. - Fundamentos de Sistemática Filogenética. 156 p. Ribeirão Preto: Holos Editora.
- ARNAL C., VERNEAU O. & Y. DESDEVISES, 2006. - Phylogenetic relationships and evolution of cleaning behaviour in the family Labridae: Importance of body colour pattern. *J. Evol. Biol.*, 19(3): 755-763.
- ÁSTUA DE MORAES D.A. de, 2003. - A morfometria geométrica e a “revolução morfométrica”: Localizando e visualizando as mudanças na forma dos organismos. *Boletim*, 3: 1-5. <http://www.bioetim.hpg.ig.com.br/III-3/Artigos/moraes.htm>. Acessado em 13/07/2006.
- BARBER P.H. & D.R. BELLWOOD, 2005. - Biodiversity hotspots: Evolutionary origins of biodiversity in wrasses (*Halichoeres*: Labridae) in the Indo-Pacific and new world tropics. *Mol. Phylogen. Evol.*, 35(1): 235-253.
- BÖHLKE J.E. & C.C.G. CHAPLIN, 1993. - Fishes of the Bahamas and Adjacent Tropical Waters. 2nd edit. pp. 444-463. Austin: Univ. of Texas Press.
- BOOKSTEIN F.L., 1991. - Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology. 433 p. New York: Cambridge Univ. Press.

- CAVALCANTI M.J., MONTEIRO L.R. & P.R.D. LOPES, 1999. - Landmark-based Morphometric analysis in selected species of Serranid fishes (Perciformes: Teleostei). *Zool. Stud.*, 38(3): 287-294.
- FERRY-GRAHAM L.A., WAINWRIGHT P.C., WESTNEAT M.W. & D.R. BELLWOOD, 2002. - Mechanisms of benthic prey capture in wrasses (Labridae). *Mar. Biol.*, 141: 819-830
- FINK W.L. & M.L. ZELDITCH, 1995. - Phylogenetic analysis of ontogenetic shape transformation: a reassessment of piranha genus *Pygocentrus* (Teleostei). *Syst. Zool.*, 44(3): 343-360.
- FLOETER S.R., GASPARINI J.L., ROCHA L.A., FERREIRA C.E.L., RANGEL C.A. & B.M. FEITOZA, 2003. - Brazilian reef fish: Checklist and remarks. <http://www.brazilianreeffish.cjb.net>, acessado dia 05/09/2003.
- FROESE R. & D. PAULY (eds), 2007. - FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org. (acesso em 11/02/2007).
- GOMON M.F., 1997. - Relationships of fishes of the Labrid tribe Hypsigenyini. *Bull. Mar. Sci.*, 60(3): 789-871.
- HAMMER Ø., HARPER D.A.T. & P.D. RYAN, 2001. - PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeont. Electron.*, 4(1): 9 p.
- HANEL R., WESTNEAT M.W. & C. STURMBAUER, 2002. - Phylogenetic relationships, evolution of broodcare behavior, and geographic speciation in the wrasse tribe Labrini. *J. Mol. Evol.*, 55(6): 776-789.
- LABROPOULOU M. & A. ELEFThERIOU, 1997. - The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *J. Fish Biol.*, 50: 324-340.
- LOWE-McCONNELL R.H., 1999. - Estudos ecológicos e comunidades de Peixes recifais. 534 p. São Paulo: Edusp.
- MONTEIRO L.R. & S.F. REIS, 1999. - Princípios de Morfometria geométrica. 198 p. Ribeirão Preto: Holos.
- MONTEIRO L.R., 2000. - Why morphometrics is special: The problem with using partial warps as characters for phylogenetic inference. *Syst. Biol.*, 49: 796-800.

- MOURA R.L., FIGUEIREDO J.L. & N.A. MENEZES, 2003. - Labridae. *In*: Catálogo dos Peixes Marinhos e de Água Doce do Brasil. 2.edít. (Buckup P.A. & N.A. Menezes, eds) Url: <http://www.mnrj.ufrj.br/catalogo/>. Acessado em 12/02/2007.
- PARENTI P. & J.E. RANDALL, 2000. - An annotated checklist of the species of the labroid fish families Labridae and Scaridae. *Ichthyol. Bull.* (J.L.B. Smith Institute of Ichthyology), 68: 1-97. Url: <http://www.bioline.org.br/request?fb00001>. Acessado em 12/02/2007.
- PERES-NETO P.R., 1995. - Introdução às análises morfométricas. *In*: Tópicos em Tratamentos de Dados biológicos. *Oecol. Brasil.*, 2: 57-89.
- PIORSKI N.M. & J.L.S. NUNES, 2001. - Dimorfismo sexual e tendência alométrica em *Urotrygon microphthalmum* Delsman 1941. *Bol. Lab. Hidrobiol.* 13: 67-81.
- RANDALL J.E. & J.E. BÖHLKE, 1965. - Review of the Atlantic Labrid fishes of the genus *Halichoeres*. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philad.*, 117(7): 235-259.
- REIS R.E., ZELDITCH M.L. & W.L. FINK, 1998. - Ontogenetic allometry of body shape in the neotropical catfish *Callichthys* (Teleostei: Siluriformes). *Copeia*, 1998(1): 177-182.
- ROCHA L.A. & R.S. ROSA, 2001. - *Halichoeres brasiliensis* (Bloch, 1791), a valid wrasse species (Teleostei: Labridae) from Brazil, with notes on the Caribbean species *Halichoeres radiatus* (Linnaeus, 1758). *Aqua J. Ichtyol. Aquat. Biol.*, 4(4): 161-166.
- ROCHA L.A., 2003. - Patterns of distribution and processes of speciation in Brazilian reef fishes. *J. Biogeography*, 30: 1161-1171.
- ROCHA L.A., 2004. - Mitochondrial DNA and color pattern variation in three western Atlantic *Halichoeres* (Labridae), with the revalidation of two species. *Copeia*, 2004(4): 770-782
- ROCHA L.A., ROBERTSON D.R., ROMAN J. & B.W. BOWEN, 2005. - Ecological speciation in reef fishes. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 272: 573-579.
- ROHLF F.J., 1990. - Morphometrics. *Annu Rev. Ecol. System.*, 21: 299-316.
- ROHLF F.J. & L.F. MARCUS, 1993. - A revolution in morphometrics. *Trends Ecol. Evol.*, 8(4): 129-132.
- ROHLF F.J., LOY A. & M. CORTI, 1996. - Morphometric analysis of old world Talpidae (Mammalia, Insectivora) using partial - warps scores. *Syst. Biol.*, 45(3): 344-362.
- ROHLF F.J., 1998a. - On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. *Syst. Biol.*, 47: 147-158.

- ROHLF F.J., 1998b. - Relative Warps. Version 1.18. Department of Ecology and Evolution, State Univ. of New York, New York: Stony Book.
- ROHLF F.J., 2005. - TPSdigtl Version 2.04. Department of Ecology and Evolution, State Univ. of New York, New York: Stony Book.
- ROMER A. & T.S. PARSONS, 1985. - Anatomia comparada dos Vertebrados. 559 p. São Paulo: Atheneu.
- ROTH V.L. & J.M. MERCER, 2000. - Morphometrics in development and evolution. *Am. Zool.*, 4(5): 801-810.
- SHEETS H.D., 2002. - Integrated Morphometrics Package. Department of Physics, Canisius College. In: <http://www.canisius.edu/~sheets/morphosoft.html>.
- STRAUSS R.E. & F.L. BOOKSTEIN, 1982. - The truss: Body form reconstruction in morphometrics. *Syst. Zool.*, 31: 113-135.
- SWIDERSKI D.L., ZELDITCH M.L. & W.L. FINK, 1998. - Why morphometrics is not special: Coding quantitative data for phylogenetic analysis. *Syst. Biol.*, 47: 508-519.
- SWIDERSKI D.L., ZELDITCH M.L. & W.L. FINK, 2000. - Phylogenetic analysis of skull shape evolution in marmotine squirrels using landmarks and thin-plate splines. *Hysfrix*, 11(1): 49-75.
- WAINWRIGHT P.C., 1988. - Morphology and ecology: Functional basis of feeding constraints in Caribbean labrid fishes. *Ecology* 69 (3): 635-645.
- WAINWRIGHT P.C., BELLWOOD D.R., WESTNEAT M.W., GRUBICH J.R. & A.S. HOEY, 2004. - A functional morphospace for the skull of labrid fishes: Patterns of diversity in a complex biomechanical system. *Biol. J. Linn. Soc.*, 82: 1-25.
- WESTNEAT M.W., ALFARO M.E., WAINWRIGHT P.C., BELLWOOD D.R., GRUBICH J.R., FESSLER J.L., CLEMENTS K.D. & L.L. SMITH, 2005. - Local phylogenetic divergence and global evolutionary convergence of skull function in reef fishes of the family Labridae. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 272: 993-1000.
- WESTNEAT M.W. & M.E. ALFARO, 2005. - Phylogenetic relationships and evolutionary history of the reef fish family Labridae. *Mol. Phylogen. Evol.*, 36 (2):370-390.
- ZAR J.H., 1999. - Biological analysis (4th edit.). 938 p. New Jersey, Prentice-Hall.

Capítulo 3

INFERÊNCIA ECOLÓGICA DE CINCO ESPÉCIES DE POMACENTRIDAE ATRAVÉS DE MORFOMETRIA GEOMÉTRICA

Jorge Luiz Silva NUNES (1), Nivaldo Magalhães PIORSKI (2), Felipe Tiago e Silva MENEZES (3) e
Maria Elisabeth de ARAÚJO (4)

(1) Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, CEP 65500-000, Chapadinha, MA, Brasil. E-mail: [silvanunes@yahoo.com]

(2) Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, CEP 65080-040, São Luís, MA, Brasil. E-mail: [nivaldopiorski@yahoo.com.br].

(3) Faculdade Frassinetti do Recife. Av. Conde da Boa Vista, nº 921 Boa Vista - Recife - Pernambuco CEP 50060-002.

(4) Grupo de Ictiologia Marinha Tropical, Departamento de Oceanografia da UFPE. Av. da Arquitetura s/n Cidade Universitária, CEP 50740-550, Recife-PE. E-mail: [elisabeth.araujo@ufpe.br].

ABSTRACT. Ecological inference of five Pomacentridae species through geometric morphometrics.

A total of 108 individuals belonging to five species of family Pomacentridae captured in the coast of Pernambuco and Rio Grande do Norte States in northeastern Brazil were submitted to a morphometric study with the application of the geometric morphometrics technique. A Canonical Variable Analysis applied on the W matrix, resultant from the geometric morphometrics, indicated morphological differences between the studied species. The analysis of partial deformations illustrates the location of these morphological variations. A cluster generated by the UPGMA method from the Mahalanobis distances was calculated from the species scores. The *Stegastes* individuals possess smaller head length, smaller body height and smaller length of the caudal peduncle when compared to *Abudefduf saxatilis*. *Stegastes variabilis* presented a shorter snout, a lower head, a more depressed body and a higher caudal peduncle. On the other hand, *S. sanctipauli* and *S. fuscus* exhibited these morphological characteristics in opposite proportions, and *S. pictus* provided similar patterns as *S. variabilis*, however with lower intensities in the relationships. The formed clusters were well defined, with the smallest distances being observed between *S. sanctipauli* and *S. fuscus*. Within *Stegastes*, *S. variabilis* is the most distant from the other species. Since *A. saxatilis* belongs to a different genus, it is

separated from the *Stegastes* species. With the present results, it is clear that the analyzed morphological variations in these Pomacentridae species reflect the different types of explored environments.

Key-words: Pomacentridae, *Stegastes*, geometry morphometry, phylogeny, ecology.

RESUMO

Um total de 108 indivíduos pertencentes a cinco espécies da família Pomacentridae capturados no litoral de Pernambuco e Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, foi submetido a um estudo de morfometria com a aplicação da técnica de morfometria geométrica. Uma Análise de Variáveis Canônicas aplicada sobre a matriz W, resultante da morfometria geométrica, indicou diferenças morfológicas entre as espécies estudadas. As análises de deformações parciais ilustram a localização dessas variações morfológicas. Foi gerado um agrupamento pelo método UPGMA a partir das distâncias de Mahalanobis que foi calculado a partir dos escores das espécies. Os indivíduos de *Stegastes* possuem menor comprimento da cabeça, menor altura do corpo e menor comprimento do pedúnculo caudal quando comparados aos de *A. saxatilis*. *Stegastes variabilis* apresentou focinho mais curto, cabeça mais baixa, corpo mais deprimido e maior altura do pedúnculo caudal. *Stegastes sanctipauli* e *S. fuscus* mostraram essas características morfológicas totalmente contrárias, e *S. pictus* forneceu padrões semelhantes a *S. variabilis*, porém com intensidades menores nas relações. Os agrupamentos formados foram bem definidos, sendo as menores distâncias observadas entre as espécies *S. sanctipauli* e *S. fuscus*. Dentro do gênero *Stegastes*, *S. variabilis* é a espécie mais distante de todas as outras. *A. saxatilis*, por pertencer a um gênero diferente, está separado das espécies de *Stegastes*. Com os presentes resultados, fica claro que as variações morfológicas analisadas nos pomacentrídeos dessas espécies refletem os diferentes tipos de ambientes explorados.

Palavras-chave: Pomacentridae, *Abudefduf*, *Stegastes*, morfometria geométrica, ecologia.

INTRODUÇÃO

A família Pomacentridae possui cerca de 320 espécies pertencentes a 28 gêneros, amplamente distribuídas em todos os mares tropicais e facilmente observadas associada aos ambientes recifais e rochas (Nelson, 1994). Os representantes desta família no Brasil são conhecidos como peixes donzelas, e constituem 14 espécies pertencentes a quatro gêneros: *Abudefduf* (1), *Chromis* (5), *Microspathodon* (1) e *Stegastes* (7) (Menezes e Figueiredo, 1985; Ferreira *et al.*, 1998a, 2001; Carvalho-Filho, 1999, Novelli *et al.*, 2000).

O gênero *Stegastes* possui aproximadamente 40 espécies em todo o mundo (Allen, 1991), dentre essas, cinco são encontradas no nordeste do Brasil: *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830), *S. pictus* (Castelnau, 1855), *S. rocaensis* (Emery, 1972), *S. sanctipauli* (Lubbock e Edwards 1981) e *S. variabilis* (Castelnau, 1855) (Gasparini *et al.*, 1999; Novelli *et al.*, 2000; Araújo *et al.*, 2003). Igualmente, o gênero *Abudefduf* também é especioso e cosmopolita, possui um total de 20 espécies, sendo que no Brasil ocorre apenas *A. saxatilis* (Menezes e Figueiredo, 1985; Molina *et al.*, 2006; Froese e Pauly, 2007).

Gasparini *et al.* (1999) descreveram *S. tridadensis* como uma nova espécie de pomacentrídeo, com distribuição também endêmica na Província Brasileira, mas esta espécie passou a ser considerada como subespécie, *S. fuscus tridadensis* (Gasparini e Floeter, 2001). Os problemas na identificação de Pomacentridae ocorrem devido a sua grande riqueza de espécies, ampla distribuição, grandes similaridades entre espécies cogenéricas, padrão de colorido que varia entre os indivíduos e entre as localidades, dúvidas de validade das espécies (Acero, 1978; Nelson, 1994; Novelli *et al.*, 2000; Humann e Deloach, 2002; Araújo *et al.*, 2003).

Araújo *et al.* (2003) destacam alguns outros problemas presentes nas chaves de identificações disponíveis do gênero *Stegastes*, principalmente quanto aos caracteres diagnósticos que se baseiam somente no seu colorido, visto que as metodologias de conservação comprometem o colorido e esse tipo de diagnose. Segundo esses autores, outros caracteres diagnósticos que também geram confusão na identificação dos *Stegastes* são os números de séries de escamas da face e os números de escamas principais do opérculo, que apresenta um alto grau de sobreposição de caracteres entre as espécies.

Investigações científicas realizadas com pomacentrídeos do Brasil, tanto em sua costa, quanto em suas ilhas oceânicas reportam a herbivoria do grupo (Ferreira *et al.*, 1998a,b), sua ecologia comportamental (Menegatti *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2004; Frensel *et al.*, 2007), descrição de novas espécies (Emery, 1972; Lubbock e Edwards 1981; Moura, 1995; Gasparini *et al.*, 1999; Novelli *et al.*, 2000), dinâmica populacional (Schwamborn e Ferreira, 2002), biologia reprodutiva (Souza *et al.*, 2007), estruturação genética de populações (Molina e Galetti, 2004a,b; Dias-Jr *et al.*, 2007), ordenamento de exploração de peixes ornamentais (Nottingham *et al.*, 2005) e análises merística e morfológica (Gesteira, 1972; Araújo *et al.*, 2003; Molina *et al.*, 2006).

O objetivo do presente trabalho é comparar morfologicamente cinco espécies de Pomacentridae; *Abudefduf saxatilis*, *Stegastes fuscus*, *S. pictus*, *S. sanctipauli* e *S. variabilis*, e examinar a relação da forma do corpo com a ecologia utilizando técnicas de morfometria geométrica.

MATERIAL E MÉTODOS

A obtenção dos exemplares foi feita através de capturas realizadas em Tamandaré e Itamaracá, municípios do estado de Pernambuco, e das coleções científicas do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste (CEPENE), Universidade Federal de Pernambuco e Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Um total de 108 indivíduos pertencentes à família Pomacentridae foi medido. As espécies selecionadas, os números de indivíduos e a variação dos comprimentos padrão amostrados foram, respectivamente, os seguintes: *A. saxatilis*, n = 13; *S. fuscus*, n = 45; *S. pictus*, n = 7; *S. sanctipauli*, n = 20; *S. variabilis*, n = 5.

As medidas morfométricas foram obtidas a partir de 13 marcos anatômicos fixados sobre o perfil esquerdo dos animais. Os marcos foram considerados homólogos (correspondência biológica), pois apresentam mesma posição em todos os exemplares estudados e na média de todos os exemplares do conjunto de dados (Bookstein, 1991; Monteiro e Reis, 1999). Os marcos anatômicos utilizados correspondem às seguintes estruturas: 1) ponta do focinho; 2) órbita esquerda; 3) porção superior do crânio, alinhado verticalmente com a órbita; 4) porção inferior do crânio alinhado verticalmente com a órbita; 5) origem da nadadeira peitoral; 6) origem da nadadeira dorsal; 7) base da nadadeira pélvica; 8); base do primeiro espinho da nadadeira anal 9) base posterior da nadadeira

anal; 10) base posterior da nadadeira dorsal; 11) base do primeiro raio do lobo superior da nadadeira caudal; 12) porção inferior do pedúnculo caudal alinhado verticalmente com o marco 11; 13) ponto na base da nadadeira dorsal, alinhado verticalmente com a origem da nadadeira anal (Fig. 1).

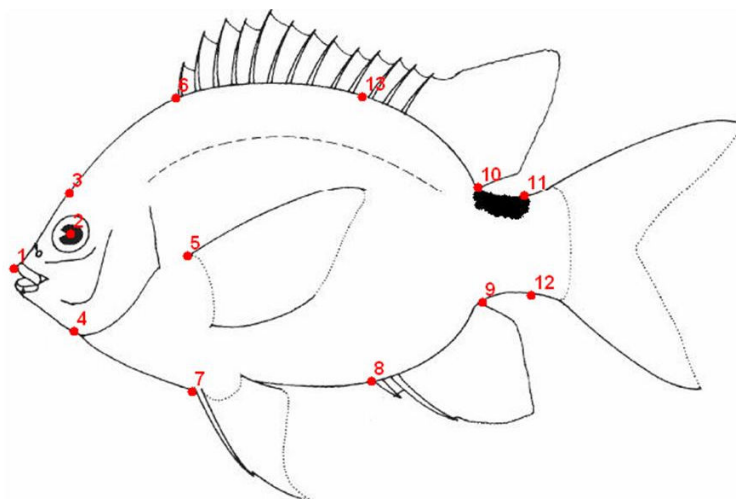


Figura 1 – Esquema dos 13 marcos anatômicos projetados em regiões homólogas da superfície lateral esquerda de um Pomacentridae.

Cada indivíduo foi fotografado separadamente, utilizando-se uma câmera digital marca Cyber-shot DSC-S40 da Sony, e as fotografias foram armazenadas em formato JPEG com a mesma resolução de 1.0 Megapixel e redimensionadas no programa Adobe Photoshop para o tamanho 640X480. Cada marco anatômico foi transformado em coordenadas cartesianas utilizando-se o programa TPSdigit versão 2.04 para posterior análise (Rohlf, 1998, 2005).

O estudo de morfometria geométrica dos pomacentrídeos iniciou-se com o alinhamento de todos os marcos anatômicos, com finalidade de eliminar de qualquer informação referente a orientação dos exemplares no momento da digitalização e ao seu tamanho (restando portanto somente informação de forma), e de configuração de referência (Rohlf *et al.*, 1996), que representa a média das coordenadas provenientes dos próprios marcos (Piorski e Nunes, 2001; Astúa de Moraes, 2003). Em seguida, utilizou-se o *software* IMP (Integrated Morphometrics Package) para a realização das análises de deformações (Sheets, 2002). Em seguida, uma matriz foi construída com todas as distâncias entre os marcos da configuração de referência (Monteiro e Reis, 1999; Astúa de Moraes, 2003). Sobre esta matriz foi aplicada uma Análise de Deformações Principais (ADP) onde os

autovetores, resultantes de uma decomposição da matriz representam os eixos principais de determinada configuração dos marcos anatômicos (*landmarks*) (Monteiro e Reis, 1999; Astúa de Moraes, 2003). Os escores resultantes da projeção de cada indivíduo nas Deformações Principais são denominados de Deformações Parciais organizadas em forma de matriz, a matriz de peso ou matriz W (Reis *et al.*, 1998). Essa matriz foi utilizada como um novo conjunto de dados que retém toda a informação sobre a forma de cada indivíduo analisado, que foram submetidos a uma Análise das Variáveis Canônicas, que considera a definição de grupos *a priori* e maximiza as diferenças entre eles (Bookstein, 1991; Zar, 1999).

Uma análise discriminante foi realizada para o cálculo das distâncias de Mahalanobis entre as espécies a partir da matriz de escores das deformações parciais. Posteriormente, as distâncias geradas foram utilizadas em uma análise de agrupamento pelo método Unweighted-Pair Group Average Method (UPGMA). Todos esses procedimentos foram realizados no programa STATISTICA versão 7.0 (StatSoft, 2004).

RESULTADOS

Morfometria geométrica

Os resultados obtidos através da Análise de Variáveis Canônicas sobre a matriz W indicou diferenças entre as espécies de pomacentrídeos (λ de Wilks_{eixo1} = 0,0084; λ de Wilks_{eixo2} = 0,0646; $p < 0,00001$), enquanto que os três primeiros eixos explicam 40,3% da variação entre as espécies analisadas. No primeiro eixo o percentual da variação foi de 18,4%, segregando *A. saxatilis* das espécies de *Stegastes* (Fig. 2).

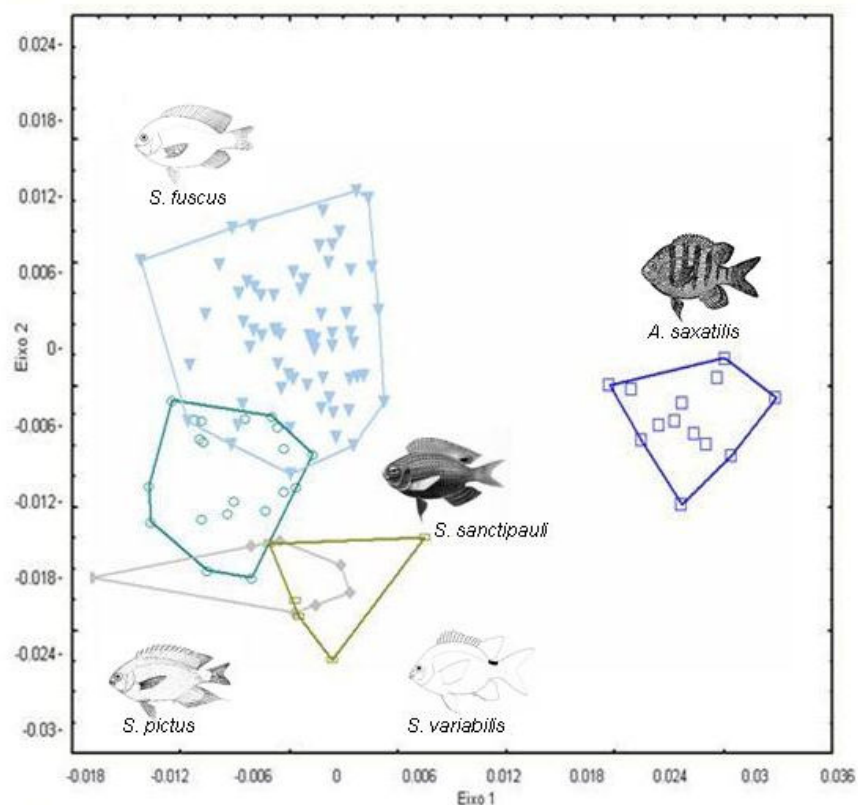


Figura 2 – Projeção dos escores individuais de Pomacentridae no espaço do primeiro e segundo eixo canônico.

As deformações morfológicas contidas no primeiro eixo mostram que *A. saxatilis* apresenta diferenças morfológicas na cabeça, na altura do corpo e na altura da cauda, quando comparado com as outras quatro espécies (Fig. 3). A ponta do focinho e a base inferior do crânio movem-se para frente e para cima, enquanto a base superior do crânio e a órbita deslocam-se para baixo. O conjunto de deformações indica que a cabeça é baixa e pontiaguda. Na porção média do corpo, os marcos anatômicos que correspondem à base do primeiro espinho da nadadeira dorsal e o ponto da linha da base da nadadeira dorsal alinhado verticalmente ao primeiro espinho da nadadeira anal, apresentam o mesmo sentido, sendo ambos contrários ao ponto da base da nadadeira peitoral, configurando sua elevada altura do corpo.

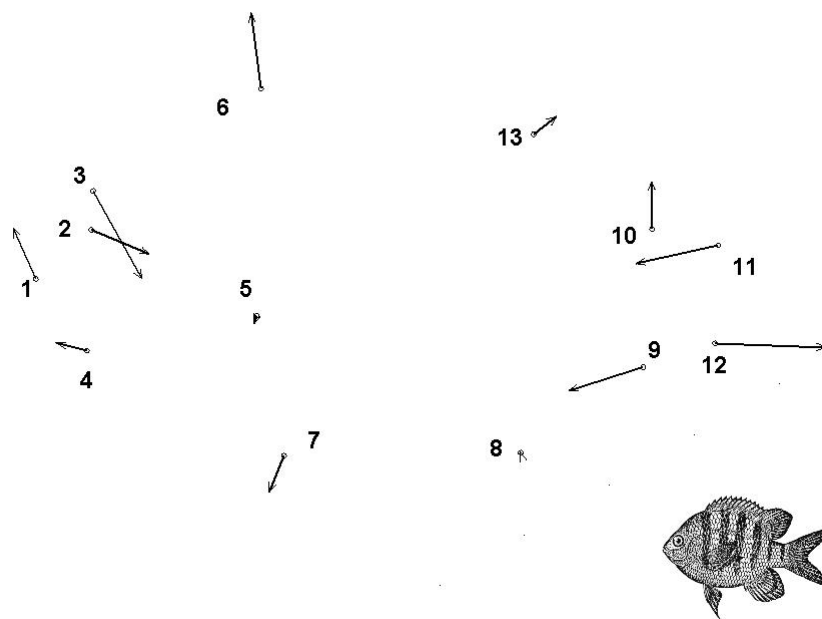


Figura 3 – Vetores das deformações representando as alterações no corpo de *A. saxatilis*.

Variação sobre o primeiro eixo.

O segundo eixo canônico explicou 14,4% da variação das espécies de Pomacentridae que, assim como o terceiro eixo (7,49% da variação), mostra uma grande sobreposição dos escores das quatro espécies de *Stegastes* (Figs. 2 e 4). *Stegastes variabilis* diferencia-se das demais espécies pela deformação em sentidos opostos do focinho e da órbita, e das bases superior e inferior do crânio, resultando em uma pequena distância pré-oral e uma cabeça baixa. Outros marcos anatômicos importantes na separação de *S. variabilis* de seus congêneres sugerem que esta espécie tem um corpo mais deprimido e o pedúnculo caudal mais alto e comprido (Fig. 5).

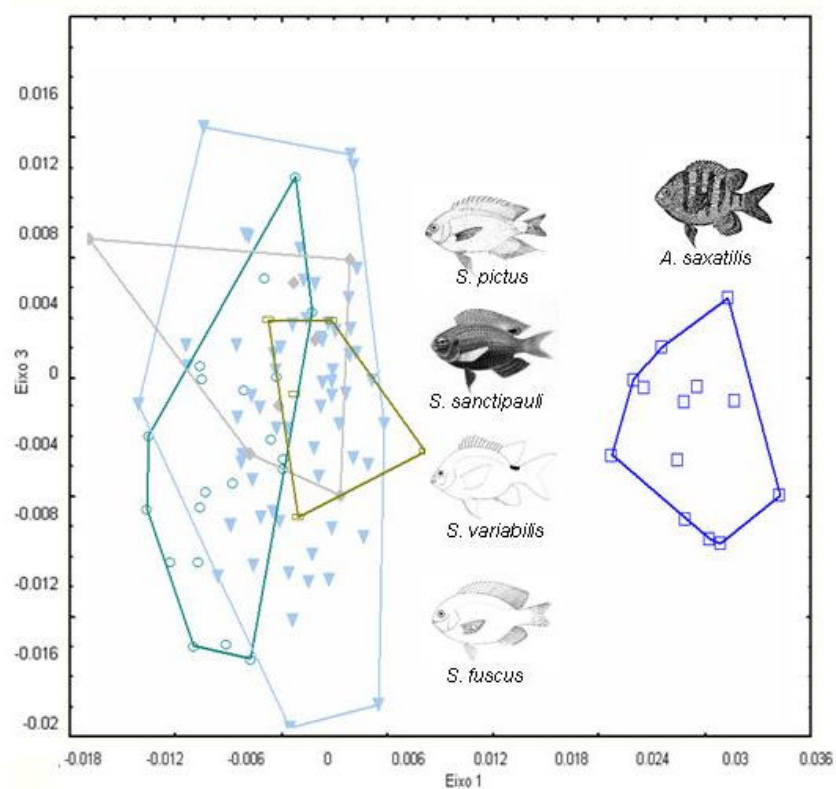


Figura 4 – Projeção dos escores individuais de Pomacentridae no espaço do primeiro e terceiro eixo canônico.

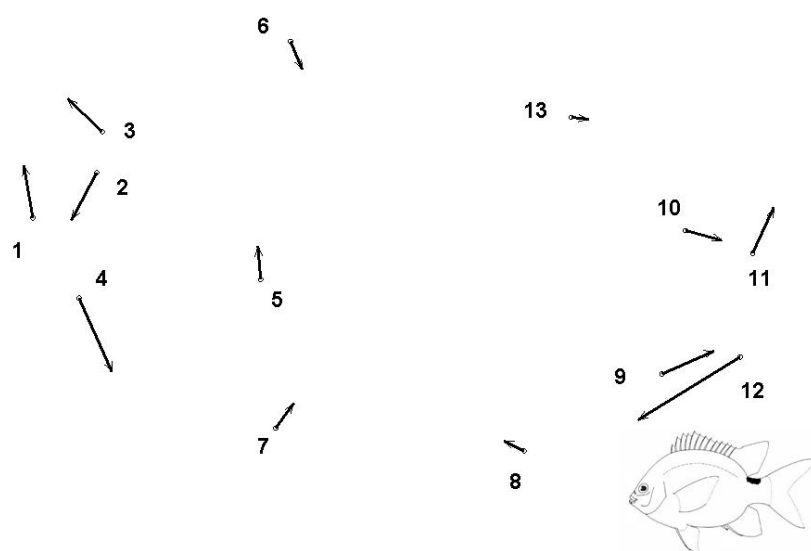


Figura 5 – Vetores das deformações representando as alterações no corpo de *S. variabilis*. Variação sobre o segundo eixo.

A figura 6 corresponde às deformações morfológicas em *S. pictus*, em relação às espécies *S. fuscus* e *S. sanctipauli*. Os vetores do marco anatômico do focinho, da órbita e da base inferior do crânio mostram uma variação na posição dos olhos, além da orientação oposta dos marcos anatômicos do pedúnculo caudal.

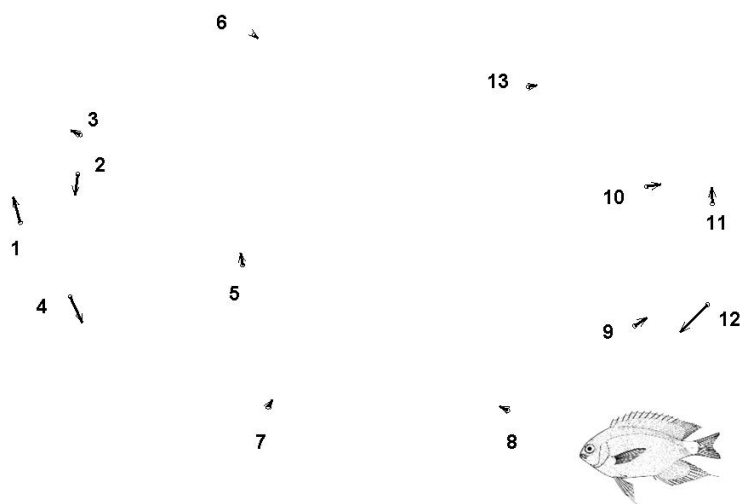


Figura 6 – Vetores das deformações representando as alterações no corpo de *S. pictus*.

Variação sobre o segundo eixo.

Stegastes fuscus diferencia-se de *S. sanctipauli* por apresentar as bases superior e inferior do crânio em direções e sentidos iguais tendendo a uma convergência. e o focinho e a órbita em sentidos contrários. Essas deformações denotam uma cabeça baixa e com uma notável distância pré-oral. Os vetores correspondentes aos marcos da base da nadadeira pélvica e do ponto do primeiro espinho da nadadeira dorsal em sentidos opostos apontam a grande altura do corpo. Por outro lado, os marcos da base posterior da nadadeira anal deslocam-se em direção e sentidos iguais em oposição à base inferior do pedúnculo caudal, correspondendo um grande comprimento do pedúnculo caudal (Fig. 7).

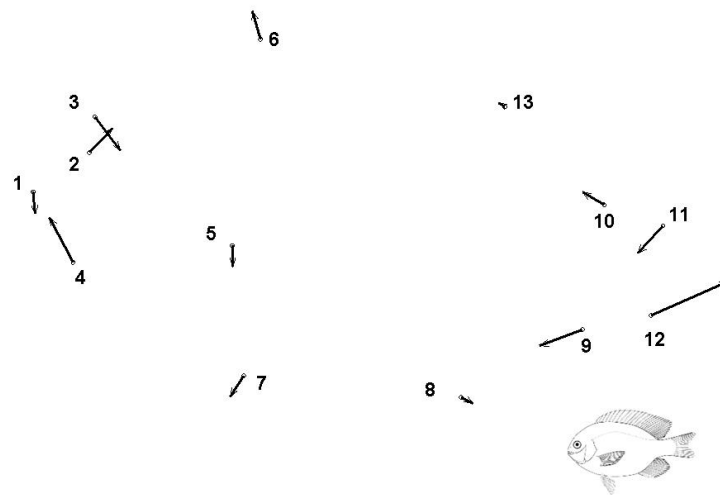


Figura 7 – Vetores das deformações representando as alterações no corpo de *S. fuscus*.

Variação sobre o segundo eixo.

Análise de agrupamento

O agrupamento gerado pelo método UPGMA sobre as distâncias de Mahalanobis mostra que as espécies estudadas formam grupos bem definidos, sendo as menores distâncias observadas entre *S. sanctipauli* e *S. fuscus*. Dentro do gênero *Stegastes*, *S. variabilis* é a espécie mais distante de todas as outras. *A. saxatilis*, naturalmente por pertencer a um gênero diferente, está completamente separado das espécies de *Stegastes* (Fig. 8).

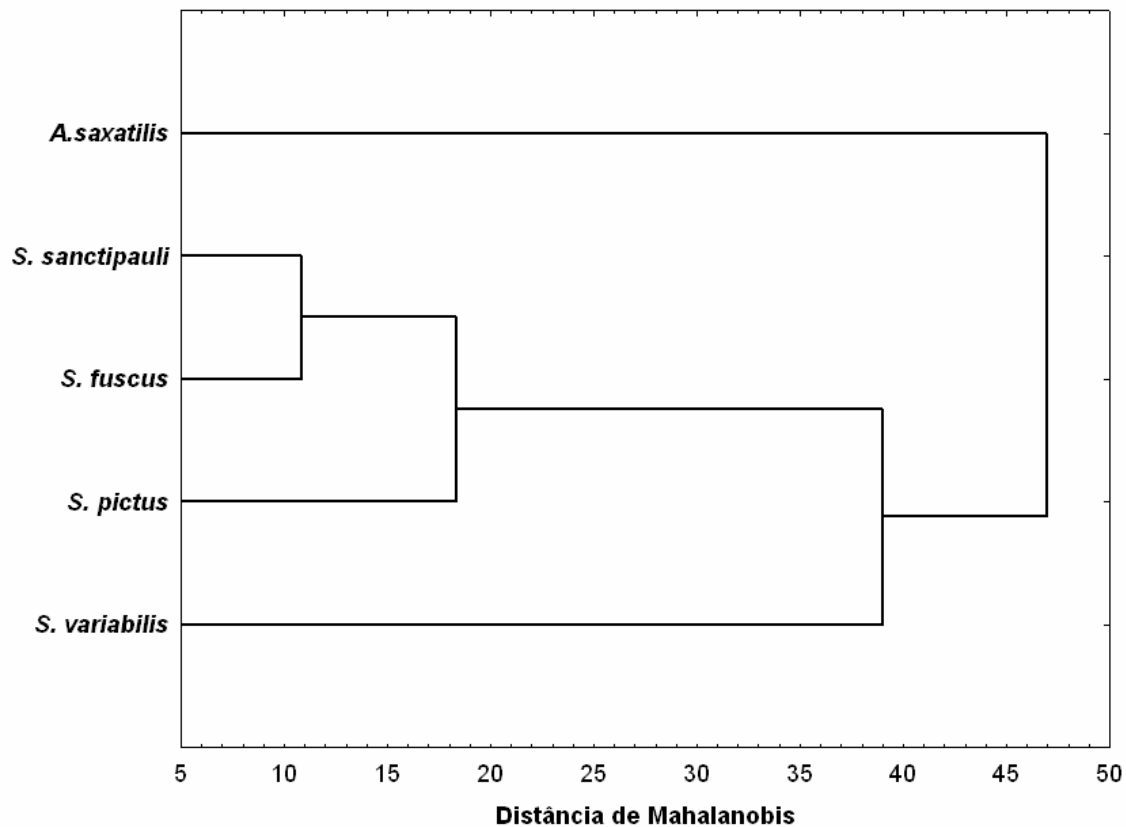


Figura 8 – Análise de agrupamento UPGMA a partir das distâncias de Mahalanobis entre as espécies estudadas.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através das análises de morfometria geométrica aplicados às espécies de pomacentrídeos discriminaram a cabeça, a altura do corpo e pedúnculo caudal como regiões do corpo com maiores variações morfológicas. Em *Abudefduf saxatilis*, essas deformações estão evidenciadas pela análise de morfometria geométrica, as quais diferenciam de todas as espécies congêneres de *Stegastes* do presente estudo. Por outro lado, entre as espécies de *Stegastes* as modificações morfológicas também se intensificam nestes mesmos planos corporais. *Stegastes variabilis* apresenta maiores valores dos vetores em relação a *S. pictus*, embora compartilhem as mesmas orientações. Entretanto, no agrupamento *S. fuscus* e *S. sanctipauli* os vetores possuem as orientações contrárias às encontradas em *S. variabilis*, porém com mesmas intensidades.

Investigações sobre a morfologia são conduzidas com a intenção de compreender padrões biológicos e ecológicos (Lowe-McConnell, 1999), pois é consenso que as condições ambientais possam atuar como agentes modeladores de inovações morfológicas (Futuyma, 1995). Dentre estes, destacam-se os mecanismos alimentares que permitem a segregação espacial evitando competições interespecíficas (Labropoulou e Eleftheriou, 1997).

Estudos com enfoque em morfologia funcional, apesar de importantes, são muito escassos em pomacentrídeos. Contudo, àqueles que abordam esse tema concentram-se no crânio, com estudos na morfologia bucal (Gluckmann e Vandewalle, 1998; Frédérich *et al.*, 2006), na osteologia cranial (Emery, 1973) e na comparação da morfologia trófica a partir de técnicas de morfometria geométrica aplicadas a ossos do crânio (Frédérich *et al.*, 2008a). Todas essas pesquisas revelam a diversidade de grupos tróficos. No presente trabalho as diferentes configurações das cabeças separou as espécies de pomacentrídeos. *Abudefduf saxatilis* apresentou a maior variação morfológica nas proporções cefálicas examinadas, sugerindo ter esta espécie uma maior capacidade de forragear diversos itens alimentares, que o configuram como onívoro. Embora os *Stegastes* tenham apresentado também variações morfológicas na cabeça, estas características não foram suficientes para segregá-las sob a ecologia alimentar, visto que todas espécies aqui estudadas são classificadas como herbívoras territorialistas.

A riqueza de espécies da família Pomacentridae reflete a sua gama de diversidade ecológica e alimentar (Frédérich *et al.*, 2008a), pois essas muitas espécies podem se agrupar nas guildas tróficas correspondentes aos planctívoros, herbívoros, coralívoros ou onívoros (Ferreira *et al.*, 2001; Froese e Pauly, 2007; Frédérich *et al.*, 2008b). Dentre muitas características encontradas nos peixes donzelas podem-se relacionar como suas principais diagnoses o corpo com formato oval, alto e comprimido lateralmente; boca pequena com mandíbulas protrátil e dentes incisivos cônicos (Menezes e Figueiredo, 1985; Nelson, 1994; Carter, 2002). Dentre as espécies estudadas, *A. saxatilis* foi aquela que apresentou a maior altura do corpo. Esta característica indica uma potencial exploração da coluna d'água, sendo corroborada por observações em ambiente natural, por apresentar maior comprimento na cabeça possibilita a predação de itens alimentares maiores que os ingeridos pelos *Stegastes*. Aliás, a configuração das características morfológicas entre os *Stegastes* mostraram que esses peixes diferem em poucos detalhes da sua morfologia, resultando assim em peixes muito especializados no seu comportamento herbívoro e territorialista.

A morfologia não é a única característica compartilhada entre *Stegastes*, a semelhança na ocupação de habitat, nas estratégias reprodutivas, no comportamento e na ecologia pode indicar recentes eventos de especiação (Wiley, 1981; Molina, 2006; Dias-Jr *et al.*, 2007; Floeter *et al.*, 2007). De acordo com Futuyma (1995), linhagens podem estar em uma condição pré-adaptada (*stand-by*) a um nicho que se tornar disponível, ou podem desenvolver inovações chaves (inovações morfológicas) que viabilizem a exploração de novos recursos os quais estavam previamente barrados. Acontecimentos desta natureza provavelmente devem ter ocorrido durante a história evolutiva dos pomacentrídeos, visto que uma das principais causas da sua grande diversidade é decorrente de modificações no aparato mandibular faringiano (Kaufmann e Liem, 1982; Lauder e Liem, 1983; Mabuchi *et al.*, 2007).

Por outro lado, a sobreposição morfológica nos congêneres de *Stegastes* identificada neste estudo é amenizada principalmente pelas distribuições geográficas diferentes para cada espécie e pela repartição espacial quando estes são simpátricos. No Brasil, essas relações de similaridades biológica, ecológica, reprodutiva e uso de habitat entre as espécies de *Stegastes* também são bem documentadas. Nestes tipos de estudos a abordagem ocorre principalmente sobre as estruturas de comunidades, onde são registrados os padrões de semelhança no comportamento das espécies simpátricas (e.g. Ferreira *et al.*, 1995; Ferreira *et al.*, 2001; Floeter *et al.*, 2007).

As espécies *S. fuscus* e *S. variabilis* possuem distribuição restrita à costa, porém *S. variabilis* vive desde o sul da Flórida até o Brasil, enquanto *Stegastes fuscus* é endêmico do Brasil, sendo comum no nordeste e sudeste (Carvalho-Filho, 1999; Humann e Deloach, 2002; Rocha, 2002). *Stegastes pictus* é bem distribuída nas águas brasileiras, ocorrendo tanto na costa quanto nas ilhas oceânicas, contrastando com *S. sanctipauli*, que é restrita ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Joyeux *et al.*, 2001; Rocha, 2002; Froese e Pauly, 2007).

A distribuição destas espécies em grande parte do território brasileiro intriga e promove investigações sobre seus graus de parentesco. Wiley (1981) *apud* Araújo *et al.* (2003), fundamentado nas semelhanças morfológicas, ecológicas e comportamentais, sugere uma especiação recente entre *S. variabilis* e *S. fuscus*. Essa hipótese está apoiada pelos resultados de estrutura genética das populações propostos por Dias-Jr *et al.* (2007), sendo que estes autores ainda sugerem a possibilidade de hibridação entre as duas espécies. Em estudos de citogenética, Molina e Galetti (2004b) e Molina (2006) recorrem à hipótese de especiação alopátrica entre *S. fuscus* e *S.*

sanctipauli, e chegam a afirmar que “*S. fuscus* ou *S. variabilis* são os prováveis ancestrais de *S. sanctipauli*” devido à inversão pericêntrica. A análise de agrupamento gerada neste trabalho, embora não tenha a validade de uma hipótese filogenética, indicou que *S. sanctipauli* e *S. fuscus* são as espécies morfometricamente mais similares dentro de *Stegastes*, com *S. variabilis* em uma posição basal. Assim, as relações de parentesco dentro deste gênero são provavelmente mais complexas do que se conhece, uma vez que resultados obtidos por métodos distintos indicam relações diferentes entre as espécies.

Agradecimentos. - Agradecemos ao IBAMA por ceder a permissão para coleta do material de estudo através da autorização nº 11962-1, ao CEPENE pela concessão das suas instalações durante as coletas. O primeiro autor agradece em especial a CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e a última autora agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERO, A. 1978. Anotaciones ecologicas y sistematicas sobre los peces de la familia Pomacentridae en el caribe colombiano. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín*, 10: 249-259.
- ALLEN, G.R. 1991. *Damselfishes of the world*. Hong Kong: Mergus Press. 271p.
- ARAÚJO, M.E.; PAIVA, A.C.G. de & MATTOS, R.M.G. de. 2004. Predação de ovos de *Abudefduf saxatilis* (Pomacentridae) por *Elacatinus figaro* (Gobiidae) em poças de maré, Serrambi, Pernambuco. *Tropic. Oceanogr.*, 32 (2): 135-142.
- ARAÚJO, M.E.; PAIVA, A.C.G. de, CÉSAR, F.B. & SILVA, J.C.C. da. 2003. A sutil diagnose morfológica entre as espécies simpátricas de *Stegastes fuscus* e *S. variabilis* (Actinopterygii: Pomacentridae). *Arq. Ciênc. Mar.*, 36: 37-43.
- BOOKSTEIN, F.L.. 1991. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. 435p. New York: Cambridge Univ. Press.

- CARVALHO-FILHO, A. 1999. Peixes da costa brasileira (3ª ed). 320P. São Paulo: Editora Melro.
- CARTER, J.A. 2002. Pomacentridae. pp. 1694-1700. In: CARPENTER, K.E. (ed). *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals*. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. Nº 5. Rome, FAO.
- DIAS-JR., E.A.; SOUZA, A.S. & MOLINA, W.F. 2007. Lack of interpopulation genetic structure in the genus *Stegastes* (Perciformes) with indication of local introgression. *Genet. Mol. Res.* 6 (4): 1097-1106.
- EMERY, A.R. 1972. A new species of damselfish (Pisces: Pomacentridae) from eastern of Southern America. *Copeia*, 1972: 330–335.
- EMERY, A.R. 1973. Comparative ecology and functional osteology of fourteen species of damselfish (Pisces: Pomacentridae) at Alligator reef, Florida Keys. *Bull Mar Sci*, 23:649–770.
- FERREIRA C.E.L, GONÇALVES J.E.A, COUTINHO R. & PERET A.C. 1998a. Herbivory by the dusky damselfish, *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 229: 241-264.
- FERREIRA C.E.L, PERET A.C. & COUTINHO R. 1998b. Seasonal grazing rates and food processing by tropical herbivorous fishes. *J. Fish Biol.*, 53 (Supplement A): 222-235.
- FERREIRA, C.E.L.; GONÇALVES, J.E.A. & COUTINHO, R. 2001. Fish community structure and habitat complexity in a tropical rocky shore. *Environ. Biol. Fish.* 61: 353-369.
- FLOETER, S.R.; KROHLING, W; GASPARINI, J.L.; FERREIRA, C.E.L; ZALMON, I.R. 2007. Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover. *Environ. Biol. Fish.*, 78:147–160
- FRÉDÉRICH, B; PARMENTIER, E. & VANDEWALLE, P. 2006. A preliminary study of development of the buccal apparatus in Pomacentridae (Teleostei, Perciformes). *Anim Biol*, 56:351–372.
- FRÉDÉRICH, B; PILET, A.; PARMENTIER, E. & VANDEWALLE, P. 2008a. Comparative Trophic Morphology in Eight Species of Damselfishes (Pomacentridae). *J. Morphol.*, 269:175–188
- FRÉDÉRICH, B; FABRI, G.; LEPOINT, G., A.; PARMENTIER, E. & VANDEWALLE, P. 2008b. Trophic niches of thirteen damselfishes (Pomacentridae) at the Grand Récif of Toliara, Madagascar.

Ichthyol. Res., (disponível on line:
<http://springerlink.com/content/1217021j3521417/fulltext.pdf>).

- FRENSEL, D.M.B.; BARNECHE, D.R.; DINSLAKEN, D.F.; CECCARELLI, D.M.; FERREIRA, C.E.L. & FLOETER, S.R. 2007. Macroecologia do comportamento territorial dos gêneros *Stegastes* e *Pomacentrus*. *XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR*, Florianópolis, 15 a 19 de abril de 2007.
- FROESE, R. & PAULY, D. (Editors). 2007. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org. (acesso em 27/03/2008).
- FUTUYMA, D.J. 1995. *Biologia Evolutiva*. 2ªed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 631p.
- GASPARINI, J.L.; MOURA, R.L. & SAZIMA, I. 1999. *Stegastes trinidadensis* n. sp. (Pisces: Pomacentridae), a new damselfish from Trindade Island, off Brazil. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão* (N. Ser.) 10: 3-11.
- GASPARINI, J.L. & FLOETER, S.R. 2001. The shore fishes of the Trindade Island, southwestern Atlantic. *J. of Nat. Hist.*, 35 (11): 1639-1656.
- GESTEIRA, T.C.V. 1972. Dados biométricos do saberê, *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus), Atol das Rocas. *Arq. Ciênc. Mar*, 12 (1): 73-76.
- GLUCKMANN, I. & VANDEWALLE, P. 1998. Morphofunctional analysis of the feeding apparatus in four Pomacentridae species: *Dascyllus aruanus*, *Chromis retrofasciata*, *Chrysiptera biocellata* and *C. unimaculata*. *Ital J Zool*, 65:421-424.
- HAMMER, Ø; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9pp.
- HUMANN, P & DELOACH, N. 2002. *Reef fish identification: Florida, Caribbean and Bahamas*. 3rd ed. Florida: New World Publications Inc. 481.
- JOYEUX, J.C.; FLOETER, S.R.; FERREIRA, C.E.L. & GASPARINI, J.L.. 2001. Biogeography of tropical reef fish : the South Atlantic puzzle. *J. Biogeogr.*, 28, 831-841.
- KAUFMAN, L.S. & LIEM, K.F. 1982. Fishes of the suborder Labroidei (Pisces: Perciformes): phylogeny, ecology, and evolutionary significance. *Breviora*, 472, 1-19.

- LABROPOULOU, M. & ELEFThERIOU, A. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *J. Fish Biol.*, 50: 324-340.
- LAUDER, G.V. & LIEM, K.F. 1983. The evolution and interrelationship of the Actinopterygian fishes. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 150(3): 95-197.
- LOWE-McCONNELL, R.H. 1999. Estudos ecológicos e comunidades de peixes recifais. 534P. São Paulo: Edusp.
- LUBBOCK, R. & A. EDWARD. 1981. The fishes of Saint Paul's Rock. *J. Fish Biol.*, 18: 135–157.
- MABUCHI, K., MIYA, M.; AZUMA, Y. & NISHIDA, M. 2007. Independent evolution of the specialized pharyngeal jaw apparatus in cichlid and labrid fishes. *BMC Evol. Biol.*, 7:10 (<http://www.biomedcentral.com/1471-2148/7/10>)
- MENEGATTI J.V.; VESCOVI, D.L. & FLOETER S.R. 2003. Interações agonísticas e forrageamento do peixe-donzela, *Stegastes fuscus* (Perciformes: Pomacentridae). *Natureza on line*, 1: 45-50.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1985. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*, Vol. 4. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 106p.
- MOLINA, W.F. & GALETTI, P.M. Jr. 2004a. Karyotypic changes associated to the dispersive potential on Pomacentridae (Pisces, Perciformes). *J.Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 309: 109-119.
- MOLINA, W.F. & GALETTI, P.M. Jr. 2004b. Multiple pericentric inversions and chromosomal divergence in the reef fishes *Stegastes* (Perciformes, Pomacentridae). *Genet. Mol. Biol.*, 27: 543-548.
- MOLINA, W.F.; SHIBATTA, O.A. & GALETTI, P.M. JR. 2006. Multivariate morphological analyses in continental and island populations of *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus) (Pomacentridae, Perciformes) of Western Atlantic. *Panamjas*, 1 (2): 49-56.
- MOLINA, W.F. 2006. Chromosomal changes and stasis in marine fish group. pp. 69-110. In: Pisano, E.; Ozouf-Costaz, C.; Foresti, F. & Kapoor, B.G. (org.) *Fishes cytogenetics*. Enfield: Science Publisher, Inc.

- MONTEIRO, L.R. & REIS, S.F. 1999. Princípios de morfometria geométrica. 198p. Ribeirão Preto: Holos.
- ASTÚA De MORAES, D. de. 2003. A morfometria geométrica e a “revolução morfométrica”: Localizando e visualizando as mudanças na forma dos organismos. *Boletim*, 3: 1-5. <http://www.bioletim.hpg.ig.com.br/III-3/Artigos/moraes.htm>. Acessado em 13/07/2006.
- MOURA, RL. 1995. A new species of *Chromis* (Perciformes: Pomacentridae) from the southeastern coast of Brazil, with comments on other species of the genus. *Revue Française d'Aquariologie et Herpetologie*. 21 (3-4); 91-96.
- NELSON, J.S. 1994. *Fishes in the world*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 600p.
- NOTTINGHAM, M.C.; BARROS, G.M.L.; ARAÚJO, M.E.; ROSA, I.M.L.; FERREIRA, B.P. & MELLO, T.R.R. 2005. O ordenamento da exploração de peixes ornamentais marinhos do Brasil. *Bol. Técn. Cient. CEPENE*, 13(1): 75-107.
- NOVELLI, R.; NUNAN, G.W. & LIMA, N.R.W. 2000. A new species of the damselfish genus *Stegastes* Jenyns, 1842 (Teleostei: Pomacentridae) from the coast Brazil. *Bol. Mus. Nac., N.S., Zool*, 413: 1-12.
- PIORSKI, N.M. & NUNES, J.L.S. 2001. Dimorfismo sexual e tendência alométrica em *Urotrygon microphthalmum* Delsman 1941. *Bol. Lab. Hidrobiol*. 13:67-81.
- QUENOUILLE, B; BERMINGHAM, E; & PLANES, S. 2004. Molecular systematics of the damselfishes (Teleostei: Pomacentridae): Bayesian phylogenetic analyses of mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Mol Phylogenet Evol*, 31:66–88.
- REIS, R.E ; ZELDITCH, M.L. & FINK, W.L. 1998. Ontogenetic allometry of body shape in the neotropical catfish *Callichthys* (Teleostei: Siluriformes). *Copeia*, (1): 177-182.
- ROCHA, L.A. 2002. Brazilian fishes. pp. 462-479. In: Humann, P & Deloach, N. *Reef fish identification: Florida, Caribbean and Bahamas*. 3rd ed. Florida: New World Publications Inc.
- ROHLF, F.J.; LOY, A & CORTI, M.1996. Morphometric analysis of old world Talpidae (Mammalia, Insetivora) using partial – warps scores. *Syst. Biol.*, 45 (3): 344 – 362.
- ROHLF, F.J. 1998. *Relative warps*. Version 1.18. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, New York: Stony Book.

- ROHLF, F.J. 2005. TPSdig version 2.04. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, New York: Stony Book.
- STATSOFT, Inc. 2004. *STATISTICA*: data analysis software system. versão 7. Disponível em: <http://www.statsoft.com>.
- SCHWAMBORN S.H.L. & FERREIRA B.P. 2002. Age structure and growth of the dusky damselfish, *Stegastes fuscus*, from Tamandare reefs, Pernambuco, Brazil. *Environ. Biol. Fishes*, 63: 79-88.
- SHEETS, H.D. 2002. Integrated Morphometrics Package. Departament of Physics, Canisius College. In: <http://www.canisius.edu/~sheets/morphosoft.html>.
- SOUZA, L.de L.G.; CHELLAPPA, S. & GURGEL, H de C.B. 2007. Biologia reprodutiva do peixe-donzela, *Stegastes fuscus* Curvier, dos arrecifes rochosos no nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Biol.*, 24(2): 419-425.
- WILEY, E.O. 1981. *Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics*. New York: A Wiley Interscience Publication. 439p.
- ZAR, J. H. 1999. *Biological analysis* (4th ed). 938P. New Jersey, Prentice-Hall.

Capítulo 4

PODEMOS UTILIZAR PEIXES CONSERVADOS EM ESTUDOS DE ECOMORFOLOGIA?

Jorge Luiz Silva NUNES (1), Nivaldo Magalhães PIORSKI (2), Eduardo Albuquerque LINS (3), Edson Rui MONTORO (4) e Maria Elisabeth de ARAÚJO (5).

(1) Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, BR 222, s/n, Boa Vista, Chapadinha-MA, Brasil. CEP 65500-000. [silvanunes@yahoo.com]

(2) Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, s/n, Bacanga, São Luís-MA, Brasil. CEP 65080-040. [nivaldopiorski@yahoo.com.br]

(3) Alcoa Alumínio S.A. Poços de Caldas. Rodovia Poços de Caldas, Km 10, Jardim Aeroporto, Poços de Caldas-MG, Brasil, CEP 37701-970.

(4) Faculdade Frassinetti do Recife, Avenida Conde da Boa Vista, nº 921 Boa Vista, Recife-PE, Brasil, CEP 50060-002.

(5) Grupo de Ictiologia Marinha Tropical, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Avenida da Arquitetura s/n Cidade Universitária, Recife-PE, Brasil. CEP 50740-550. [elisabeth.araujo@ufpe.br]

ABSTRACT. Can we use fish conserved in ecomorphology studies?

Based on the premise of using fish specimens belonging to ichthyological collections in order to minimize sampling effort and on the ecomorphology concept, an experiment was elaborated to identify the ecomorphological attributes that suffer most variations throughout the preservation period. *Stegastes fuscus* and *Halichoeres poeyi* were the species of choice for this study. The experiment constituted in the traditional preservation method with a set of 10 individuals of each species, where initially all the specimens were measured in the fresh state, and after that the measurement intervals corresponded to 15, 30, 60, 90, 120, 150 and 330 days after the first measurement. A great part of the ecomorphological attributes suffered variations. In *S. fuscus*, variation occurred in 64% of the attributes, while in *H. poeyi* variation was observed in 54.5% of the attributes. It is possible that this

occurred due to the larger body area and consequent greater contact surface of the former species. It was during the passage from formaldehyde to ethanol that the greatest alterations were verified, possibly due to the dehydration caused by the ethanol in the animal. Considering that the ecomorphological attributes are important indexes to the comprehension of fish ecology, we recommend (1) complementary experiments to test new concentrations of formaldehyde and ethanol, besides the inclusion of other substances, and (2) calculation of the possible correction indexes.

Key-words: Fixation, conservation, morphology, ecomorphology, fishes.

RESUMO

Baseado na fundamentação de utilizar exemplares de peixes pertencentes a coleções ictiológicas para evitar esforços nas amostragens e no conceito de ecomorfologia, foi elaborado um experimento a fim de identificar quais são os atributos ecomorfológicos que sofrem maiores variações ao longo do tempo de preservação. Para isso foram utilizadas as espécies *Stegastes fuscus* e *Halichoeres poeyi*. O experimento constituiu no método tradicional de preservação de peixes com um lote de 10 indivíduos de cada espécie, onde inicialmente todos os exemplares foram medidos no estado fresco. Após isso, os intervalos de medições corresponderam a 15, 30, 60, 90, 120, 150 e 330 dias a partir da primeira medição. Grande parte dos atributos ecomorfológicos sofreu variações, em *S. fuscus* a variação ocorreu em 64% dos atributos, enquanto que em *H. poeyi* a variação correspondeu a 54,5% dos atributos. Possivelmente isso ocorreu devido a maior área corporal de superfície de contato da primeira espécie. Foi durante a passagem do formaldeído para o álcool etílico que se verificou as maiores alterações, possivelmente devido à desidratação causada pelo álcool no animal. Considerando que os atributos ecomorfológicos são importantes índices para a compreensão da ecologia dos peixes, recomenda-se: (1) experimentos complementares para testar novas concentrações de formaldeído e álcool, além da inclusão de outras substâncias e (2) calcular possíveis índices de correção.

Palavras-chave: Fixação, conservação, morfologia, ecomorfologia, peixes.

INTRODUÇÃO

Informações taxonômicas, biológicas, genéticas e ecológicas podem ser inferidas a partir de uma análise morfométrica de peixes (eg. Peres- Neto, 1995; Dias-Jr *et al.*, 2007). O processo de preparação dos exemplares recém capturados é decisivo na qualidade dessa análise. Uma das metodologias de preparação mais utilizadas em ictiologia é o método por via úmida, que consiste no uso de substâncias fixadoras e conservadoras (Vanzolini e Papavero, 1967; Uieda e Castro, 1999; Sousa e Auricchio, 2002). A fixação consiste na etapa inicial onde geralmente é utilizada uma solução de formalina, com concentração de 10%. Este processo desencadeia reações para a coagulação de conteúdos celulares dos exemplares expostos a esta substância através de formações de pontes químicas entre moléculas adjacentes, onde inicialmente não existiam, tornando-as insolúveis. Assim, evitam a autólise e a decomposição dos tecidos dos exemplares, possibilitando a sua preservação (Taylon, 1977 *apud* Uieda e Castro, 1999).

Após a fixação, os exemplares podem ser acondicionados em recipientes com tampa na mesma solução de formalina, desde que algumas precauções sejam tomadas. Outra opção, mais comumente utilizada, é a substituição de formalina, após no mínimo 48 horas, por uma solução aquosa de álcool etílico a 70%. É recomendado que o volume dessas substâncias exceda o volume do objeto (um espécime ou vários) de conservação (Vanzolini e Papavero, 1967; Uieda e Castro, 1999; Sousa e Auricchio, 2002). As coleções zoológicas agrupam de forma organizada animais mortos, partes do corpo de animais, amostras de populações ou qualquer parte que esteja relacionada com a história de vida de animais devidamente preservados para aproveitamento de investigações científicas (Martins, 1994; Franco, 2002).

Visando abreviar esforços de coletas para amostragens na realização de estudos de morfometria, a presente pesquisa teve como objetivo principal avaliar o efeito das substâncias utilizadas na deformação dos tecidos preservados de duas espécies peixes: *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830) e *Halichoeres poeyi* (Steindachner, 1867). Esse estudo permitirá identificar quais são os atributos ecomorfológicos que sofrem as maiores variações devido às alterações na rigidez e na desidratação dos exemplares submetidos à preservação em coleções científicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento consistiu em um tratamento de preservação convencional, sendo testados dois lotes de peixes contendo 10 espécimes das espécies *S. fuscus* e *H. poeyi*. Inicialmente todos os exemplares recém-capturados tiveram suas medidas morfométricas tomadas, configurando o período inicial (0 dia). Para a fixação, os exemplares tiveram suas nadadeiras estendidas e a boca aberta ao máximo antes da aplicação de formalina a 10%. Esse material foi coberto por uma bandeja plástica durante um período que variou de 30 a 45 minutos. Depois, acondicionados na mesma solução e concentração dentro de uma bambona plástica com tampa rosqueada (Vazzoler, 1982).

O tratamento constou da fixação dos exemplares em solução de formalina a 10% tamponada com carbonato de cálcio. Após 30 dias os espécimes foram rapidamente lavados em água corrente e transferidos diretamente para a solução etílica a 70%. Eles tiveram suas medidas morfométricas (Tab. I) tiradas em intervalos de 15, 30, 60, 90, 120, 150 e 330 dias a partir da primeira medição (0), a fim de analisar suas variações.

A medição dos exemplares teve o auxílio de alfinetes fixados a uma placa de isopor coberta por uma folha de Etil Vinil Acetato (E.V.A.) com o intuito de evitar que o tempo de manipulação dos peixes causasse deformações e/ou danos na estrutura corporal. Cada medida morfométrica teve três réplicas em cada exemplar.

Tabela I - Marcos anatômicos utilizados para obtenção das medidas morfométricas em indivíduos de *H. poeyi* e *S. fuscus*, para cálculos dos atributos ecomorfológicos.

Comprimento padrão: medido da ponta do focinho ao final da coluna vertebral;
1. Altura máxima do corpo: obtida na região de maior altura do corpo;
2. Largura máxima do corpo: obtida na região de maior largura do corpo;
3. Área do corpo: comprimento do corpo X altura máxima do corpo;
4. Comprimento do pedúnculo caudal: medida entre o ponto médio formado pela linha vertical das margens posteriores das nadadeiras dorsal e anal e o término da coluna vertebral;
5. Altura de pedúnculo caudal: medida da linha vertical mediana formada pelas nadadeiras dorsal e anal;
6. Largura do pedúnculo caudal: medida da espessura no seu ponto mediano;
7. Comprimento máximo da nadadeira peitoral: distância da base ao ponto extremo da nadadeira;
8. Largura máxima da nadadeira peitoral: medida no ponto mais largo da nadadeira;
9. Altura da nadadeira caudal: máxima distância vertical entre os raios da nadadeira, quando totalmente estendidos;
10. Distância entre o olho e o istmo: medida vertical entre o centro do olho e istmo;
11. Distância da ponta do focinho até a margem posterior do opérculo;
12. Largura da boca (totalmente aberta): medida horizontal entre as articulações dos maxilares;
13. Altura da boca: medida vertical mediana entre os maxilares;
14. Comprimento mediano do corpo: medida longitudinal da ponta do focinho até a furca caudal.

Os dados morfométricos (Tab. I) foram transformados em atributos ecomorfológicos, que constituem em índices. Esses valores são usados na interpretação de hábitos ou adaptações encontradas para exploração de diferentes habitats pelas espécies (Gatz, 1979; Mahon, 1984, Beaumord e Petreire, 1994; Piorski *et al.*, 2005; Cassati e Castro, 2006). Esses atributos ecomorfológicos aqui utilizados estão descritos abaixo juntamente com sua interpretação ecológica.

1) Índice de Compressão do Corpo (IC): Razão entre a altura máxima do corpo e a largura máxima do corpo. Valores altos indicam peixes comprimidos lateralmente, habitantes de águas lentas ou águas superficiais (Gatz, 1979; Watson e Balon, 1984).

2) Altura Relativa do Corpo (ARC): Razão entre a altura máxima do corpo e o comprimento padrão. Baixos valores geralmente são característicos de peixes bentônicos e/ou habitantes onde a correnteza é muito forte; diretamente relacionados com a capacidade de realizar deslocamentos verticais (Gatz, 1979).

3) Índice de Achatamento Ventral (IAV): Razão entre a altura da linha média e a altura máxima do corpo. Baixos valores apontam peixes bentônicos associados a ambientes muito hidrodinâmicos, possibilitando o seu posicionamento estacionário (Mahon, 1984).

4) Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (CRPC): Razão entre o comprimento do pedúnculo caudal e o comprimento padrão. Peixes com grande habilidade natatória exibem valores altos, incluindo peixes bentônicos habitantes de ambientes com hidrodinamismo elevado (Gatz, 1979; Watson e Balon, 1984).

5) Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal (ICPC): Razão entre a altura do pedúnculo e a largura do pedúnculo. Valores altos correspondem a peixes bentônicos lentos e de pouca habilidade natatória (Gatz, 1979).

6) Configuração da Nadadeira Peitoral (CNP): Razão entre o comprimento máximo da nadadeira peitoral e a sua largura máxima. Valores altos indicam uma nadadeira estreita e longa, encontrada em peixes que nadam muito (Piorski *et al.*, 2005; Fulton *et al.*, 2001).

7) Posição Relativa dos Olhos (PRO): Razão entre a linha vertical formada desde o centro ocular e o istmo, e o comprimento padrão. Valores altos indicam animais bentônicos, com cabeças deprimidas (Piorski *et al.*, 2005).

8) Comprimento Relativo da Cabeça (CRC): Razão entre a distância da ponta do focinho até a margem posterior do opérculo e o comprimento padrão. Valores altos indicam peixes que capturam as presas relativamente grandes, espécies predadoras (Gatz, 1979).

9) Largura Relativa da Boca (LRB): Razão entre a largura da boca e o comprimento padrão. Valores maiores ocorrem em espécies predadoras que consomem presas grandes (Gatz, 1979).

10) Altura Relativa da Boca (ARB): Razão entre a altura da boca e o comprimento padrão. Valores maiores ocorrem em espécies predadoras que consomem presas grandes (Gatz, 1979).

11) Altura Relativa da Nadadeira Caudal (ARNC): Razão entre a altura da nadadeira caudal e a altura do pedúnculo caudal. Valores altos indicam cauda adaptada para a natação veloz (Balon *et al.*, 1986).

O teste Kolmogorov-Smirnov foi aplicado sobre as variáveis obtidas a partir dos atributos ecomorfológicos dos peixes submetidos aos diferentes períodos de conservação para verificação da normalidade e homocedasticidade. A análise de variância monofatorial (ANOVA – *one way*) foi empregada para determinar as diferenças significativas entre os atributos analisados separadamente, ao longo do tempo de conservação pré-estabelecido (Zar, 1999) com o nível de significância aplicado no teste foi de $\alpha = 5\%$. Os atributos que apresentaram variação temporal significativa foram submetidos a teste *posteriori* (teste Tukey) a fim de realizar um teste de comparação múltipla (Ayres *et al.*, 2000). Para efetuar as análises estatísticas e os gráficos foram utilizados os programas JMP® Statistical Discovery Software (versão 4.0.2) (SAS, 2000), Statistica (versão 7.0) (Statsoft, 2004) e Excel (versão 7.0) da Microsoft®.

RESULTADOS

Onze atributos ecomorfológicos resultantes de medidas morfométricas de dez espécimes de *S. fuscus* e dez de *H. poeyi* foram calculados e analisados ao longo do seu período fixação e conservação que durou cerca de um ano. Nove destes atributos apresentaram variações evidentes na escala temporal segundo a representação de *outliers* presentes nos gráficos do tipo *box-plot*, propostos por McGill *et al.* (1978) (Fig.1).

A utilização de ANOVA monofatorial sobre os atributos estudados reforça a determinação das variações quantificando seus valores. Os atributos identificados com variações estatisticamente significativas em *S. fuscus* foram os seguintes: Posição Relativa dos Olhos, Comprimento Relativo da Cabeça e Altura Relativa da Nadadeira Caudal (Figs. 2A, 2B e 2E). Essas deformações ocorreram em decorrência da ação das soluções formalina e alcoólicas usadas nos processos de fixação e conservação. Entretanto os atributos Índice de Achatamento Ventral e Configuração da Nadadeira Peitoral (Figs. 1C e 1F) parecem ter variado devido à transição da formalina (fixação) para o álcool (conservação), pois as deformações na morfologia ocorrem após o período de 30 dias. Por outro lado, o Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal e Altura Relativa da Boca (Figs. 1E e 2D), que

também variaram significativamente merecem atenção pelo seu significado ecológico por configuram peixes velozes e consumo de presas potencialmente grandes.

Nos dez indivíduos estudados da espécie *H. poeyi*, seis dos onze atributos ecomorfológicos calculados apresentam variações na escala temporal (Figs. 3 e 4). As variações mais significativas estatisticamente ocorreram principalmente após a fixação e conservação. São eles: Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal, Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal, Comprimento Relativo da Cabeça, Altura Relativa da Boca e Altura Relativa da Nadadeira Caudal (Figs. 3D, 3E, 4A, 4D e 4E). O Índice de Compressão do Corpo (Fig. 3A) também apresentou uma variação significativa, em função principalmente da solução alcoólica.

Após a Análise de Variância foi aplicado o teste de Tukey sobre o conjunto de dados das espécies *S. fuscus* e *H poeyi*, ilustrando uma comparação múltipla entre os atributos ecomorfológicos ao longo do experimento (Tabs. II e III).

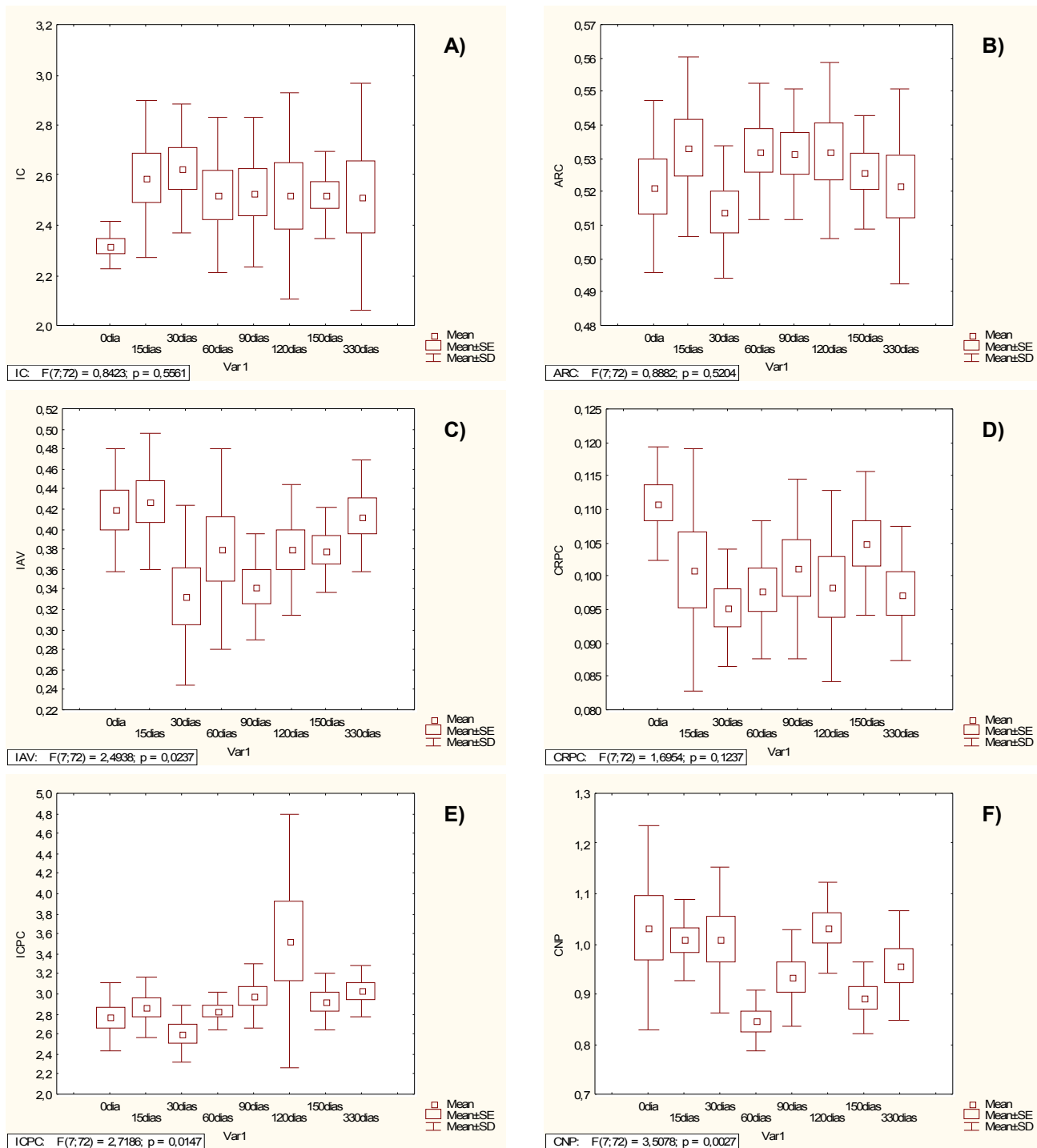


Figura 1 – Variação dos atributos ecomorfológicos (IC, ARC, IAV, CRPC, ICPC, CNP) de *S. fuscus* submetido ao tratamento A nos períodos de 0,15,30,60,90,120,150 e 330 dias de conservação.

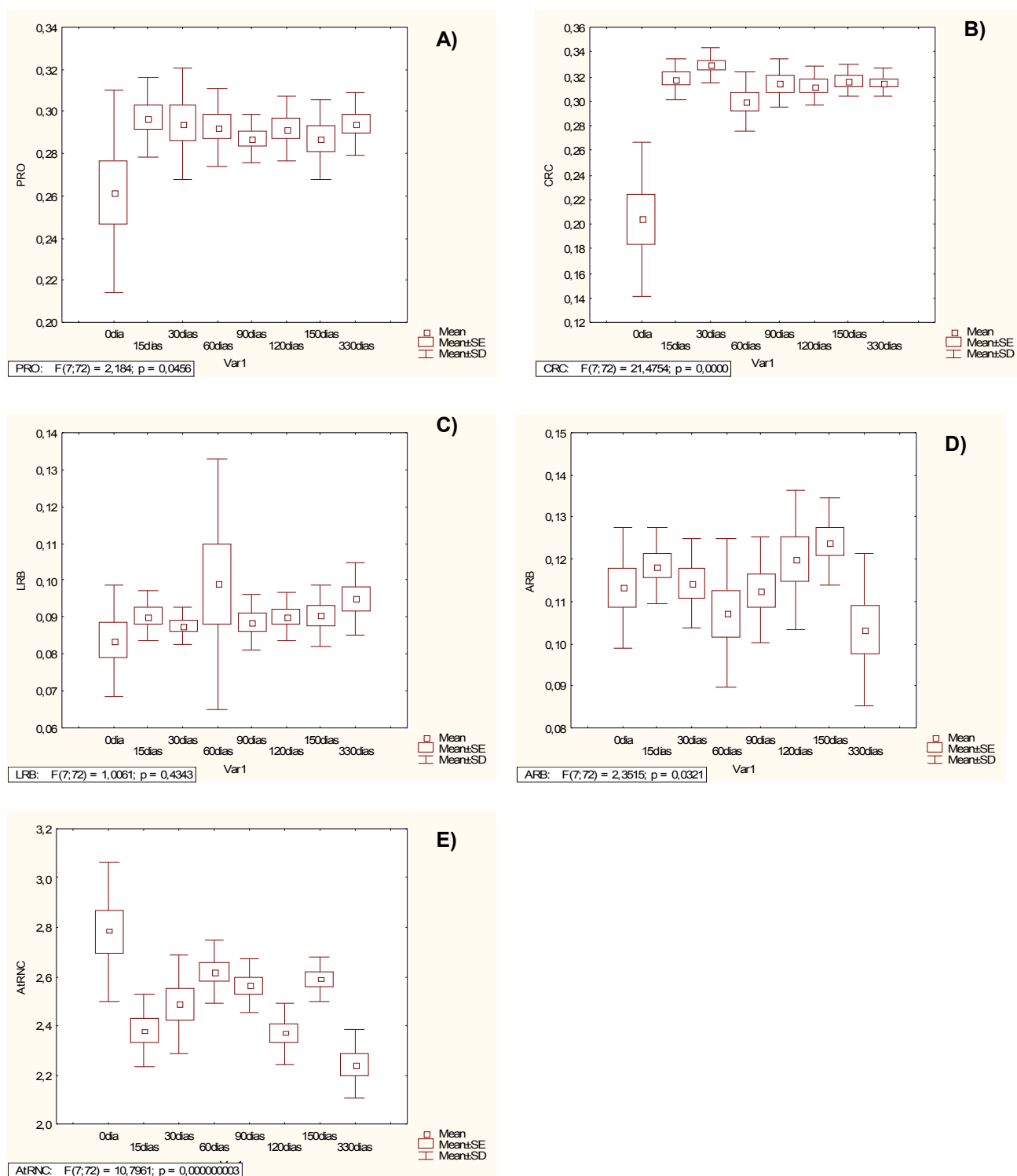


Figura 2 – Variação dos atributos ecomorfológicos (PRO, CRC, LRB, ARC, AtRNC) de *S. fuscus* submetido ao tratamento A nos períodos de 0,15,30,60,90,120,150 e 330 dias de conservação.

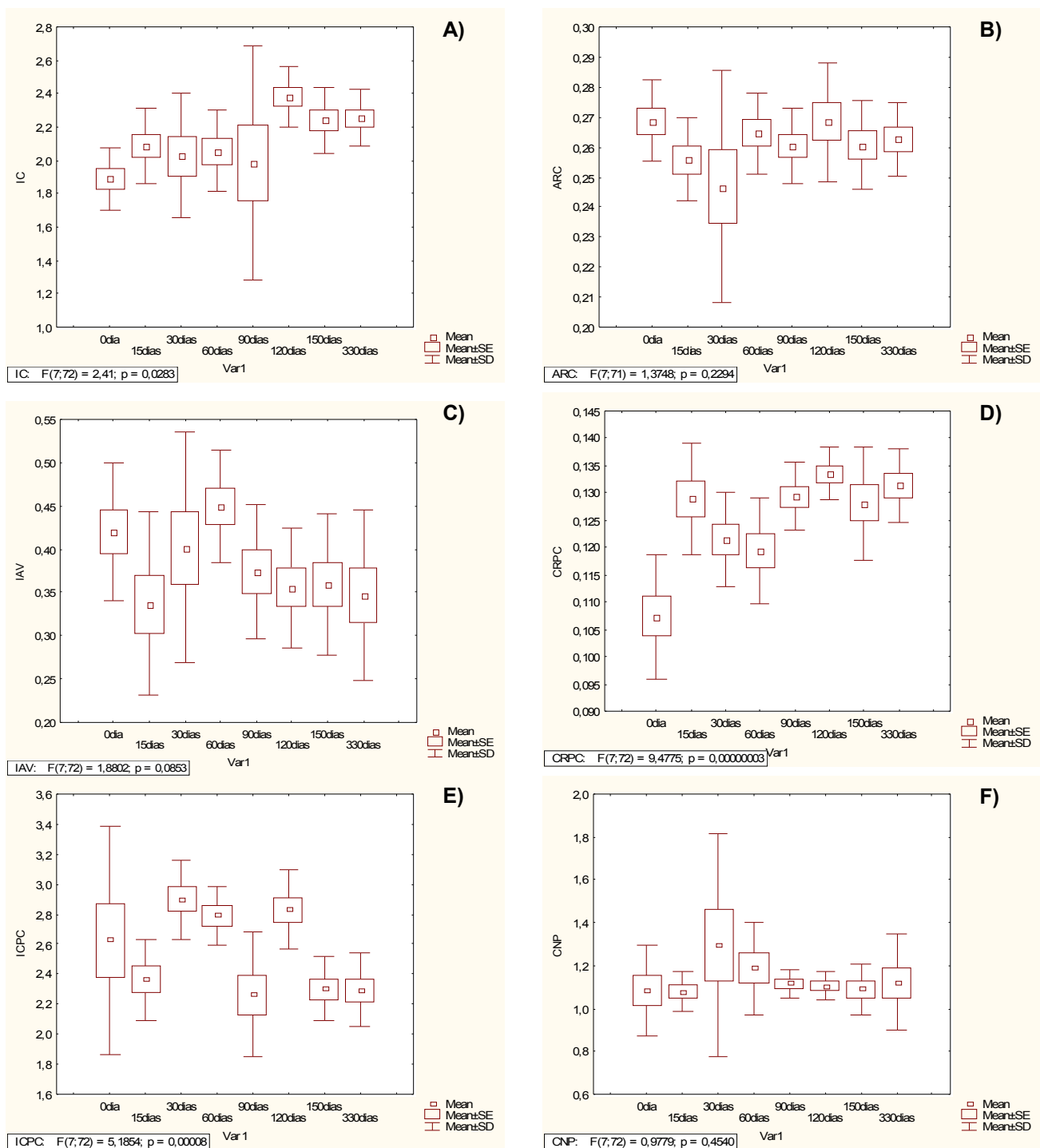


Figura 3 – Variação dos atributos ecomorfológicos (IC, ARC, IAV, CRPC, ICPC, CNP) de *H. poeyi* submetido ao tratamento A nos períodos de 0,15,30,60,90,120,150 e 330 dias de conservação.

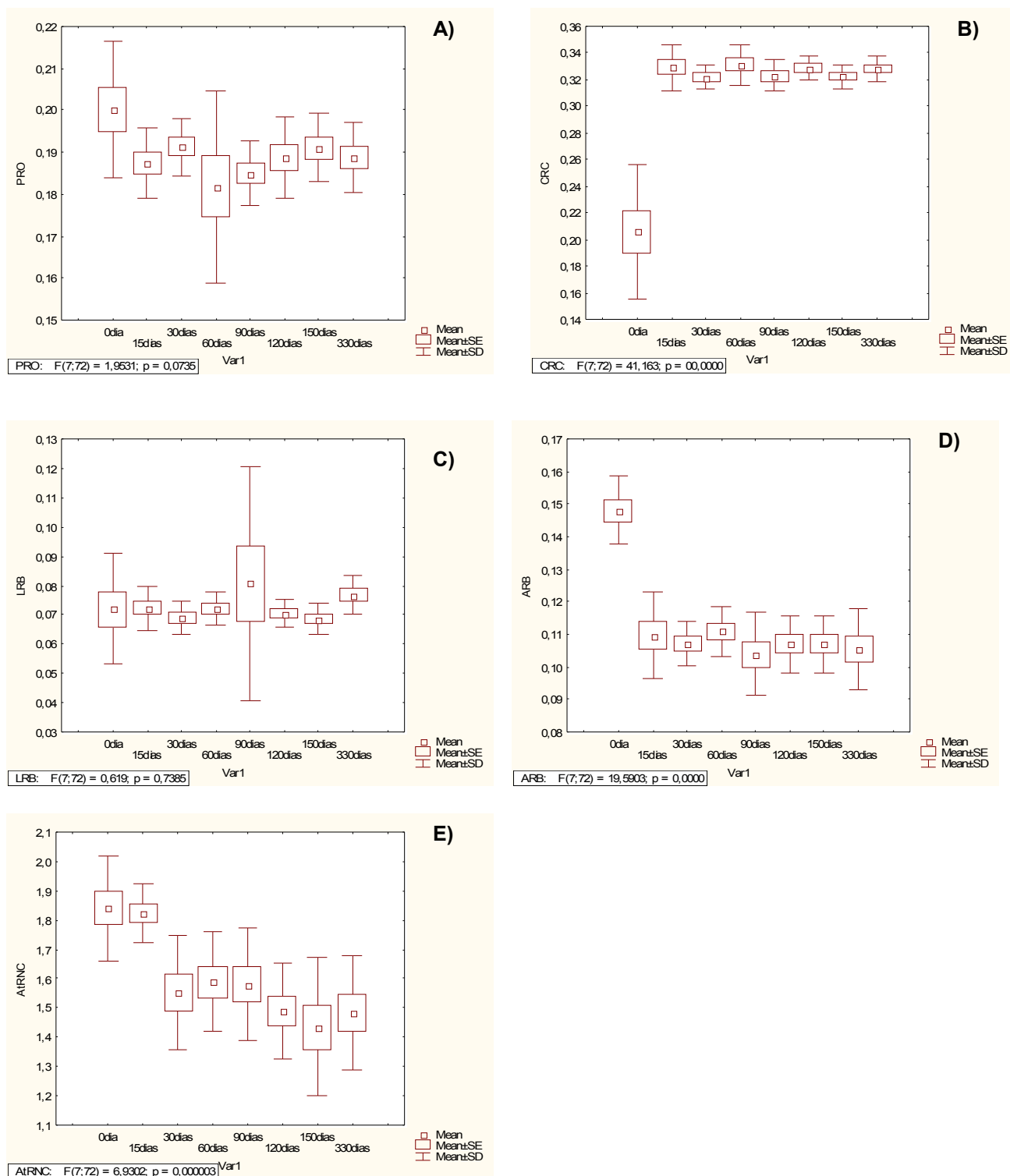


Figura 4 – Variação dos atributos ecomorfológicos (PRO, CRC, LRB, ARC, AtRNC) de *H. poeyi* submetido ao tratamento A nos períodos de 0,15,30,60,90,120,150 e 330 dias de conservação.

Tabela II – Comparação múltipla dos atributos ecomorfológicos de *S. fuscus* através do teste Tukey.

	CV (%)	0 dia	15 dias	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	330 dias
	9.8	A	A	A	A	A	A	A	A
IC		2.32	2.59	2.63	2.52	2.53	2.52	2.52	2.51
	2.60	AB	A	B	AB	AB	AB	AB	AB
ARC		0.52	0.53	0.51	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52
	16.6	AB	A	B	AB	AB	AB	AB	AB
IAV		0.42	0.43	0.33	0.38	0.34	0.38	0.38	0.41
	7.7	A	AB	B	B	AB	B	AB	B
CRPC		0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	17.2	B	AB	B	AB	AB	A	AB	AB
ICPC		2.77	2.87	2.61	2.83	2.98	3.53	2.92	3.03
	11.7	A	A	A	B	AB	A	AB	AB
CNP		1.03	1.01	1.01	0.85	0.93	1.03	0.89	0.96
	8.3	B	A	AB	AB	AB	AB	AB	AB
PRO		2.26	2.30	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29
	8.6	B	A	A	A	A	A	A	A
CRC		0.20	0.32	0.33	0.30	0.31	0.31	0.32	0.32
	14.8	A	A	A	A	A	A	A	A
LRB		0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10
	10.6	AB	AB	AB	AB	AB	AB	A	B
ARB		0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.10
	6.17	A	BCD	CDE	AB	BCD	DE	ABC	E
AtRNC		2.78	2.38	2.49	2.62	2.56	2.37	2.59	2.24

Legenda: CV (%), coeficiente de variância. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha correspondem a significância pelo teste de Tukey (5%).

Tabela III – Comparação múltipla dos atributos ecomorfológicos de *H.poeyi* através do teste Tukey.

	CV (%)	0 dia	15 dias	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	330 dias
IC	14.2	B	AB	AB	AB	AB	A	AB	AB
		1.89	2.09	2.03	2.05	1.98	2.58	2.24	2.25
ARC	6.0	A	A	A	A	A	A	A	A
		0.27	0.26	0.25	0.26	0.26	0.27	0.26	0.26
IAV	20.9	AB	B	AB	A	AB	AB	AB	AB
		0.42	0.34	0.40	0.45	0.37	0.36	0.36	0.35
CRPC	6.2	D	ABC	BC	C	ABC	A	ABC	AB
		0.11	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13
ICPC	14.3	ABCD	BCD	A	ABC	D	AB	CD	CD
		2.63	2.36	2.90	2.79	2.26	2.83	2.30	2.29
CNP	20.9	A	A	A	A	A	A	A	A
		1.08	1.08	1.30	1.19	1.12	1.10	1.09	1.12
PRO	5.6	A	AB	AB	B	B	AB	AB	AB
		0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19
CRC	6.7	B	A	A	A	A	A	A	A
		0.21	0.33	0.32	0.33	0.32	0.33	0.32	0.33
LRB	21.7	A	A	A	A	A	A	A	A
		0.70	0.07	0.70	0.70	0.08	0.70	0.70	0.08
ARB	7.0	A	B	B	B	B	B	B	B
		0.15	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11
AtRNC	7.9	A	A	B	B	B	B	B	B
		1.84	1.82	1.55	1.59	1.58	1.49	1.43	1.48

Legenda: CV (%), coeficiente de variância. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha correspondem a significância pelo teste de Tukey (5%).

DISCUSSÃO

O processo de preservação de peixes consiste sempre na utilização de substâncias que estabilizam reações de decomposição dos tecidos aumentando assim sua preservação (Taylon, 1977 *apud* Uieda e Castro, 1999; Uieda e Castro, 1999). Porém, a ação direta destas substâncias implica em alguns empecilhos para determinados tipo de estudo, principalmente no que se referem aos estudos histológicos, morfológicos, crescimento e até biópsias (Fey, 1999; Hay, 1999, Werner *et al.*, 2000; Fey, 2002; Streit-Jr *et al.*, 2004; Amaral *et al.*, 2004; Soares *et al.*, 2006). A diversidade dessas aplicações requer alguma especificidade, não havendo, dessa forma, um fixador universal (Hoywood, 1969).

As variações nos atributos ecomorfológicos refletem as alterações morfológicas resultantes do uso da solução de formalina tamponada e da solução de álcool etílico nas duas espécies aqui estudadas. Em alguns casos fica evidente que a deformação morfológica ocorre principalmente após

a transição do formol para o álcool, como aconteceu com os atributos Índice de Achatamento Ventral, Altura Relativa da Boca (*S. fuscus*) e Índice de Compressão do Corpo (*H. poeyi*). Em *S. fuscus* a quantidade de atributos ecomorfológicos que sofreram alterações ao longo do tempo consistiram no maior percentual (64%), enquanto que em *H. poeyi* o seu percentual de alterações nos atributos foi de 54,5%; quatro dos atributos que sofreram variação foram comuns às duas espécies (Tabs. II e III). A diferença do efeito das substâncias utilizadas em *S. fuscus* e *H. poeyi* pode ter sido influenciada pela diferença de formas, a primeira consiste no formato ovóide, enquanto a segunda tem o corpo alongado, achatado lateralmente. Estas considerações sobre a forma do peixe também foram levantadas em outros estudos. Segundo essas pesquisas, as larvas de peixe deformam mais que os adultos devido ao seu menor volume corporal, onde a taxa de encolhimento dos exemplares difere muito entre espécies os quais possuem diferentes formas e suscetibilidade de seus órgãos (Fey, 1999), enquanto as variações morfológicas, decorrentes da fixação e conservação, costumam ser bastante similares em peixes de formas semelhantes (Fey, 2002). Observa-se que a maior taxa ou percentual de encolhimento é inversamente proporcional ao tamanho do animal (Hay, 1984; Fey, 2002). A razão para explicar esse fenômeno está relacionada com a própria constituição anatômica e fisiológica. Peixes que são jovens possuem maior densidade óssea e menor percentual de água no organismo que as larvas menores. A densidade óssea diminui o efeito da deformação por encolhimento devido à solidez da sua sustentação e o menor percentual da água sofre menos a ação osmótica (Ehrlich, 1974 *apud* Fey, 1999; Fey, 1999).

Outros fatores que também podem estar embutidos nessas variações morfológicas são: o método de captura do exemplar, o uso de substâncias anestésicas, a técnica de fixação e de conservação, a concentração das soluções, a temperatura ou a precisão nas medições (Fox, 1996; Fey, 2002; Gagliano *et al.*, 2006). Apesar do envolvimento de inúmeros fatores que podem influenciar a morfologia dos peixes preservados em coleções, no presente estudo as condições de preparação do experimento tiveram grande rigor no seu procedimento desde a escolha dos exemplares capturados, até a sua fixação, conservação, medições, visando sempre manter a homogeneidade da metodologia para ambas as espécies.

Embora as variações morfológicas sejam evidentes em pesquisas sobre os efeitos dos métodos de preservação, a maioria destes tipos de estudo utiliza-se de larvas e/ou jovens de peixes (Flower e Smith, 1983; Tucker e Chester, 1984; Moku *et al.*, 2004; Gagliano *et al.*, 2006). Por outro

lado, há também estudos que não registraram diferenças morfológicas como ocorreu no experimento de Boettger e Schnack (1986) ao testar o efeito do formol em diferentes fases do desenvolvimento de copépodos calanóides.

O efeito sobre a densidade óssea parece não ter sido importante na amostra utilizada, pois os indivíduos correspondiam a adultos (Zavala-Camin, 2004). Mas os atributos que foram calculados a partir das nadadeiras, que possuem raios como estruturas de sustentação, (Configuração da Nadadeira Peitoral e Altura Relativa da Nadadeira Caudal) apresentaram influência das substâncias utilizadas durante o experimento.

A variação do Índice de Compressão do Corpo observada em *H. poeyi* ocorre devido a sua maior área da cavidade visceral que é mais susceptível a ação de agentes de putrefação e maior superfície de contato com as substâncias utilizadas para a preservação dos exemplares de peixes medidos. Contudo o Índice de Achatamento Ventral sofreu maior variação ao longo do tempo em *S. fuscus*, por que a medida da altura do corpo desta espécie está localizada na área de maior influência da deformação na cavidade visceral, enquanto que em *H. poeyi* a situação é diferente devido à região da maior altura do corpo estar localizada em uma região próxima do crânio não sofrendo deformação aparente. A variação dos atributos Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal em *H. poeyi* e Configuração da Nadadeira Peitoral em *S. fuscus* por serem medidas que são obtidas através de distâncias longitudinais apresentam maior superfície de contato, portanto sofrem maior ação das substâncias utilizadas na preservação. Por último, o atributo Posição Relativa dos Olhos em *S. fuscus* variou mais devido a sua cabeça ser proporcionalmente mais alta e a posição dos olhos serem mais dorsal.

A realização do experimento deixa claro que peixes preservados sofrem variações morfológicas significativas ao longo do tempo que devem ser levadas em consideração durante a fase de delineamento do estudo. A etapa responsável pela maior variação ocorre na passagem do formaldeído para o álcool etílico, possivelmente devido às alterações químicas ocasionadas pela desidratação dessa última substância sobre os tecidos dos exemplares.

Dentre os onze atributos ecomorfológicos examinados, apenas dois não variaram ao longo do tempo de realização do experimento para ambas as espécies estudadas, *S. fuscus* e *H. poeyi*, Altura Relativa do Corpo e Largura Relativa da Boca. Entretanto, os atributos aplicados a *S. fuscus* variaram mais que aqueles de *H. poeyi* possivelmente devido a maior área corporal de superfície de contato da

primeira espécie. Estudos futuros sobre novas concentrações de formaldeído e álcool, acrescidos de outras substâncias, e a elaboração de cálculos para índices de correção das deformações ocasionadas pelas substâncias fixadoras são recomendados.

Agradecimentos. - Agradecemos ao IBAMA por ceder a permissão para coleta do material de estudo através da autorização nº 11962-1, ao CEPENE pela concessão das suas instalações durante as coletas. O primeiro autor agradece em especial a CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e a última autora agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, D.; CHIARINI-GARCIA, H.; VALE-FILHO, V.R. & ALLEN, W.R. 2004. Efeito dos fixadores formalina de Bouin na preservação de biópsias do endométrio de éguas após inclusão em resina plástica. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, 56 (1): 7-12.
- AYRES, M., AYRES-JR., M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.S. 2000. Bioestat 2.0: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq. 272p.
- BALON, E.K.; CRAWFORD, S.S. & LELEK, A. 1986. Fish communities of the upper Danube River (Germany/Austria) prior to the new Rhein – Mauin - Donnau connection. *Environ. Biol. Fishes*, 15 (4) 243-271.
- BEAUMORD, A.C. & PETRERE-JR., M. 1994. Comunidades de peces del rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. *Acta Biol. Ven.*, 15(2): 21-35.
- BOETTGER, R & SCHNACK, D. 1986. On the effect of formaldehyde fixation on the dry weight of copepods. *Meeresforschung/Reports Mar. Res.*, 31(2): 141-152.
- CASATTI, L & CASTRO, R.M.C. 2006. Testing ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.*, 4(2): 203-214.

- DIAS-Jr., E.A.; Souza, A.S. & Molina, W.F. 2001. Lack of interpopulation genetic structure in the genus *Stegastes* (Perciformes) with indication of local introgression. *Genet. Mol. Res.*, 6 (4): 1097-1106.
- FRANCO, F.L. 2002. Coleções Zoológicas. pp. 283-318. *In*: AURICCHIO, P. & SALOMÃO, M. da G. (eds). *Técnicas de coleta e preparação de vertebrados*. Arujá: Instituto Pau Brasil de História Natural. 348p.
- FEY, D.A. 1999. Effects of preservation technique on the length of larval fish: method of correcting estimates and their implications for studying growth rates. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 47(1): 17-29.
- FEY, D.A. 2002. Length correction of larval and early-juvenile herring (*Clupea harengus* L.) and smelt (*Osmerus eperlanus* L.) after preservation in formalin and alcohol. *Bull. Sea Fish. Inst.*, 1(155): 47-51.
- FOWLER, G.M. & SMITH, S.J. 1983. Length changes in silver hake (*Merluccius bilinearis*) larvae: effects of formalin, ethanol, and freezing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 866-870.
- FOX, C.J. 1996. Length changes in herring (*Clupea harengus*) larvae: effects of capture and storage in formaldehyde and alcohol. *J. Plankton Res.*, 18(4): 483-493.
- FULTON, C.J.; BELLWOOD, D.R. & WAINWRIGHT, P.C. 2001. The relationship between swimming ability and habitat use in wrasses (Labridae). *Mar. Biol.*, 139: 25-33.
- GATZ, A.J.Jr., 1979. Communities Organization in fishes as indicated by morphological features. *Ecology.*, 60(4) 711-718.
- GAGLIANO, M.; KOWALEWSKY, S. & MCCORMICK M.I. 2006. An alternative method for the preservation of tropical fish larvae. *J. Fish Biol.*, 68: 634-639.
- HAY, D.E. 1984. Weight loss and change of condition factor during fixation of Pacific herring, *Clupea harengus pallasi*, eggs and larvae. *J. Fish Biol.*, 25(4), 421-433.
- HOYWOOD, D. 1969. Fixatives and fixation: a review. *Histochem. J.* 1(4): 323-360.
- MAHON, R. 1984. Divergent structure in fish taxocenes of North temperate streams. *Canadian J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 330-350.

- MARTINS, U.R. 1994. Coleção taxonômica. Pp, 19-43. *In*: PAPAVERO, N. (org). *Fundamentos práticos de taxonomia zoológica*. São Paulo: Editora da UNESP. 285p.
- MCGILL, R.; Tukey, J.W. & Larsen, W.A. 1978. Variations of Box Plot. *Amer. Statistician*, 32 (1): 12-16.
- MOKU, M.; MORI, K. & WATANABE, Y. 2004. Shrinkage in the body length of Myctophid fish (*Diaphus* Slender – Type spp.) larval with various preservatives. *Copeia*, 3: 647;651.
- PERES-NETO, P.R. 1995. Introdução a análises morfométricas. pp 57-89. *In*: PERES-NETO, P.R., Valentin, J. L., Fernandez, F. (eds.). *Tópicos em Tratamentos de Dados Biológicos. Oecol. Bras.*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Rio de Janeiro, 260p.
- PIORSKI, N.M.; ALVES, J.R.L.; MACHADO, M.R.B. & CORREIA, M.M.F. 2005. Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: Characidae) do Lago de Viana, Estado do Maranhão, Brasil. *Acta Amazon.*, 35(1): 63-70.
- SAS, 2000. JMP: *The Statistical Discovery Software*, version 4.0.2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- SOARES, J.M.; BELETTI, M.E.; MACHADO, E.R. & SILVA, M. 2006. Histomorfometria de testículos de gato (*Felis domestica*) utilizando-se três diferentes fixadores. *Biosci. J.*, 22 (1): 175-181.
- SOUZA, A.M. & AURICCHIO, P. 2002. Peixes. pp. 17-42. *In*: AURICCHIO, P. & SALOMÃO, M. da G. (eds). *Técnicas de coleta e preparação de vertebrados*. Arujá: Instituto Pau Brasil de História Natural. 348p.
- STATSOFT, Inc. 2004. *STATISTICA*: data analysis software system. versão 7. Disponível em: <http://www.statsoft.com>.
- STREIT-JR, D.P.; MORAES, G.V.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A.; SOUZA, E.D. & OLIVEIRA, C.A.L. 2004. Avaliação de diferentes técnicas para coloração de sêmen de peixes. *Arq. Ciên. Vet. Zool. UNIPAR*, 7(2): 157-162.
- TUCKER, J.W. Jr & CHESTER, A.J. 1984. Effects of salinity, formalin concentration and buffer on quality of preservation of southern flounder (*Paralichthys lethostigma*) larvae. *Copeia*, 1984: 981–988.

- UIEDA, V.S. & CASTRO, R.M.C. 1999. Coleta e fixação de peixes de riachos. pp. 1-22. *In*: Caramaschi, E.P.; Mazzoni, R. e Peres-Neto, P.R. (eds). Ecologia dos peixes de riacho. Série *Oecol. Bras.* Vol. IV. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro. 260p.
- VANZOLINI, P.E. & PAPAVERO, N. (eds). 1967. *Manual de coleta e preparação de animais terrestres e de água doce*. São Paulo: Fonseca. 223p.
- VAZZOLER, A.E.A. de N. 1982. *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: reprodução e crescimento*. Brasília: CNPq. 108p.
- WATSON, D.J. & BALON, E K. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *J. Fish Biol.*, 25: 371-384.
- WERNER, M.M.D.; CHOTT, A.M.D.; FABIANO, A.M.D. & BATTIFORA, H.M.D. 2000. Effect of Formalin Tissue Fixation and Processing on Immunohistochemistry. *American J. Surg. Pathol.*, 24(7): 1016-1019.
- ZAVALA-CAMIN, L.A. 2004. *O planeta água e seus peixes*. Santos: L. A. Zavala-Camin, 326p.
- ZAR, J. H. 1999. *Biological analysis*. 4th ed. New Jersey, Prentice-Hall, 938p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os resultados do estudo de ecomorfologia mostraram uma grande sobreposição dos padrões ecológicos das espécies de Labridae e Pomacentridae, refletindo aspectos da sua convergência evolutiva dos peixes dentro de cada família;
- Os padrões ecomorfológicos encontrados para cada família refletiram suas diferenças na velocidade e habilidade na natação, exploração de recursos alimentares e segregação espacial vertical pelos diferentes usos da coluna d'água;
- Os padrões ecomorfológicos encontrados para Labridae refletiram suas diferenças nos atributos associados à exploração de recursos alimentares, enquanto para Pomacentridae as diferenças foram mais marcantes pela ocupação das espécies na coluna d'água;
- Os resultados, obtidos a partir da morfometria geométrica, mostraram haver semelhança aos trabalhos de morfologia funcional, indicando que as variações verificadas nos labrídeos ocorrem principalmente na região do crânio;
- Os dados de morfometria geométrica de labrídeos geraram a seguinte hipótese filogenética: (*Bodianus rufus*, (*Halichores poeyi* (*H. brasiliensis* e *H. dimidiatus*)));
- A análise de morfometria geométrica aplicada às espécies de pomacentrídeos discriminou a cabeça, a altura do corpo e pedúnculo caudal como regiões do corpo com maiores variações morfológicas;
- Os agrupamentos gerados pelo método UPGMA a partir das distâncias de Mahalanobis foi calculado a partir dos escores das espécies, resultou em uma projeção gráfica que as menores distâncias observadas foram entre as espécies *S. sanctipauli* e *S. fuscus*. Dentro do gênero *Stegastes*, *S. variabilis* é a espécie mais distante de todas as outras. *A. saxatilis*, por pertencer a um gênero diferente, está separado das espécies de *Stegastes*;
- Grande parte dos atributos ecomorfológicos sofreu variações. Em *S. fuscus* a variação ocorreu em 64% dos atributos, enquanto que em *H. poeyi* a variação correspondeu a 54,5% dos atributos, este fato ocorrendo possivelmente devido a área corporal de superfície de contato da primeira espécie;
- Foi durante a passagem do formaldeído para o álcool etílico que se verificou as maiores alterações, possivelmente devido à desidratação causada pelo álcool no animal;
- O resultado do experimento deixa claro que peixes preservados sofrem variações morfológicas significativas ao longo do tempo.

ANEXOS



Abudefduf saxatilis



Stegastes fuscus



Stegastes variabilis



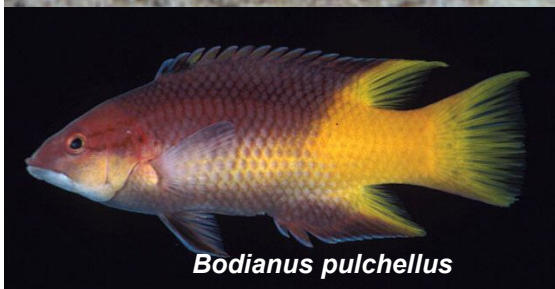
Stegastes pictus



Stegastes sanctipauli



Bodianus rufus



Bodianus pulchellus



Bodianus insularis



N972m

Nunes, Jorge Luiz Silva.

Morfologia Geométrica e Ecomorfologia de Labridae e Pomacentridae do nordeste do Brasil/ Jorge Luiz Silva Nunes. - Recife: O Autor, 2008.

xvi, 125 folhas, il : figs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, 2008.

Inclui Bibliografia e Anexos.

1. Oceanografia Biológica. 2. Morfologia Geométrica. 3. Ecomorfologia. 4. Labridae. 5. Pomacentridae. I. Título.

UFPE

551.46

CDD (22. ed.)

BCTG/2008-086