

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

PÂMELLA SILVA DE BRITO

**ANÁLISE MULTIVARIADA DA MORFOLOGIA DE POPULAÇÕES DE
Bathygobius soporator (VALENCIENNES, 1837) DE REGIÕES INTERTIDAIAS
DA ILHA DO MARANHÃO**

**Chapadinha - MA
2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**ANÁLISE MULTIVARIADA DA MORFOLOGIA DE POPULAÇÕES DE
Bathygobius soporator (VALENCIENNES, 1837) DE REGIÕES INTERTIDAIS
DA ILHA DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do grau de Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes

**Chapadinha - MA
2011**

Brito, Pâmella Silva de

Análise multivariada da morfologia de populações de *Bathygobius soporator* (VALENCIENNES, 1837) de regiões intertidais da ilha do Maranhão / Pâmella Silva de Brito. – Chapadinha, 2011.

44f.

Impresso por computador (fotocópia)

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Silva Nunes

Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão, Curso de Ciência Biológica, 2011.

1. Poças de maré - Variações morfológicas. 2. Muré. 3. Ilha – Maranhão. I.
Título.

CDU 639.239 (812.1)

PÂMELLA SILVA DE BRITO

**ANÁLISE MULTIVARIADA DA MORFOLOGIA DE POPULAÇÕES DE
Bathygobius soporator (VALENCIENNES, 1837) DE REGIÕES INTERTIDAIAS
DA ILHA DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do grau de Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas.

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes (Orientador)
Prof. / Curso de Ciências Biológicas – UFMA

Prof. Dr. Luis Fernando Carvalho Costa
Prof. / Curso de Ciências Biológicas – UFMA

Prof. Dr^a Andréa Martins Catanhede
Prof.^a / Curso de Ciências Biológicas – UFMA

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski (Suplente)
Prof. / Departamento de Oceanografia/Limnologia – UFMA

À minha amada família pelo carinho, incentivo e suporte em todos os momentos, aos meus pais, especialmente a minha mãe Edilene por me ensinar a caminhar com garra, dedicação e por ter sido a peça fundamental para que eu tenha me tornado a pessoa que hoje sou.

AGRADECIMENTOS

Ao meu grande e poderoso Deus, pela vida.

A Universidade Federal do Maranhão e ao laboratório de Organismos Aquáticos pela oportunidade.

A FAPEMA, pelo apoio financeiro e incentivo a pesquisa.

Ao IBAMA, pela licença concedida.

Agradeço ao professor, orientador e amigo Dr. Jorge Luiz Silva Nunes, pelo acompanhamento desde o início desta longa caminhada, pela paciência, orientação, pelos conselhos de amigo nas horas em que precisei, pelos puxões de orelha nas horas necessárias, pela revisão do estudo e principalmente pelo incentivo ao interesse pela ciência.

À banca examinadora, por aceitarem participar desta defesa e contribuir com seus comentários engrandecedores.

À minha base, minha família!

Ao meu porto seguro, minha mãezinha Edilene que sempre me incentivou e proporcionou tudo de melhor para que esta caminhada acontecesse da melhor forma e em tudo na minha vida, me dando amor, carinho e apoio em todos os momentos que precisei.

Ao meu pai Jurandir pelo estímulo ao pensamento e luta de querer crescer.

A minha irmã Raíssa Brito, assim como as queridas amigas Bárbara Torreão e Rebeka Caxilé que me ajudaram nas coletas no momento em que eu mais precisei.

Ao meu filho Dhimitri, que é por ele e para ele a conclusão desta caminhada.

A minha prima Elissa Baia e seu marido Rafael Cardoso, por terem me recebido em sua casa como se fosse minha, por terem me tratado como filha, pelos momentos de afagos quando eu me encontrava com saudade de casa, pelos conselhos nas horas em que eu me via angustiada, pelos momentos de descontração, por tudo.

Ao meu primo Ricard que foi peça fundamental durante esses anos de caminhada na universidade, pelos favores, companheirismo, enfim por toda a sua confiança depositada em mim, sempre me dando palavras de apoio.

Aos professores do Curso de Ciências Biológicas – CCAA/UFMA, pelo compartilhamento de conhecimentos e ensinamentos que levarei ao longo da minha caminhada.

Ao meu fiel companheiro de laboratório Luiz Phelipe Silva Nunes por ter me ajudado nas medidas morfométricas e fazer com quê essas horas de trabalho fluíssem com mais descontração.

Ao colega Diego, por ter contribuído muito para a finalização deste trabalho, me ajudando com figuras, mapas e sempre me dizendo para ter calma que iria dar tudo certo!

À minha turma pela amizade, pelos momentos de alegrias, pela troca continua de conhecimentos, pelos desafios superados, pelas caronas, pelas confidencias, pela confiança, pelas horas de estudo em grupo, por não me deixarem desistir e por me aceitarem como sou!

Saudades!

*“Cada célula
Todo fio de cabelo
Falando assim
Parece exagero
Mas se depender de mim
Eu vou até o fim”*
(Humberto Gessinger)

*“Aqui tudo é paz e mar
que longe a vida se perde
na solidão a tornar
em sombra o azul que é verde
aqui tudo é paz e mar
Agora não esqueço e sonho
fecho os olhos, ouço o mar
e de ouvi-lo bem, suponho
que vejo o azul esverdear
Agora não esqueço e sonho”*
(Fernando Pessoa)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Localização dos pontos de coleta na Ilha do Maranhão. Praias de São Marcos, Calhau, Araçagy e Panaquatira.....31
- Figura 2** – Marcos projetado no corpo *B. saporator* para obtenção dos dados morfométricos através de rede de treliças. Fonte: Carpenter, 2002. Modificado pela autora.....32
- Figura 3** – Esquema dos 13 marcos anatômicos projetados em regiões homólogas da superfície lateral esquerda do *B. saporator*. Fonte: Carpenter, 2002. Modificado pela autora.....32
- Figura 4** – Projeção dos escores das populações de *B. saporator* no espaço dos eixos principais produzidos pela Análise de Componentes Principais, aplicada a um conjunto de medidas obtido através do sistema de treliças.....33
- Figura 5** – Projeção dos escores individuais de indivíduos de *B. saporator* da Ilha do Maranhão no espaço do primeiro e segundo eixo das variáveis canônicas, seguido das ilustrações das deformações representando as variações morfológicas no corpo de *B. saporator*. Praias de São Marcos (preto), Araçagy (rosa), Calhau (azul) e Panaquatira (laranja).....34

Figura 6 – Projeção dos escores individuais de indivíduos de *B. saporator* da Ilha do Maranhão no espaço do primeiro e terceiro eixo das variáveis canônicas, seguido das ilustrações das deformações representando as variações morfológicas no corpo de *B. saporator*. Praias São Marcos (preto), Araçagy (rosa), Calhau (azul) e Panaquatira (laranja).....35

Figura 7 – Projeção dos escores individuais de indivíduos de *B. saporator* da Ilha do Maranhão no espaço do terceiro e segundo eixo das variáveis canônicas, seguido das ilustrações das deformações representando as variações morfológicas no corpo de *B. saporator*. Praias de São Marcos (preto), Araçagy (rosa), Calhau (azul) e Panaquatira (laranja).....36

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Valores descritivos dos atributos mais importantes que resumem a maior parte das variações entre as populações de <i>B. soporator</i> , estão em negrito.....	33
---	----

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1 – Área de estudo.....	17
2.2 – Captura dos exemplares.....	18
2.3 – Obtenção de dados e métodos morfométricos.....	18
2.3.1 – Método de rede de treliça.....	18
2.3.2 – Morfometria geométrica.....	19
3. RESULTADOS.....	21
3.1 – Rede de treliça.....	21
3.2 – Morfometria geométrica.....	21
4. DISCUSSÃO.....	23
5. AGRADECIMENTOS.....	26
6. REFERÊNCIAS.....	27

ANEXOS

**ANÁLISE MULTIVARIADA DA MORFOLOGIA DE POPULAÇÕES DE
Bathygobius soporator (VALENCIENNES, 1837) DE REGIÕES INTERTIDAIAS
DA ILHA DO MARANHÃO**

Pâmella Silva de BRITO (1), Nivaldo Magalhães PIORSKI (2), Luiz Phelipe Nunes e SILVA (1) & Jorge
Luiz Silva NUNES (1)

(1) Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, BR 222, s/n, Km04,
CEP 65.500.000, Chapadinha – MA, Brasil. [pamellabrito@hotmail.com]

(2) Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos
Portugueses, s/n, Bacanga, CEP 65.080.040, São Luís – MA, Brasil. [nivaldopiorski@yahoo.com.br]

RESUMO

A espécie *Bathygobius soporator*, no estado Maranhão, é conhecida por *muré* e encontrada em poças de maré, sendo uma espécie tolerante a altas variações de salinidade, temperatura, oxigenação e turbidez. O objetivo deste estudo foi analisar as variações morfológicas entre as populações de *Bathygobius soporator* de poças de maré, das diferentes praias da Ilha do Maranhão, com base em características morfométricas. Um total de 92 indivíduos foi utilizado para a metodologia de redes de treliça e 64 indivíduos para morfometria geométrica. Os resultados mostraram estruturação das populações de *B. soporator* tanto através da rede treliça, quanto pelo método de morfometria geométrica, as ilustrações das suas respectivas análises multivariadas apresentaram distinções numéricas entre as populações, nos primeiros eixos, com valores superiores a 84% na análise de componentes principais e de 52% na análise de variáveis canônicas. Associando esta estruturação a diferentes níveis de pressão ambiental e biológica sofrida por estas populações nos seus respectivos habitats

e também a um processo de divergência. As técnicas utilizadas produzem excelentes parâmetros para estudos de variações morfológicas populacionais.

Palavras-chave: *B. soporator*, poças de maré, morfometria geométrica, rede de treliça.

ABSTRACT

The species *Bathygobius soporator*, Maranhão state, is known for *muré* and found in tide pools and is tolerant to high variations in salinity, temperature, oxygen and turbidity. The objective of this study was to analyze the morphological variation among populations of *Bathygobius soporator* tide pools, the different beaches on the island of Maranhão, based on morphometric characteristics. A total of 92 individuals was used for the truss network methodology and 64 individuals for geometric morphometry. The results showed structuring of populations of *B. soporator* both through the lattice network, the method of geometric morphometrics, the illustrations of their multivariate analysis showed numerical distinctions between populations, the first axis, with values above 84% in principal component analysis and the analysis of 52% canonical variables. Combining this structure with different levels of biological and environmental stress suffered by these populations in their respective habitats as well as a process of divergence. The techniques used produce excellent parameters for population studies of morphological variations.

Keywords: *B. soporator*, tide pools, geometric morphometrics, truss network.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837), pertencente à família Gobiidae, no estado Maranhão, é conhecida popularmente por *muré*. Possuem distribuição anfiatlântica, sendo frequentemente encontrados em riachos, corais, manguezais, bordas de canais, lagoas salobras, estuários e principalmente em poças de maré (Menezes & Figueiredo, 1985; Cervigón, 1994; Carvalho-Filho, 1999; Froese & Pauly, 2008).

Os seus aspectos fisiológicos configuram-se como uma das características mais importantes desta espécie, pois lhe conferem tolerância às grandes variações de salinidade, temperatura, oxigenação e turbidez gerada diariamente pelos ciclos de maré. Desta forma, é uma das poucas espécies de peixes que permanece viva em poças de maré entre pedras e areia, mesmo exposta diretamente ao sol (Peret & Nascimento, 1986; Carvalho-Filho, 1999; Mendes, 2006; Nunes & Piorski, 2011; Emanuel & Ajibola, 2010).

Nos ambientes intertidais formam-se as poças de marés, cuja água do mar acaba permanecendo represada por algumas horas, servindo como berçário de larvas e juvenis de vários organismos marinhos provenientes das áreas adjacentes e fornecendo também refúgios para muitos outros organismos, durante as marés baixas. Entretanto, diferenças podem ser observadas entre poças de uma mesma área, pois de acordo com a distância que esta apresenta da zona de arrebentação, haverá um maior tempo de exposição à radiação solar, eólica e as chuvas, influenciando diretamente os parâmetros abióticos e propiciando condições críticas à sobrevivência dos indivíduos (Rosa *et al.*, 1997; Horn *et al.*, 1999; Cunha *et al.*, 2007).

Apesar de *B. soporator* apresentar uma ampla distribuição, pouco se conhece sobre suas variações geográficas. A utilização de análises multivariadas, como ferramenta para esse tipo de estudo em populações naturais, funcionam de forma eficiente como descritores morfológicos, e podem permitir o alcance de importantes resultados para variações e co-variações do conjunto de dados de caracteres quantitativos, pois a compreensão sobre os seus padrões da variabilidade facilitam o entendimento das relações com o ambiente (Cavalcanti & Lopes, 1998).

O estudo de morfometria se utiliza de ferramentas estatísticas que utilizam dados quantitativos para análise da variação da forma do corpo em relação ao organismo (Peres-Neto, 1995; Moraes, 2003). Desta forma, a morfometria tem sido aplicada em estudos para a discriminação de populações (Cavalcanti & Lopes, 1998; Molina *et al.*, 2006), identificar dimorfismo sexual (Piorski & Nunes, 2000), separar estoques pesqueiros (Cadrin, 2000), diferenciar espécies (Aguiar *et al.*, 2004; Lima-Filho *et al.*, 2006) e definir relações filogenéticas (Nunes *et al.*, 2008).

Atualmente, muitos *softwares* computacionais têm sido aplicados em investigações biológicas (Rohlf & Marcus, 1993; Monteiro & Reis, 1999), uma delas é a técnica de morfometria geométrica, que corresponde a uma ferramenta descritiva, revelando com maiores detalhes e precisão, as mudanças e variações ocorridas na forma do corpo com base em marcos anatômicos homólogos (Strauss & Bookstein, 1982; Cavalcanti *et al.*, 1999; Monteiro & Reis, 1999; Roth & Mercer, 2000).

Assim, ao inferirmos que as poças de maré repetem o mosaico de microhabitats encontrados em escalas proporcionais àqueles encontrados no ambiente marinho, como um todo, e também considerarmos a ampla distribuição de *B. soporator*, podemos postular vários questionamentos sobre a variação em seus aspectos morfológicos. É conhecido que as variações na forma do corpo de populações ou espécies usualmente

refletem uma associação as condições ambientais e mudanças genéticas adaptativas (Smtih, 1999; Molina *et al.*, 2006). Por outro lado, Knowlton (2000) advoga que espécies com ampla distribuição geográfica podem apresentar-se morfológicamente semelhantes e diferentes geneticamente.

Portanto, para a comprovação das ideias supracitadas, este estudo teve por objetivo analisar as variações morfológicas entre as populações de *Bathygobius soporator* de poças de maré, provenientes de diferentes praias da Ilha do Maranhão, utilizando-se metodologias de morfometria geométrica e redes de treliça.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Este estudo amostra peixes em 4 praias da Ilha do Maranhão.

A Praia de São Marcos ($2^{\circ}29'13''$ S e $44^{\circ}17'14''$ W) encontrando-se na capital maranhense, São Luís, e apresenta ondas altas e dunas cobertas por vegetação, além de uma zona intertidal que se caracteriza por ser rochoso e arenoso (Figura 1).

A Praia do Calhau ($2^{\circ}29'32''$ S e $44^{\circ}17'19''$ W) também fica na capital São Luís – MA, e apresenta ondas altas, e uma zona de poças de maré que se caracteriza por ser rochoso e arenoso (Figura 1).

A praia do Araçagy ($2^{\circ}27'53.65''$ S e $44^{\circ}11'50.99''$ W) situa-se no município de Paço do Lumiar – MA (norte da ilha de São Luís), sendo uma das praias mais limpas da ilha, com ondas fortes e altas, na maré baixa formam-se piscinas naturais, as quais são do tipo rochoso ou arenoso (Figura 1).

A praia de Panaquatira (02°28'19'' S e 44°08'84'' W) pertence ao município de São José de Ribamar-MA, localizado a nordeste da Ilha de São Luís. Caracteriza-se por ser uma praia semi-exposta, protegida da ação direta das ondas. Por estar situada próxima a boca da Baía de São José possui influência oceânica e estuarina, tendo em sua proximidade um exuberante manguezal. O substrato da região entre - marés se caracteriza como areno-lamoso e lamoso (Figura 1).

2.2. Captura dos exemplares

Os espécimes de *B. saporator* foram coletados nas praias do Araçagy, Calhau, Panaquatira e São Marcos utilizando-se como método de captura puçás manuais e mentol diluído em álcool etílico como anestésico lançados nas poças de marés.

2.3. Obtenção de dados morfométricos

2.3.1. Método da rede de treliça

Um total 92 indivíduos foram medidos utilizando-se um paquímetro de aço inoxidável, sendo: Araçagy (15), Panaquatira (45), Calhau (17) e São Marcos (15).

Neste método, cada indivíduo foi medido utilizando-se as distâncias corporais baseadas nos trabalhos de Cavalcanti *et al.*, (1999) e Piorski (1999), como seguem: V1 - Comprimento total; V2 - Comprimento pré-caudal; V3 - Comprimento da cabeça; V4 - Comprimento do focinho; V5 - Comprimento da maxila; V6 - Diâmetro do olho; V7 - Comprimento pré-dorsal; V8 - Comprimento pré-anal; V9 - Comprimento pré-peitoral; V10 - Comprimento peitoral; V11 - Comprimento pré-ventral; V12 - Comprimento ventral; V13 - Altura (Figura 2).

Para analisar os dados numéricos obtidos pelas medidas morfométricas a partir da treliça foi utilizado o programa Statistics7.0 (Statsoft, 2004) para realizar uma ACP sobre sua matriz de correlação.

A Análise de Componentes Principais (ACP) consiste em uma análise estatística que promove uma transformação linear nos dados, de modo que os dados resultantes desta transformação tenham seus componentes mais relevantes nas primeiras dimensões, em eixos denominados principais.

A ACP é um método de ordenação, que possibilita alcançar uma melhor visualização e assimilação da variação por meio da localização dos escores em um gráfico, projetando 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).

2.3.2. Morfometria geométrica

Um total de 64 indivíduos foram utilizados, sendo: Araçagy (20), Panaquatira (20), Calhau (20) e São Marcos (4).

Para a aplicação do método de morfometria geométrica, cada indivíduo foi fotografado separadamente, utilizando-se uma câmera digital. As fotografias foram armazenadas em formato JPEG com a mesma resolução de 1.0 Megapixel e redimensionadas no programa Photo Filtre para o tamanho 640X480. Cada marco anatômico foi transformado em coordenadas cartesianas utilizando-se o programa TPSdigit versão 2.04, afim de se estabelecer uma matriz numérica para posterior análise (Rohlf, 1998, 2005).

Obteve-se 13 marcos anatômicos para a análise da morfometria geométrica, seguindo a metodologia proposta nos trabalhos de Piorski & Nunes (2000) e de Nunes *et al.*, (2008): 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 dorsal; 10) base posterior da nadadeira anal; 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 (Figura 3).

Com o auxílio do programa MorphoJ (Klingenberg, 2008) foi determinada a matriz numérica com todas as distâncias entre as coordenadas originais e aquelas geradas pela configuração de referência e as análises de deformações (Monteiro & Reis, 1999; 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 anatômico (Monteiro & Reis, 1999). Os resultados da projeção de cada indivíduo nas Deformações Principais são denominados de Deformações Parciais e organizadas em forma de matriz de peso foram submetida a uma Análise de Variáveis Canônicas.

3. RESULTADOS

3.1. Rede de treliça

Os dois eixos representam a distribuição dos escores referentes aos indivíduos de populações diferentes de *B. soporator* resultantes da Análise de Componentes Principais, permitindo a identificação das medidas morfológicas que caracterizaram a variação encontrada entre as populações estudadas. Os eixos ficaram responsáveis pelo acúmulo de 84% das variações encontradas (Tabela I).

O primeiro componente principal foi responsável pelo maior acúmulo das variações (77%), separando as populações de Panaquatira e Calhau das demais. Os caracteres morfológicos com maior peso foram: comprimento da cabeça (V3), Comprimento do focinho (V4); Comprimento da maxila (V5); Diâmetro do olho (V6); Comprimento pré-dorsal (V7); Comprimento pré-anal (V8); Comprimento pré-peitoral (V9); Comprimento peitoral (V10); Comprimento pré-ventral (V11); Comprimento ventral (V12); Altura (V13) (Figura 4).

O segundo componente principal separou com 7,44% as praias de Araçagy e São Marcos. Neste eixo as variáveis que caracterizaram as variações foram: Comprimento total (V1); Comprimento pré-caudal (V2); Comprimento peitoral (V10) (Figura 4).

3.2. Morfometria Geométrica

Os resultados obtidos através da Análise de Variáveis Canônicas sobre a matriz W indicou diferenças significativas entre as populações de *B. soporator* ($p = 0,005$). No primeiro eixo canônico o percentual de variação foi de aproximadamente 52%,

separando a população do Calhau das demais praias. Já em relação ao segundo eixo, a variação foi de aproximadamente 43%, separando a população do Araçagy da população de Panaquatira. As deformações morfológicas obtidas através do programa MorphoJ sobre o primeiro eixo canônico revelou que as principais diferenças entre as quatro populações estudadas configura na maior altura do corpo e maior tamanho da cabeça. Logo o segundo eixo configurou um corpo mais elevado e cabeça mais achatada (Figura 5). O tamanho da cabeça maior indica a possibilidade de alimentar-se de presas maiores. A maior biodiversidade da ictiofauna das poças de marés da praia do Araçagy está associada à maior oferta de ambientes potencialmente exploráveis. Por outro lado, a maior altura do corpo indica que o animal possui um maior poder de exploração do seu habitat através do maior desempenho nas manobras, o que é similar nos dois eixos.

O terceiro eixo canônico teve uma variação de 5 %, mostrando que as populações ficaram mais próximas, mas separadas, ou seja, não se misturam. Demonstrou que os indivíduos possuem um corpo mais achatado dorsalmente, alongado caudal e cabeça achatada, diferente do primeiro eixo (Figura 6).

Pode-se descartar a sobreposição da população de São Marcos ante as outras praias, logo que o número de indivíduos coletados considera-se insuficiente para este tipo de análise, uma vez que esta espécie não se encontrou residente nas poças de maré desta localidade, assim como a mesma se encontrou nas demais. Talvez este fato se deva a falta de adaptação de cada organismo ao habitat e nicho específico, ou seja, menor capacidade de sobrevivência e indicando assim maior restrição e vulnerabilidade ambiental.

O segundo e terceiro eixo das variáveis canônicas indicou que a população do Araçagy e Panaquatira se aproximam, juntamente com a de São Marcos e se separam da

do Calhau. Tendo uma similaridade no formato da cabeça achatada e diferença na altura do corpo (Figura 7).

4. DISCUSSÃO

As análises de deformação morfológicas geradas através da técnica de morfometria geométrica apresentaram como características distintivas a altura do corpo, tamanho da cabeça e achatamento da cabeça como variações que segregaram as populações de *B. soporator*. Enquanto a técnica de redes de treliça apresentou as variações morfológicas na altura do corpo e ao longo do eixo longitudinal do corpo como características importantes na descrição morfológica destas populações.

Cavalcanti & Lopes (1998) em seu trabalho, utilizando métodos de análise multivariada para investigar variações morfométricas entre populações de *Ogcocephalus vespertilio*, observaram que estas se mostraram distintas e sugeriram que as variações na temperatura da água foram o principal fator pelo isolamento geográfico, gerando como consequência um baixo fluxo gênico entre as populações. Consoante as diferenças ambientais, Molina *et al.*, (2006) também sugeriu que a temperatura é o principal fator para a estruturação das populações *Abudefduf saxatilis*, onde aquelas que habitam ilhas oceânicas são distintas morfológicamente das populações continentais.

Os parâmetros ambientais como temperatura, salinidade, oxigênio, entre outros são influenciados tanto pelo volume de água na poça, quanto pela sua área, fazendo com que as poças atinjam níveis críticos a sobrevivência de indivíduos (Rosa *et al.*, 1997). Portanto, a variação destes parâmetros pode estar configurando as diferenças morfológicas entre as populações de *B. soporator*, uma vez que as condições

relacionadas à área, ao volume e ao substrato podem ser diferentes de uma poça para outra. Por exemplo, as poças da praia de Panaquatira e Araçagy se caracterizam por maior área e maior volume, indicando assim maiores possibilidades de microhabitats e diversidade biológica. Assim, os espécimes coletados nesta localidade se apresentaram maiores em relação a tamanho comparados as outras localidades. Já as poças de São Marcos por serem menores em área e volume podem ser responsáveis pela baixa quantidade de espécimes coletados, mesmo esta espécie sendo capaz de suportar grandes variações.

Estas observações já haviam sido pontuadas por Nunes *et al.* (2011) em um estudo sobre a ictiofauna de poças de maré nas praias do Araçagy e Panaquantira, onde os autores descreviam que as poças mais incrementadas de organismos poderiam oferecer maior possibilidade de recursos alimentares e esconderijo, assim como a sua configuração estrutural poderia contribuir possibilitando maior exploração pelos peixes e por fim resultando em maior diversidade de espécies.

Sob a óptica do confinamento das poças ou das praias, podemos assumir que as diferenciações na forma do corpo entre as populações das diferentes localidades podem sugerir subdivisões entre diferentes populações. Pois, pelo isolamento reprodutivo entre populações da mesma espécie, estas podem acumular uma série de diferenças genéticas como foi proposto por Shibatta & Hoffmann (2005).

Esse suposto isolamento pode estar associado à permanência de ovos e de larvas dentro de sua área de influência, principalmente se apresentarem poucas possibilidades de se dispersarem e estabelecerem contatos com populações de outras áreas, conferindo pouca dispersão dos filhotes e recrutamento no mesmo local ou em áreas adjacentes, diminuindo o fluxo gênico.

A reprodução desta espécie ocorre durante todo o ano, com as fêmeas depositando seus ovos no teto de suas tocas, enquanto o macho é responsável pelo cuidado parental (Peret & Nascimento, 1986). Esse comportamento reprodutivo foi comprovado e reforçado por Mendes (2006), onde a mesma elenca as interações sociais intra-específicas, como: a agressividade e a territorialidade comuns na época da reprodução. Também considera que estas interações podem ser responsáveis pela distribuição espacial dos indivíduos em uma determinada área, como é o caso das poças de maré. Por fim, a estratégia reprodutiva desta espécie é classificada como postura demersal, apresentando como outros atributos a baixa fertilidade, a baixa dispersão e o curto período larval o que contribui notoriamente com a restrição no fluxo gênico.

A ocorrência de barreiras físicas entre populações de peixes marinhos nem sempre é clara (Joyeux *et al.*, 2001). No entanto, as subdivisões geográficas e/ou ecológica permitem o estabelecimento de populações com características que representam modelos clássicos para estudos em biogeografia animal, taxonomia, ecologia e genéticos.

Freitas *et al.*, (2004) investigaram geneticamente as populações de *B. soporator* residentes entre as Ilhas oceânicas (Atol das Rocas e das Bahamas) e populações continentais do litoral brasileiro, e observaram que estas eram parecidas em sua morfologia e diferentes geneticamente. Essa ocorrência pode ser caracterizada pelo baixo fluxo gênico gerado por seu comportamento reprodutivo, que apresenta baixa dispersão das larvas e ovos, apesar das populações do Atol das Rocas e do litoral brasileiro serem mais próximas geograficamente elas se distinguiram geneticamente inferindo um binômio para os indivíduos que ocorrem na costa brasileira. Tal fato pode estar associado as diferenças encontradas morfologicamente entre as populações de *B.*

soporator da Ilha do Maranhão, logo que seu comportamento reprodutivo é um indicativo de isolador entre esta espécie.

A estruturação de populações depende da migração de forma limitada, o baixo fluxo gênico acarretará no isolamento, podendo este ser por fator geográfico ou reprodutivo (Pereira & Soares-Gomes, 2002).

De acordo com Hauser *et al.* (1995), nesses casos, a análise morfométrica pode produzir informações fenotípicas valiosas sobre plasticidade das espécies e os possíveis efeitos de fatores genéticos sobre variação morfológica. Além disso, as diferenças morfométricas aliadas ao isolamento geográfico são indícios de que populações estão sujeitas a diferentes processos seletivos gerando divergência (Shibatta & Hoffmann, 2005).

Os resultados do presente estudo mostraram estruturação das populações *B. soporator*, pois as populações das praias investigadas apresentaram-se morfologicamente distintas. Estas diferenças encontradas podem estar associadas a diferentes níveis de pressão ambiental e biológica sofrida por estas populações nos seus respectivos habitats ou a um processo de divergência que possivelmente se encontra em curso. Por fim, evidenciou-se que o emprego das análises utilizadas produz excelentes parâmetros para estudos de variações morfológicas populacionais.

5. AGRADECIMENTOS

A FAPEMA pelo apoio financeiro em forma de concessão de bolsa de iniciação científica e incentivo a pesquisa.

Ao IBAMA por ceder a licença de coleta de materiais biológicos através do nº 19733-1.

Ao Laboratório de Organismos Aquáticos – CCAA/UFMA pela oportunidade e espaço cedido.

6. REFERÊNCIAS

AYRES M., AYRESJR., 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.

AGUIAR A.A., GALLO V. & VALENTIN J.L., 2004. - Using the size independent discriminant analysis to distinguish the species of *Myliobatis* Cuvier (Batoidea: Myliobatidae) from Brazil. *Zootaxa.*, 464: 1–7.

CADIM S.X., 2000. - Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries.*, 10: 91-112.

CARPENTER K.E., 2002. - The living marine resources of the Western Central Atlantic. (Vol. 2): p. 601-1374.

CARVALHO-FILHO A., 1999. - Peixes Costa Brasileira. 283 p. São Paulo: Editora Melro Ltda.

CAVALCANTI M.J. & LOPES P.R.D., 1998. - Variação geográfica de caracteres quantitativos em *Ogcephalus vespertilio* (Linnaeus) (Teleostei, Lophiiformes, Ogcocephalidae). *Rev. Bras. Zool.*, 15 (1):125-134.

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.

CERVIGÓN F., 1994. - Los Peces Marinos de Venezuela. 295 p. Caracas: Los Roques.

EMANNUEL O.L. & AJIBOLA E.T., 2010. – Food and feeding habitats and reproduction in Frillfin goby, *Bathygobius soporator* (Cuvier and Valenciennes, 1837) in the Badagry Creek, Lagos Nigeria International. *Journal of Biodiversity and Conservation.*, 2:414-421.

FROESE R. & PAULY D., (Editors). 2008. – Fish Base. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org. (acesso em 06/03/2008).

HAUSER L., CARVALHO G.R. & PITCHER T.J., 1995. - Morphological and genetic differentiation of the African clupeid *Limnothrissa miodon* 34 years after its introduction to Lake Kivu. *Journal of Fish Biology.*, 47:127-144.

HORN, M. H., MARTIN, K. L. M. & CHOTKOWSKI, M. A. (1999). - Introduction. *In: Horn, M.H., Martin, K.L.M. & CHOTKOWSKI, M.A. Intertidal Fishes: Life in two worlds.* Academic Press, 1-6.

JOYEUX J.C., FLOETER S.R., FERREIRA, C.E.L. & GASPARINI J.L., 2001. - Biogeography of tropical reef fish: the South Atlantic puzzle. *Journal of Biogeography.*, 28: 831–841.

LIMA FILHO J.M., LESSA R.P.T., STOSIC B., DUARTE NETO P.J. & VIEIRA J.W. 2006. - Morphological Discrimination in Juveniles of Two *Selene* Species (Teleostei: Carangidae) Using Truss Net Distances. *Brazilian Archives Biology and Technology.*, 49(2): 231-238.

LIMA D., FREITAS J.E.P., ARAÚJO M.E. & SOLÉ-CAVA A.M., 2004. - Genetic detection of cryptic species in the frillfin goby *Bathygobius soporator.*, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 320: 211- 223.

KLINGENBERG C.P. 2008. - Morphoj Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm.

KNOWLTON N., 2000. - Molecular genetic analyses of species boundaries in the sea. *Hydrobiologia.*, 420: 73–90.

MENDES L.F., 2006. - História natural dos amborés e peixes-macaco (Actinopterygii, Blennioidei, Goboioidei) do Parque Nacional Marinho do Arquipélago de Fernando de Noronha, sob um enfoque comportamental. *Revista Brasileira de Zoologia.*, 23 (3): 817-822.

MENEZES N.A. & FIGUEIREDO J.L. 1985. - Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. 105 p. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

MOLINA W.F., SHIBATTA O.A. & GALETTI J.R., P.M., 2006. - Multivariate morphological analyses in continental and island populations of *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus) (Pomacentridae, Perciformes) of western Atlantic. *Pan- American Journal of Aquatic Sciences.*, 1(2): 49-56.

MONTEIRO L.R. & REIS S.F., 1999. - Princípios de morfometria geométrica. 198p. Ribeirão Preto: Holos.

NUNES J.L.S., PIORSKI N.M. & ARAÚJO M.E., 2008. - Phylogenetic and ecological inference of three *Halichoeres* (Perciformes: Labridae) species through geometric morphometrics. *Cybium.*, 32(2): 165-171.

NUNES J.L.S. & PIORSKI N.M., 2011. – Peixes marinhos e estuarinos do Maranhão. 225 p. São Luís: Café & Lápis.

PIORSKI N.M. & NUNES J.L.S. 2000. - Dimorfismo sexual e tendência alométrica de *Urotrygon microphthalmum* Delsman 1941 (Elasmobranchii: Urolophidae). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia.*, 13: 67-81.

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.

PEREIRA R.C. & SOARES GOMES A., 2002. - *Biologia Marinha*. 382 p. Rio de Janeiro: Editora Interciência.

PIORSKI N.M., 1999. - Diferenciação morfométricas entre as espécies *Platydoras costatus* (Linnaeus, 1766) e *P. armatulus* (Cuvier & Valenciennes, 1840) (Pisces: Siluriformes: Doradidae). *Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS. Sér. Zool.*, 12:19-30.

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

ROHLF F.J. 1998. - Relative Warps Version 1.18. Department of Ecology and Evolution, State Univ. of New York, New York: Stony Book.

ROTH V.L. & MERCER J.M., 2000. - Morphometrics in development and evolution. *Am. Zool.*, 4(5): 801-810.

ROHLF F.J., 2005. TPSdigit Version 2.04. - Department of Ecology and Evolution, State Univ. of New York, New York: Stony Book.

ROSA R.S., ROSA I.L., & ROCHA L.A., 1997. – Diversidade da ictiofauna de poças de maré da praia de Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Rev. Brasileira de Zoo.* 14 (1): 201-212.

SHIBATTA O.A., HOFFMANN A.C., 2005. - Variação geográfica em *Corydoras paleatus* (Jenyns) (Siluriformes, Callichthyidae) do sul do Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 22(2).

SMITH W.S., 1999. - A ecomorfologia de peixes no Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia.*, 56:8-12.

STATSOFT, Inc. 2004. - STATISTICA: data analysis software system. versão 7. Disponível em: <http://www.statsoft.com>.

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

ANEXOS

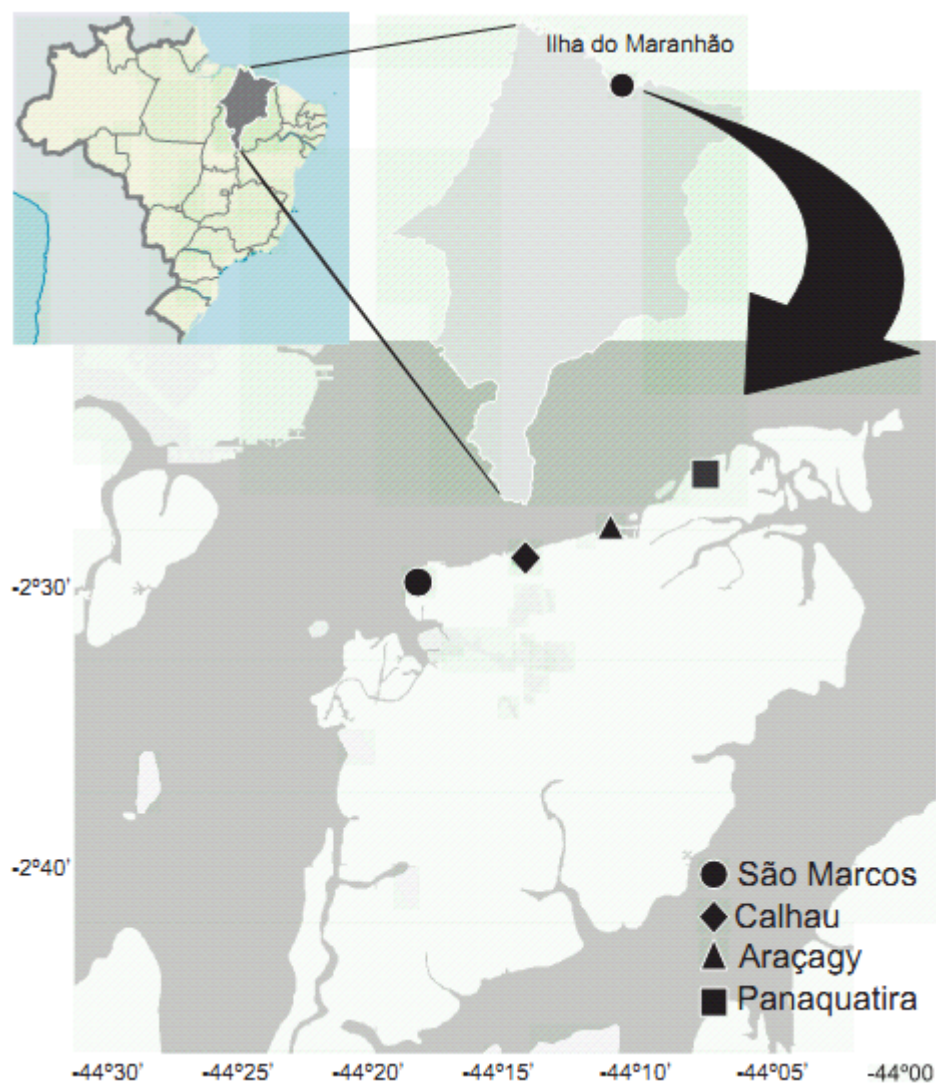


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta na Ilha do Maranhão. Praias de São Marcos, Calhau, Araçagy e Panaquatira.

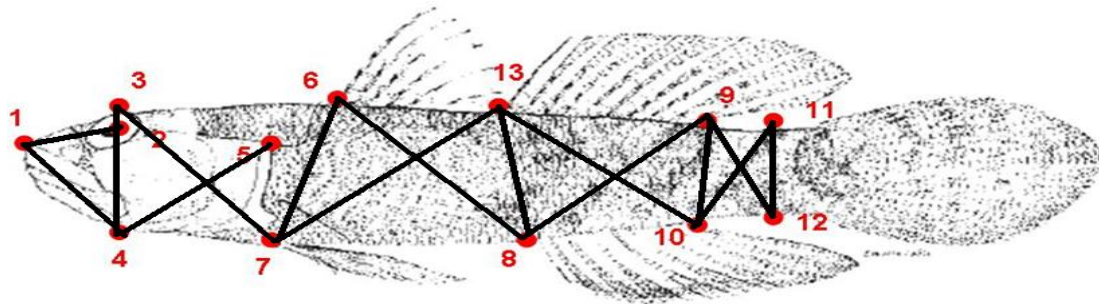


Figura 2 – Marcos projetado no corpo *B. saporator* para obtenção dos dados morfométricos através de rede de treliças. Fonte: Carpenter, 2002. Modificado pela autora.

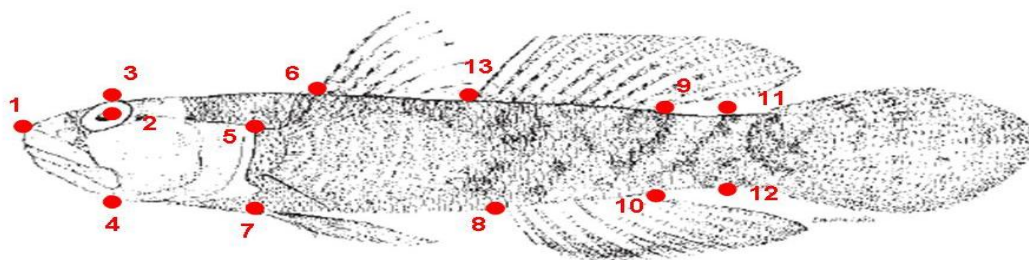


Figura 3 – Esquema dos 13 marcos anatômicos projetados em regiões homólogas da superfície lateral esquerda do *B. saporator*. Fonte: Carpenter, 2002. Modificado pela autora.

Tabela I – Valores descritivos dos atributos mais importantes que resumem a maior parte das variações entre as populações de *B. sporator*, estão em negrito.

Variáveis	Fator 1	Fator 2
V1	-0,082	-0,174
V2	-0,074	0,280
V3	-0,087	-0,101
V4	-0,082	0,022
V5	-0,079	-0,040
V6	-0,084	-0,088
V7	-0,084	0,041
V8	-0,087	0,002
V9	-0,088	0,009
V10	-0,080	-0,084
V11	-0,086	0,125
V12	-0,086	0,136
V13	-0,086	0,076
Variância (%)	77,13	7,44
Variância Total		84,58%

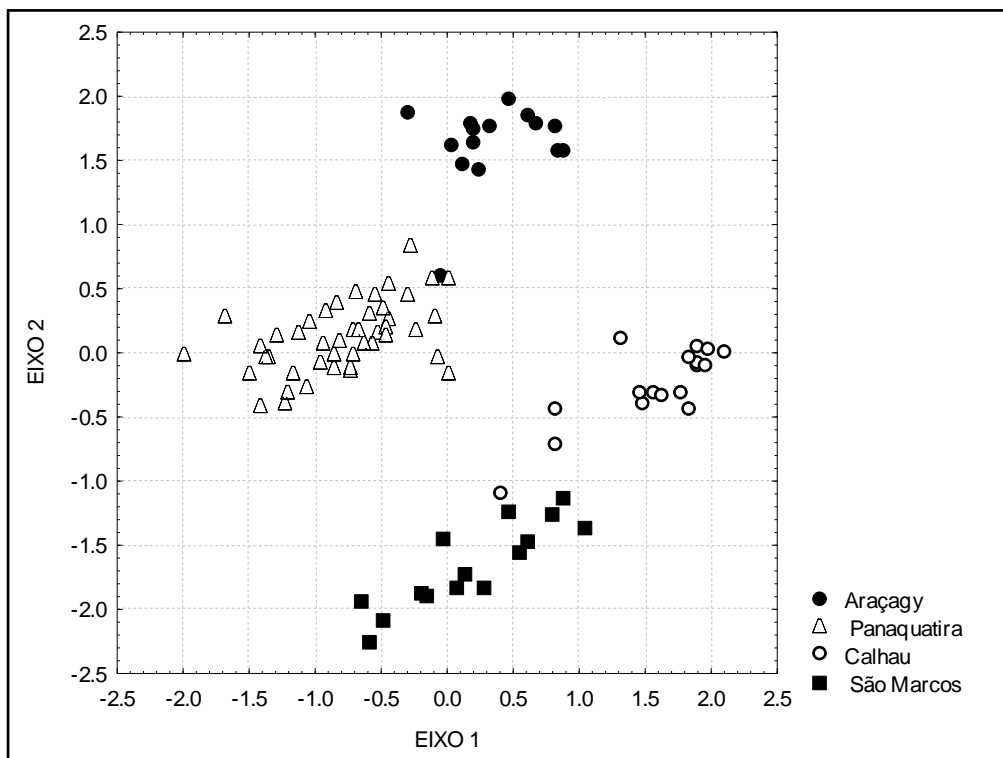


Figura 4 – Projeção dos escores das populações de *B. sporator* no espaço dos eixos principais produzidos pela Análise de Componentes Principais, aplicada a um conjunto de medidas obtido através do sistema de treliças.

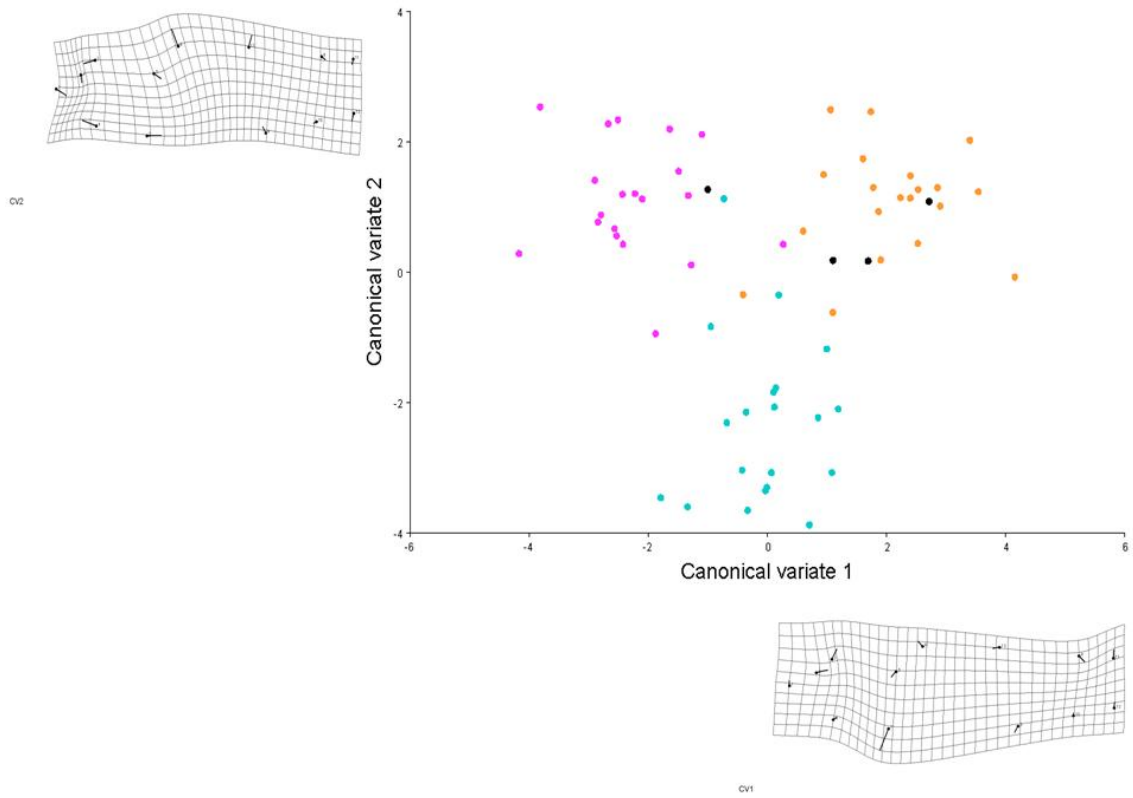


Figura 5 – Projeção dos escores individuais de indivíduos de *B. saporator* da Ilha do Maranhão no espaço do primeiro e segundo eixo das variáveis canônicas, seguido das ilustrações das deformações representando as variações morfológicas no corpo de *B. saporator*. Praias de São Marcos (preto), Araçagy (rosa), Calhau (azul) e Panaquatira (laranja).

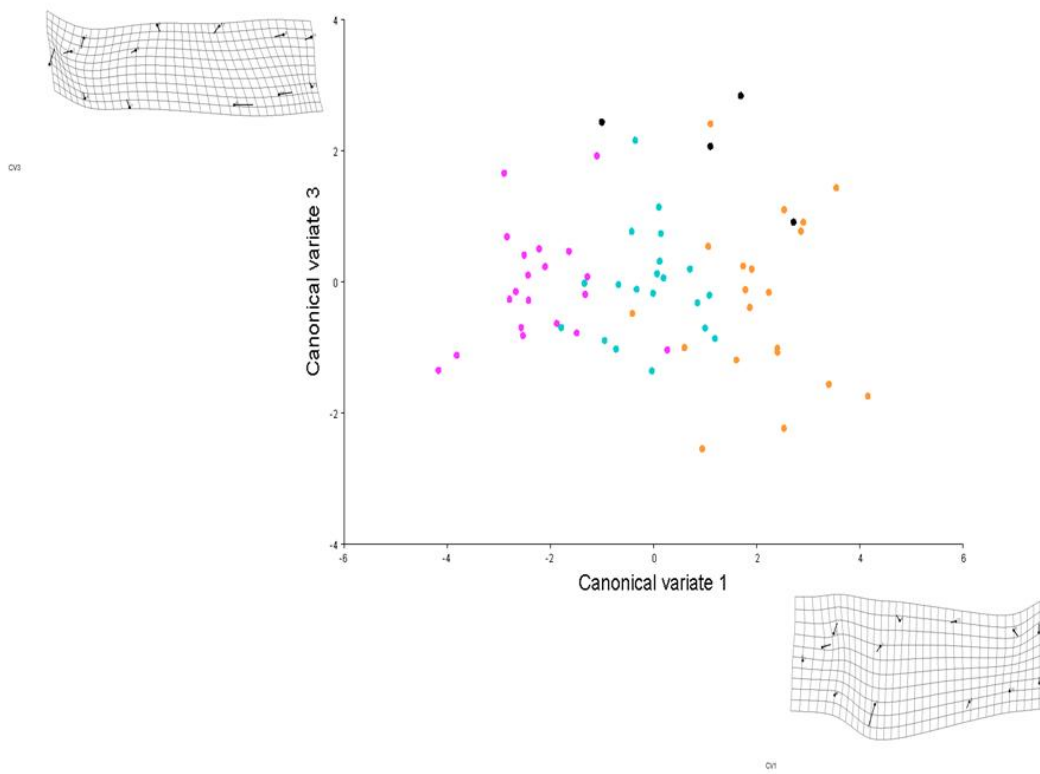


Figura 6 – Projeção dos escores individuais de indivíduos de *B. soporator* da Ilha do Maranhão no espaço do primeiro e terceiro eixo das variáveis canônicas, seguido das ilustrações das deformações representando as variações morfológicas no corpo de *B. soporator*. Praias São Marcos (preto), Araçagy (rosa), Calhau (azul) e Panaquatira (laranja).

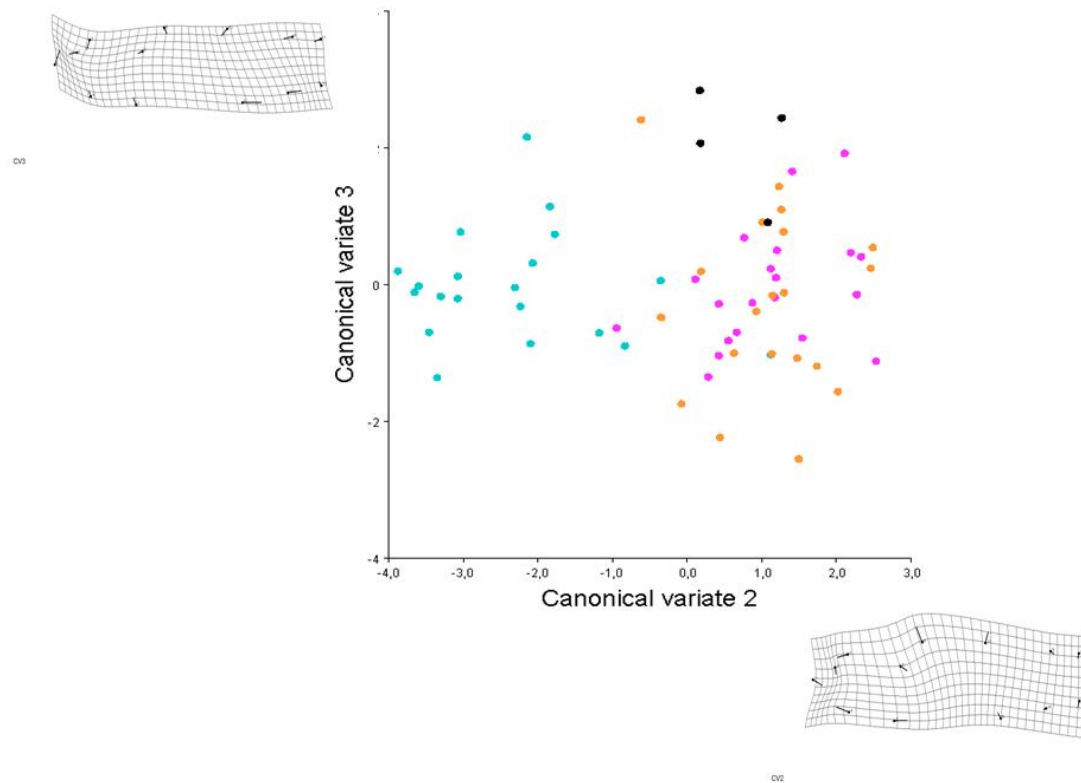


Figura 7 – Projeção dos escores individuais de indivíduos de *B. saporator* da Ilha do Maranhão no espaço do terceiro e segundo eixo das variáveis canônicas, seguido das ilustrações das deformações representando as variações morfológicas no corpo de *B. saporator*. Praias de São Marcos (preto), Araçagy (rosa), Calhau (azul) e Panaquatira (laranja).

NORMAS DA REVISTA

Cybium, International Journal of Ichthyology

Copyright © 2008 Société Française d'Ichtyologie

Instructions to Authors

Types of contribution

Submission of manuscripts

Preparation of manuscripts

References

Illustrations

Copyright

Proofs

Offprints

Caution: Only subscribing members of the Society may publish in Cybium free of charge; non-members are requested to pay page costs.

Submission of an article to Cybium imply that the article is original and is not being considered for publication elsewhere. Submission also implies that all the authors have approved the paper for release in Cybium and are in agreement with its content.

Types of contribution

1. Original research papers (Regular papers)
2. Review articles
3. Ichthyological notes
4. 'First records'
5. Summaries of Ph.D. thesis
6. Book reviews

1. *Original research papers*: Should report only original results. They are limited to 20 printed pages (80,000 characters). The publication of larger articles is subjected to the Editor's agreement.

2. *Review articles*: They should be invited or agreed by the Editor. They should be concise (up to 25 printed pages, i.e., 100,000 characters). Prospective authors are asked to send an extended abstract (two pages maximum) of their paper to the Editor by email (valerie.gaudant@upmc.fr). The abstract should outline the review interest for ichthyologists, its main points and objectives. One color plate and 100 reprints will be offered free of charge.

3. *Ichthyological notes*: Short communications, which do not occupy more than four printed pages (16,000 characters). The reference part does not exceed 10 references.

4. *'First records'*: Short Ichthyological notes, which do not exceed two printed pages (8,000 characters). They must include: A localization map of the capture (maximum width: 8.5 cm); the registration number in a national or recognized collection; the main morphometric and meristic characters of the specimen;

possibly a good photo of the specimen (colour or black & white print). The bibliography do not exceed 10 references.

5. *Summaries of Ph.D. thesis*: They will be published only when a copy of the thesis is provided to the Editor. Length: 5,000 to 6,000 characters.

6. Book reviews: They will be published only when a copy of the book is provided to the Editor. Length: 5,000 to 6,000 characters.

Submission of manuscripts

The manuscripts are to be submitted in French or English. Authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscripts checked by an English-speaking colleague prior to submission to *Cybium*.

Manuscripts must be sent by email to the Editorial team:

valerie.gaudant@upmc.fr

or sent by mail in triplicate to the Editor-in-Chief:

Dr. Jean-Yves SIRE

CYBIUM

Université Pierre et Marie Curie-Paris 6

CNRS UMR 7138 - Case 05 - Bât. A - 4e étage

7 quai Saint-Bernard - 75251 Paris cedex 05

Preparation of manuscripts

Manuscripts should be prepared with numbered pages, with double spacing throughout and 3 cm right and left margins. They should be organised in the following order:

Page 1:

- a. Title: Brief, clear and referring to the content of the article ; common name of species should be avoided.
- b. Name(s) of author(s) followed by (1) (2)... for the address.
- c. Short title limited to 6 words.
- d. Complete postal address(es) of affiliations preceded by (1) (2)... Indicate name and email of the author to which the proofs should to be sent.
- e. Number of characters (spaces included) of the article (including title, abstracts, references and legends).

Page 2:

- a. Abstract and title in English; should be clear, descriptive and no longer than 200 words.
- b. Abstract and title in French. For articles written in French, an extended English summary is required (2,000 to 2,500 characters). This summary will have to report the context and purposes of the study, material and main methods used, significant results and a short conclusion.
- c. Key words (6 items max.).

Next pages:

- a. Introduction: Should indicate the precise purposes of the study.
- b. Material studied, area descriptions, methods and techniques.
- c. Results.
- d. Discussion: Should be separated from the results.
- e. Acknowledgements and any additional information concerning research grants, etc.
- f. References.
- g. Footnotes: Use them only where they are absolutely necessary. Do not encode them. Number them in the text and place them at the end of the text, after the reference list.
- h. Figure and table legends: Should be provided on a separate sheet with French translation.

All species should be identified by their Latin name in italic, followed by their authors and date when first cited in the article.

The editorial team reserves the privilege of returning of the author for revision accepted manuscripts and illustrations, which are not prepared according to this guide.

References

All references quoted in the text must be found in the reference list at the end of the article. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.

In the text, do conform to the following examples: Lévêque (1983), (Lévêque, 1983a, 1983b, 1986), (Hopson and Hopson, 1965), (Daget, 1957; Blache et al., 1978). The references must follow a chronological order. When there is more than two authors, the name of the first author should be used followed by '*et al.*' in italic.

The references should be listed as follows:

a. *For periodicals:*

DAYTON P.K., MORDIDA B.J. & BACON F., 1994. - Polar marine communities. *Am. Zool.*, 34: 90-99.

b. *For book chapters and proceedings:*

DAYTON P.K., 1990. - Polar benthos. *In: Polar Oceanography, Part B: Chemistry, Biology, and Geology* (Smith W.O., ed.), pp. 631-685. San Diego: Academic Press.

c. *For books:*

NELSON J.S., 1994. - *Fishes of the World* (3rd ed.). 600 p. New York: John Wiley & Sons.

The titles of the periodicals must be abbreviated according to the international rules of abbreviations.

The publications 'in press' are accepted in the reference list but not the articles 'submitted for publication' or 'in preparation'; they should not be cited in the reference list but mentioned in the text as 'unpublished data'.

In the case of publications in non-Latin alphabets, the titles must be translated and a notation such as '(in Russian)' should be added.

Illustrations

In the text:

All tables and figures must be quoted in the text, and numbered according to their sequence: table I; (Tab. I); (Tabs I, II); figure 1; (Fig. 1) (Figs 1, 2). They should be provided each on a separate page of the manuscript (never be included in the text).

Tables:

Tables should be prepared with 'Excel' (xls) software. Authors should take notice of the limitations set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided.

Figures:

For drawings and photographs, a scale bar must be indicated on each figure. Indications of magnification (x 1000) are not accepted.

The original figures should be provided printed, of high quality and near to the desired size of the printed version. Three widths are allowed: 8.5, 12 and 17.5 cm; maximal height is 24.0 cm. Beware of the possible reductions during the final preparation of the figures. Label the figures using Times font for a final size of Times 9.

Each figure must also be provided on a hard support (floppy disk, Zip, CD) in one of the following formats (1 figure per file):

For the photos in colour, B&W, and drawings, 'save as' or convert the images to the following format: JPEG, PSD (Photoshop), EPS (Photoshop, Illustrator), scanned at least in 300 dpi (final format).

Caution! Do not send figures in GIF, BMP, PICT, WPG format; do not send files that are too low in resolution; do not send graphs that are disproportionately large for the content.

Free color plates:

Cybiuim's subscribers can publish color plates free of charges, after editors' agreement.

Copyright

1. An author, when considering reproducing an illustration or table from a book or journal article, should make sure that he is not infringing a copyright.

2. An author should obtain permission from the holder of the copyright if he wishes to make substantial extracts or to reproduce tables, plates or other illustrations. If the copyright-holder is not the author of the quoted or reproduced material, it is recommended that the permission of the author should be sought.

3. Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.

4. A suitable acknowledgement of any borrowed material must always be made.

Proofs

One set of proofs will be sent to the corresponding author indicated on the title page of the manuscript. Only typesetter's errors may be corrected. The editorial team will do its best to get your article corrected and published as quickly as possible.

Offprints

A pdf file will be supplied free of charge to the corresponding author.

Additional offprints can be ordered on an offprint order form, which is included with the proofs.