

VARIAÇÃO GEOGRÁFICA NA FORMA E NAS RELAÇÕES ALOMÉTRICAS DOS OTÓLITOS SAGITTA DA MARIA-LUIZA *Paralonchurus brasiliensis* (STEINDACHNER, 1875) (TELEOSTEI, SCIAENIDAE) NO LITORAL NORTE DO RIO DE JANEIRO (21° S - 23° S), BRASIL

Marcelle de Azevedo OLIVEIRA ¹; Ana Paula Madeira DI BENEDITTO ¹; Leandro Rabello MONTEIRO ²

RESUMO

O objetivo desse estudo foi analisar as diferenças de forma e relações alométricas dos otólitos *sagitta* de *Paralonchurus brasiliensis* para identificar variações geográficas na costa do Estado do Rio de Janeiro. Os espécimes foram coletados em três áreas contíguas com características ambientais singulares: Atafona, Farol de São Tomé e Rio das Ostras. A forma dos otólitos foi descrita a partir de coordenadas de pontos de referência ao longo do contorno e no sulco acústico. As variáveis de forma foram submetidas a uma regressão, dentro dos grupos, sobre o comprimento dos otólitos e seus resíduos foram utilizados em uma análise discriminante. Os grupos de indivíduos originados de áreas distintas apresentaram taxas de modificação alométrica diferenciadas. O padrão alométrico observado mostrou um crescimento positivo no eixo antero-posterior e um aumento relativo da área ocupada pelo óstio. A análise discriminante foi altamente significativa e eficaz na identificação da diferenciação geográfica. As diferenças morfológicas observadas foram relacionadas a diferenças ambientais entre os locais amostrados, principalmente aquelas associadas aos padrões de crescimento e grau de nutrição. A combinação de análises de forma e alometria do otólito mostrou-se eficaz para a identificação de variação geográfica do *P. brasiliensis* no litoral Norte do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Variação geográfica; morfometria; otólito; *Paralonchurus brasiliensis*

GEOGRAPHIC VARIATION OF SHAPE AND ALLOMETRIC RELATIONSHIP IN SAGITTA OTOLITHS OF MARIA-LUIZA *Paralonchurus brasiliensis* (STEINDACHNER, 1875) (TELEOSTEI, SCIAENIDAE) FROM NORTH OF RIO DE JANEIRO COAST (21° S - 23° S), BRAZIL

ABSTRACT

The goal of this study was to analyze the shape differences and the allometric relationships in *sagitta* otoliths of *Paralonchurus brasiliensis* in order to assess the geographic variation among fish groups along the coast of Rio de Janeiro State. The specimens were collected in three contiguous areas with singular environmental characteristics: Atafona, Farol de São Tomé e Rio das Ostras. The otolith shape was measured by coordinates of reference points in the contour and the acoustic sulcus. A within-group regression of shape variables on otolith length was used for the study of allometry (shape variation caused by size changes) and the residuals were used in a discriminant analysis. The fish groups presented different allometric coefficients. The allometric pattern observed was associated with a positive growth along the anteroposterior axis and a relative increase in the ostium area. The discriminant analysis was significant and efficient in the identification of individual geographic origin. The morphological differences observed were related to environmental differences among sampled sites, particularly those associated with growth patterns and nutritional status. The combination of shape analyses and allometry of *sagitta* otoliths is useful for the identification of *P. brasiliensis* from Rio de Janeiro coast.

Key-words: Geographic Variation; Morphometrics; Otoliths; *Paralonchurus brasiliensis*

Artigo Científico: Recebido em: 03/02/2009 - Aprovado em: 16/11/2009

¹ Laboratório de Ciências Ambientais, Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense. Av. Alberto Lamego 2000 - CEP: 28013-600 - Campos dos Goytacazes - RJ - Brasil

² Department of Biological Sciences, The University of Hull. Cottingham Road - HU6 7RX - Hul - UK

INTRODUÇÃO

Otólitos são concreções de carbonato de cálcio localizadas no ouvido interno dos peixes, contribuindo para a percepção de sons e para o equilíbrio corporal. Estas estruturas crescem a partir da deposição de camadas concêntricas de carbonato de cálcio durante o desenvolvimento somático dos peixes e ocorrem em três pares assim denominados: *lapillus*, *sagitta* e *asteriscus* (BIZERRIL e COSTA, 2001).

Os otólitos *sagitta* são amplamente utilizados para discriminação de peixes provenientes de diferentes áreas (estoques pesqueiros) (CARDINALE *et al.*, 2004; TRACEY *et al.*, 2006; GONZALEZ-SALAS e LENFANT, 2007). A forma dos otólitos vem sendo utilizada com relativo sucesso para este propósito, assim como uma combinação de outras informações biológicas (CADRIN, 2000; MONTEIRO *et al.*, 2005; TUSET *et al.*, 2006; GONZALEZ-SALAS e LENFANT, 2007).

Apesar da forma dos otólitos *sagitta* ser considerada espécie-específica, há controvérsias sobre a contribuição relativa do desenvolvimento ontogenético e dos fatores genéticos e ambientais para a diferenciação de forma destas estruturas entre indivíduos da mesma espécie (GAEMERS, 1984). O tamanho e a forma dos otólitos *sagitta* podem ser influenciados pelo ambiente onde vivem os animais, principalmente em relação a fatores como a profundidade, tipo de substrato (AGUIRRE e LOMBARTE, 1999; TORRES *et al.*, 2000; VOLPEDO e ECHEVERRIA, 2003), temperatura da água e dieta (LOMBARTE *et al.*, 2003; CARDINALE *et al.*, 2004), sendo este último relacionado à condição fisiológica do organismo, que pode ser determinada através do fator de condição (VAZZOLER, 1996).

A maioria dos estudos sobre a forma dos otólitos analisa relações alométricas do sulco acústico (a razão área do sulco/área do otólito) ou a forma de contornos através de pontos sem correspondência biológica, no otólito ou no sulco acústico (TORRES *et al.*, 2000; DEVRIES *et al.*, 2002; CARDINALE *et al.*, 2004). Novas técnicas de morfometria geométrica envolvendo a combinação de dados provenientes de contornos e pontos com correspondência biológica (marcos anatômicos) (BOOKSTEIN, 1997) têm sido

aplicadas com sucesso a questões envolvendo a forma destas estruturas calcárias em peixes marinhos (MONTEIRO *et al.*, 2004; 2005; TRACEY *et al.*, 2006).

Paralichthys brasiliensis (Steindachner, 1875) é uma espécie de peixe da família Sciaenidae, popularmente conhecido como Maria-Luiza, encontrado em profundidades inferiores a 100 metros sobre fundos de constituição arenosa, lamosa ou areno-lodosa, em áreas costeiras ou estuarinas, por toda a costa Atlântica da América do Sul (MENEZES e FIGUEIREDO, 1980). A dieta destes peixes consiste, principalmente, de poliquetas e outros organismos bentônicos (AMARAL e MIGOTTO, 1980; BRANCO *et al.*, 2005; ROBERT *et al.*, 2007). Segundo MENEZES e FIGUEIREDO (1980), os representantes dessa espécie podem atingir cerca de 30 cm de comprimento total. Vários estudos indicam que o *P. brasiliensis* atinge o tamanho da primeira maturação gonadal entre 14,5 e 17,5 cm (CUNNINGHAM e DINIZ FILHO, 1995; BRANCO *et al.*, 2005; LEWIS e FONTOURA, 2005; ROBERT *et al.*, 2007). Apesar de não apresentar valor comercial significativo, devido à abundância de *P. brasiliensis* na ictiofauna acompanhante da pesca de arrasto do camarão sete-barbas, o conhecimento da sua biologia torna-se importante devido a sua participação nesta pescaria e em diferentes cadeias tróficas dos ecossistemas marinhos (PAIVA-FILHO e SCHIMIGELOW, 1986).

Os ceniédeos possuem otólitos de grande tamanho relativo (LUCZKOVICH *et al.*, 1999), apresentam diferenças interespecíficas na forma dessa estrutura (MONTEIRO *et al.*, 2005) e utilizam comunicação sonora intraspecífica (LUCZKOVICH *et al.*, 1999), sendo considerados modelos apropriados para estudos sobre variação de forma e função nos otólitos (RAMCHARITAR *et al.*, 2001; CRUZ e LOMBARTE, 2004).

O objetivo desse trabalho foi analisar as diferenças de forma e relações alométricas nos otólitos *sagitta* de *P. brasiliensis* na costa do Estado do Rio de Janeiro, aumentando o conhecimento sobre a aplicação de técnicas morfométricas em estudos sobre a estrutura populacional de exemplares da ictiofauna na costa brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Os espécimes foram coletados a partir do descarte (capturas acidentais) da pescaria de camarão (em pesca regular ou em coletas especialmente realizadas para a captura dos peixes) em redes de arrasto durante os anos de 1998 (entre Atafona - 21°37' S; 41°03' W - e Cabo de São Tomé - 22°05' S; 41°00' W - [Área I]), 2004 (entre o Cabo de São Tomé e Macaé - 22°22' S; 41°46' W - [Área II]) e 2007 (em Rio das Ostras - 22°31' S; 41°56' W [Área III]) (Figura 1). Na área I, as amostras foram coletadas na isóbata de 15 m; na Área II, os espécimes foram coletados na

profundidade de 20 m; e na Área III, os indivíduos foram amostrados a uma profundidade de 30 m. Otólitos de 227 indivíduos de *P. brasiliensis* foram extraídos (103 de Atafona, 89 do Farol de São Tomé, e 35 de Rio das Ostras) e fotografados utilizando-se uma câmera digital acoplada a um microscópio estereoscópico (aumento de 2x). Os otólitos encontram-se em uma coleção de referência para identificação de itens alimentares em estudos sobre a dieta de predadores, no Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense.

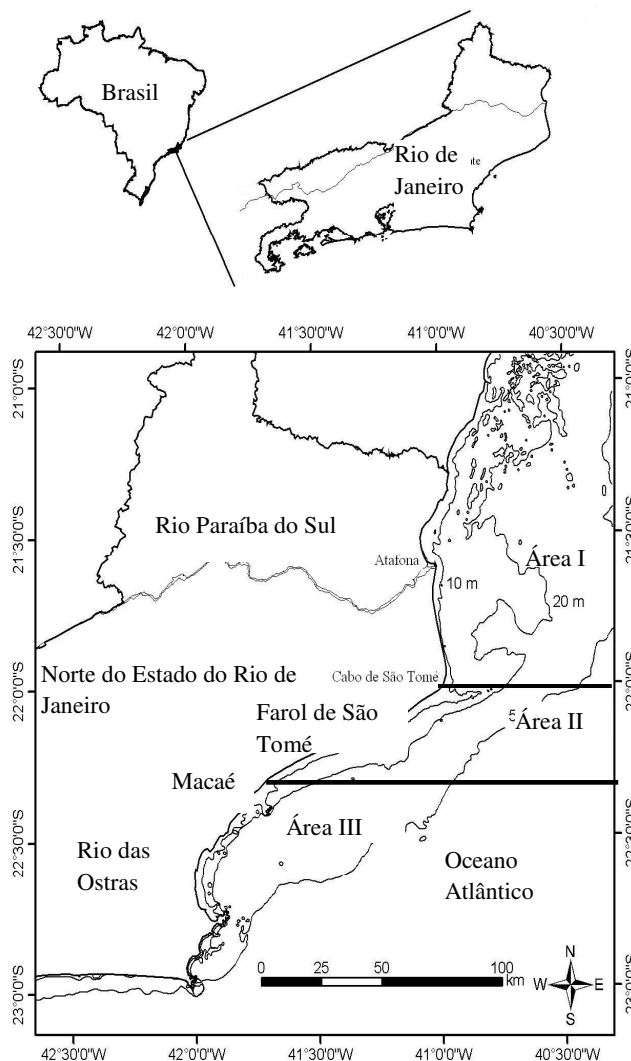


Figura 1. Área de estudo onde foi realizada as coletas dos peixes estudados

As imagens dos otólitos foram binarizadas, para extração dos contornos, utilizando o programa ImageJ (RASBAND, 2002). Cinquenta pontos sem

correspondência biológica (*semilandmarks*) foram calculados em intervalos regulares ao longo do contorno do otólito. Posteriormente, quatro marcoss

anatômicos foram digitalizados, com o auxílio do programa TPS Dig (ROHLF, 2006), correspondendo a pontos de referência no sulco acústico (Figura 2). As coordenadas cartesianas dos 54 pontos foram importadas para o programa TPSRelw (ROHLF, 2007), permitindo o deslizamento dos *semilandmarks* e superposição dos pontos de referência. O relaxamento do algoritmo *thin plate splines* (BOOKSTEIN, 1997), através do processo de deslizamento dos pontos ao longo do contorno, resolveu o problema da falta de correspondência biológica entre os pontos ao longo do contorno, criando uma correspondência matemática entre os

semilandmarks. Paralelamente, foi realizada a remoção dos parâmetros indesejáveis das coordenadas para as análises estatísticas de forma (tamanho, posição e orientação), através da sobreposição dos quadrados mínimos (Sobreposição de Procrustes) de cada configuração individual sobre a forma média geral dos otólitos (MONTEIRO e REIS, 1999). As coordenadas alinhadas foram utilizadas como variáveis de forma e importadas para o MorphoJ (KLINGENBERG, 2008), onde foram realizadas as regressões multivariadas e as análises discriminantes.

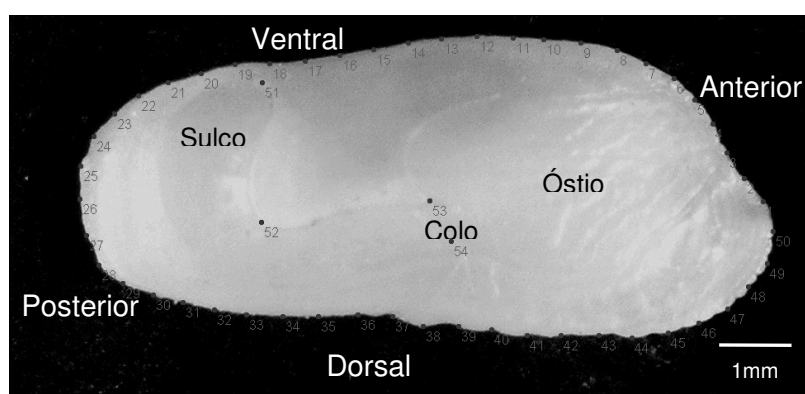


Figura 2. Otólito direito de *P. brasiliensis* mostrando os pontos de referência (*landmarks*) e pontos ao longo do contorno (*semilandmarks*) utilizados

A variação de forma alométrica (causada por diferenças de tamanho) foi testada por uma regressão multivariada das coordenadas alinhadas no comprimento dos otólitos (MONTEIRO, 1999; MONTEIRO *et al.*, 2005; DRAKE e KLINGENBERG, 2008). A significância estatística do modelo de regressão multivariada foi testada a partir de 10.000 permutações aleatórias do conjunto de dados original, utilizando o teste *F* de Goodall como estatística de interesse (MONTEIRO, 1999). Diferenças nos coeficientes alométricos (regressões entre forma e tamanho) entre os grupos de indivíduos, oriundos das áreas amostradas foram testadas, pois foram consideradas fortes evidências na identificação de uma possível variação geográfica. A comparação de trajetórias alométricas foi realizada por uma análise de covariância entre os escores de regressão e o comprimento dos otólitos, separando-as de acordo com o local de origem (MONTEIRO, 1999; MONTEIRO *et al.*, 2005).

As diferenças no comprimento médio dos otólitos dos peixes provenientes de cada área foram testadas por uma análise de variância (ANOVA). A regressão multivariada da forma sobre o comprimento dos otólitos (regressão combinada dentro dos grupos) foi utilizada para a remoção do efeito da alometria dentro dos grupos (KLINGENBERG, 2008) sobre o resultado da diferenciação geográfica. Os resíduos da regressão foram utilizados como variáveis na análise discriminante, para a classificação dos espécimes oriundos de diferentes áreas. A visualização das diferenças de forma entre grupos foi realizada através da regressão multivariada das variáveis de forma sobre os escores discriminantes (MONTEIRO, 1999). A confiabilidade da identificação dos indivíduos a partir da função discriminante foi testada a partir de uma validação cruzada (*cross validation*), onde a análise é repetida *n* vezes (*n* = tamanho da amostra) e cada indivíduo a ser classificado é deixado de fora da amostra utilizada para o cálculo da função discriminante.

Com o objetivo de descrever as amostras, os exemplares de *P. brasiliensis* foram distribuídos em 10 classes de comprimento padrão (intervalo de 1,9 cm), por local de coleta.

Com o intuito de verificar a influência da condição nutricional dos indivíduos na forma dos otólitos, foi realizada a comparação dos fatores de condição dos peixes entre as distintas áreas. O fator de condição (K) foi calculado através da seguinte fórmula: $K = Cp/P^b \times 100$, onde P é o peso em gramas, Cp é o comprimento padrão, e b é o coeficiente alométrico da relação comprimento-peso ($P=aCp^b$) (VAZZOLER, 1996). Esta relação foi obtida através da regressão entre a variável dependente (peso) e a variável independente (comprimento), sendo a curva de potência linearizada através dos logaritmos naturais dos dados, obtendo-se pelo método dos mínimos quadrados os valores da constante de regressão (a) e do coeficiente de regressão (b) (VAZZOLER, 1996).

RESULTADOS

Os indivíduos coletados no Farol apresentaram os menores comprimentos médios (9,2 cm), quando comparados com os organismos amostrados em Atafona e Rio das Ostras (15,1 e 15,7 cm, respectivamente). As classes de comprimento padrão entre 6,0 e 9,99 cm, dos espécimes oriundos do Farol, obtiveram o maior número de representantes (totalizando 60 indivíduos) (Figura 3). Entretanto, para os indivíduos de Atafona e Rio das Ostras, a maioria dos organismos foi distribuída na classe 16,00 - 17,99 (33 e 12 indivíduos, respectivamente). A classe 14,0 - 15,99 também obteve representatividade significativa entre os espécimes provenientes de Atafona (31 indivíduos). O valor médio do fator de condição das amostras obtidas no Farol (1,14) foi significativamente menor ($p < 0,0001$) em relação aos demais locais de coleta, tendo Atafona e Rio das Ostras apresentado os valores médios de 1,32 e 1,33, respectivamente (Figura 4).

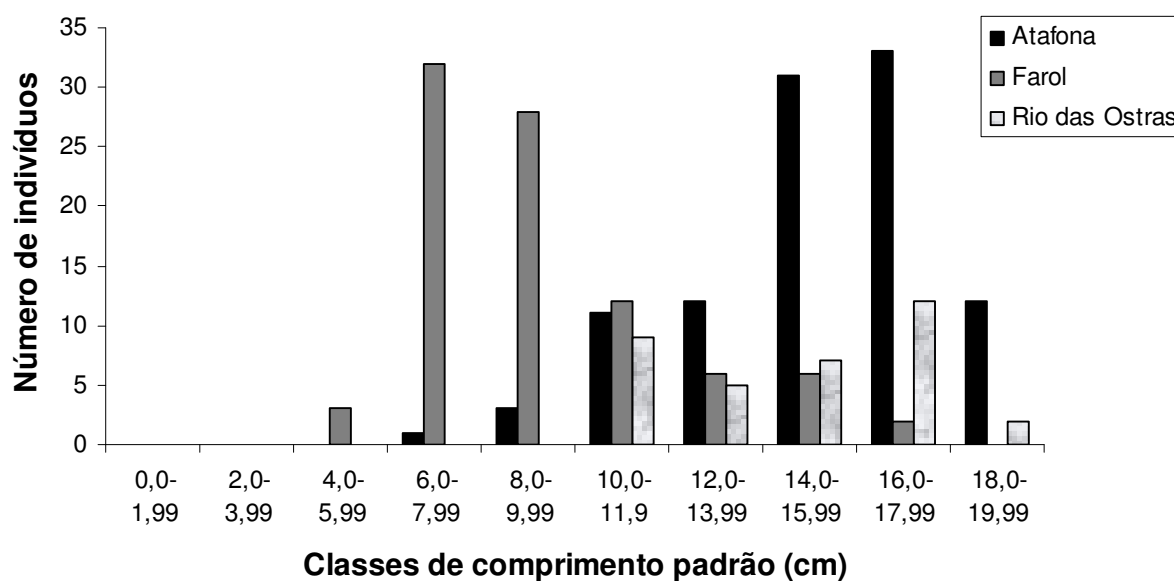


Figura 3. Distribuição de frequência absoluta por classes de comprimento padrão dos indivíduos (intervalos de 1,9), nas áreas amostradas

Os comprimentos médios dos otólitos das amostras obtidas no Farol (5,3 mm) foram significativamente menores ($p < 0,0001$) em

relação aos otólitos dos indivíduos coletados em Atafona (8,6 mm) e Rio das Ostras (8,3 mm) (Figura 5).

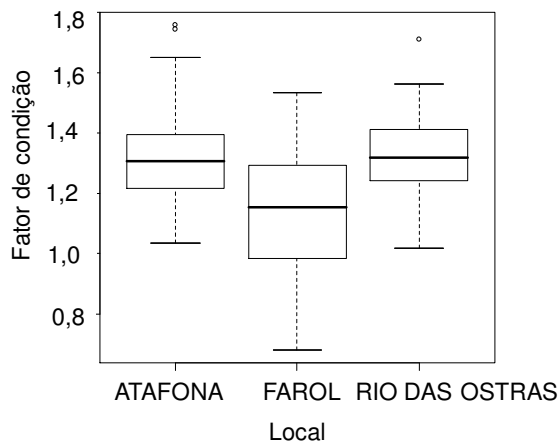


Figura 4. Diagrama *boxplot* para o fator de condição (K) para *P. brasiliensis*

Os indivíduos de *P. brasiliensis* apresentaram uma associação altamente significativa entre forma e comprimento dos otólitos ($p < 0,0001$), em todos os locais de coleta. Os coeficientes de regressão (trajetórias alométricas) também apresentaram diferenças significativas entre as áreas amostradas ($p < 0,0001$). A amostra do Farol apresentou o maior coeficiente alométrico (0,03) quando comparado com os demais locais de coleta (0,01 para Atafona e Rio das Ostras),

evidenciando um desenvolvimento mais acelerado nessa área. A variação de forma associada ao comprimento mostra um crescimento alométrico positivo no eixo antero-posterior (eixo horizontal), fazendo com que os otólitos tornem-se relativamente mais estreitos, à medida em que o tamanho do otólito aumenta (Figura 6). Outra alteração pode ser observada na região anterior do otólito, através do crescimento alométrico positivo do sulco (mais especificamente do óstio).

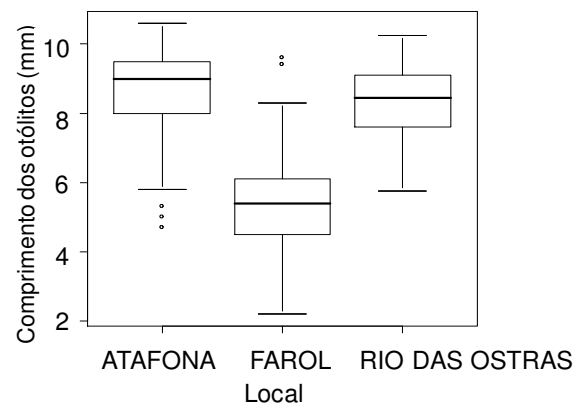


Figura 5. Diagrama *box-plot* para o tamanho dos otólitos das três populações de *P. brasiliensis*

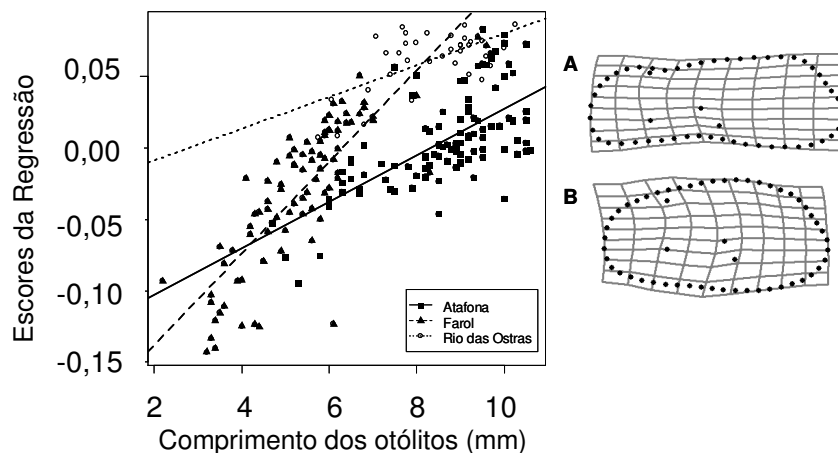


Figura 6. Diagrama de dispersão mostrando as trajetórias alométricas dos otólitos dos indivíduos de *P. brasiliensis*. **A)** Forma associadas ao sentido positivo da regressão; **B)** Forma associadas ao sentido negativo da regressão

A análise discriminante foi altamente significativa ($p < 0,0001$), classificando os indivíduos em relação ao local de origem. Os resultados da validação cruzada mostram uma confiabilidade de identificação de 99.3% para os

indivíduos provenientes de Atafona, e de 100% para as demais áreas, utilizando as variáveis de forma corrigidas para alometria dentro dos grupos. A variável canônica 1 representou o eixo de maior variação de forma (aproximadamente

60%) entre as amostras na análise discriminante. A variação de forma associada aos escores discriminantes mostrou que os indivíduos oriundos do Farol possuem o otólito mais arredondado em relação aos espécimes de outras localidades (Figura 7). Os otólitos de *P. brasiliensis* da amostra de Atafona e Rio das

Ostras possuem os dois marcos da região do colo (junção entre o sulco e o óstio) localizados próximos da região posterior e a curvatura do sulco posicionada adjacente à região dorsal, caracterizando um crescimento relativamente maior na área do óstio nesses grupos de indivíduos originados desses locais.

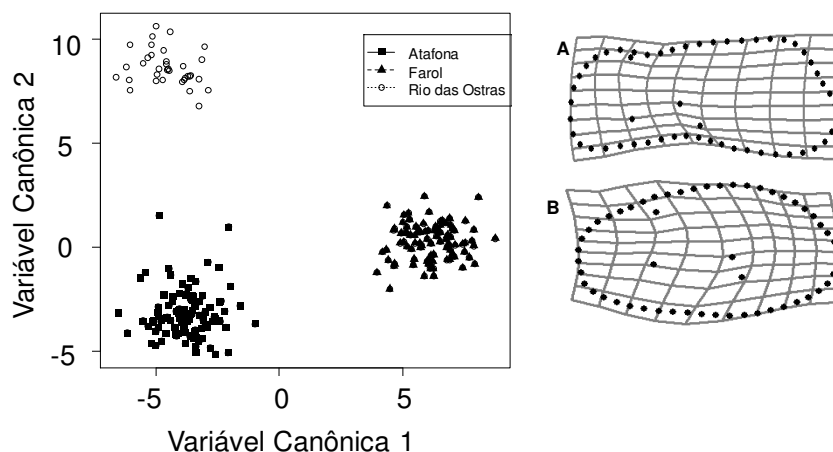


Figura 7. Diagrama de dispersão com dois eixos canônicos mostrando a distribuição das três populações de *P. brasiliensis* no eixo discriminante. Visualização da forma associadas aos escores negativos (A) e aos escores positivos (B) da variável canônica 1

DISCUSSÃO

P. brasiliensis é uma das espécies mais representativas da ictiofauna acompanhante da pesca artesanal do camarão (BRANCO *et al.*, 2005; ROBERT *et al.*, 2007). Apesar de não existir um esforço de pesca dirigido para essa espécie de peixe, a captura intensiva do camarão na região costeira pode impactar indiretamente na dinâmica populacional do *P. brasiliensis* (BRAGA, 1990). Segundo ROBERT *et al.* (2007), o período de defeso do camarão, fixado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), valoriza somente os atributos do recurso-alvo – os camarões – não considerando o ciclo de vida dos peixes acompanhantes. Por esse motivo, estudos que abordem a estrutura populacional dessas espécies de peixes podem fornecer subsídios importantes para o gerenciamento pesqueiro e estudos ecológicos associados.

A aplicação das análises de morfometria geométrica ressaltou diferenças de forma relevantes para a identificação de variações geográficas. Desta forma, os métodos utilizados nesse trabalho para a diferenciação de forma dos

otólitos foram considerados satisfatórios para o propósito de identificação de diferenças geográficas, sendo, portanto uma relevante ferramenta para o manejo pesqueiro (BEGG e WALDMAN 1999).

Foi constatada a influência do crescimento nas diferenças de forma nos organismos *P. brasiliensis* originados de diferentes áreas. O padrão alométrico observado corresponde a um crescimento positivo no eixo antero-posterior (eixo horizontal) e um aumento relativo da área ocupada pelo óstio. MONTEIRO *et al.* (2005) encontraram padrões semelhantes para outras espécies de sciaenídeos. Segundo LOMBARTE e FORTUNO (1992) e TORRES *et al.* (2000), o aumento relativo do óstio pode estar relacionado a uma necessidade de compensação sensorial dos adultos que vivem em águas mais profundas quando comparados com os juvenis. GAULDIE e NELSON (1990) descrevem que o contato físico do crânio com a base do otólito restringe o crescimento da margem ventral deste último, sem, no entanto, limitar o crescimento do sulco acústico. As diferenças na deposição de material

podem estar por trás do crescimento alométrico positivo do eixo antero-posterior.

Os otólitos oriundos do Farol de São Tomé apresentaram maiores coeficientes alométricos, sugerindo um desenvolvimento mais rápido nestes indivíduos. Segundo HENDRY (2001), a aceleração no desenvolvimento somático pode ser resultado da abundância de predadores ou disponibilidade de alimentos, ocasionando um adiantamento da maturação sexual. Esta diferença nos coeficientes alométricos faz com que os indivíduos dentro da mesma classe de tamanho, apresentem formas diferentes. A variação alométrica observada parece não corresponder a uma alometria ontogenética, mas sim a um padrão de alometria estática, ou seja, causada por diferenças de tamanho entre indivíduos do mesmo grupo etário.

Alguns autores citam as alterações ambientais como causa para distinção morfológica entre diferentes estoques ou populações (FERMON e CIBERT, 1998; MONTEIRO *et al.*, 2003, SVANBÄCK e EKLÖV, 2004). A interferência do ambiente no desenvolvimento morfológico pode induzir fenótipos diferentes para um mesmo genótipo, fenômeno conhecido como plasticidade fenotípica (PERES-NETO e MAGNAN, 2004). As diferenças observadas nas alometrias dentro dos grupos de *P. brasiliensis* sugerem que a divergência entre os locais amostrados pode ter sido influenciada por fatores ambientais. No entanto, estudos genéticos seriam necessários para confirmar a homogeneidade do *pool* gênico nas diferentes áreas.

Analisando as características geográficas costeiras para as áreas estudadas, nota-se uma distinção marcante entre Atafona e Rio das Ostras quando comparados à região do Cabo de São Tomé. Este último é caracterizado por um prolongamento da isóbata de 10 m ao longo da costa, causando uma hidrodinâmica peculiar no local, que pode impedir ou dificultar o movimento de indivíduos ao sul deste ponto. Este fato foi descrito por DI BENEDITTO (2003) para pequenos cetáceos, sendo corroborado por SOUZA (2000), que descreve que a Corrente do Brasil avança no sentido norte-sul, próxima a costa brasileira até o Cabo de São Tomé, afastando-se, a partir deste ponto, em direção ao

talude continental, estendendo-se por volta de 100 Km distante da costa. Por sua vez, as regiões de Atafona e Rio das Ostras são caracterizadas pela influência marcante dos rios Paraíba do Sul (norte do Estado do Rio de Janeiro), das Ostras e São João (centro-norte do Estado do Rio de Janeiro), todos contribuindo com o aporte de nutrientes, oriundos de suas bacias de drenagem, com diferentes graus de influência antrópica. Esta conjunção de fatores pode gerar uma influência modificadora do ambiente, capaz de induzir alterações no desenvolvimento dos indivíduos e, conseqüentemente, na forma e no tamanho dos otólitos. Estas suposições foram descritas por LOMBARTE (1992), TORRES *et al.* (2000) e LOMBARTE e CRUZ (2007), os quais sugerem que a forma e o tamanho do otólito covariam com a profundidade média habitada pelos peixes, devido à uma seleção para a acuidade ou para manter a audição específica a determinadas frequências. Esta seleção poderia ser motivada nos sciaenídeos, tanto para a detecção de predadores (POPPER e LU, 2000), quanto para o reconhecimento de conspecíficos para acasalamento (RAMCHARITAR *et al.*, 2006).

Considerando os resultados até aqui discutidos, quanto à trajetória alométrica e às análises discriminantes, pode-se inferir que os padrões de divergência evidenciam a singularidade das amostras coletadas no Farol. Este padrão pode estar associado às características ambientais do Cabo de São Tomé, marcado principalmente pelas características do relevo da plataforma continental em sua porção litorânea e pelas condições de correntes marítimas costeiras, que podem governar inclusive a dinâmica de nutrientes nesta zona, e conseqüentemente, a disponibilidade de alimento para as espécies da ictiofauna nerítica.

Para verificar esta hipótese, foi analisado o fator de condição dos peixes em todas as áreas de estudo. Por definição, o fator de condição é um parâmetro baseado na relação entre o peso e o comprimento corporal de uma dada espécie e que determina o grau de bem estar do peixe, permitindo comparar populações que estão submetidas a diferentes condições ambientais, como clima, temperatura, alimentação, entre outros (ROCHA *et al.* 2005). Os resultados analisados evidenciaram diferenças significativas

entre os locais de coleta, onde os indivíduos provenientes do Farol apresentaram menor fator de condição médio, sugerindo um déficit nutricional para os espécimes coletados neste local, ou algum outro fator condicionador para os padrões encontrados. Resultados semelhantes foram descritos por GAULDIE e NELSON (1990) que atribuíram as diferenças nas formas dos otólitos de estoques distintos às diferenças regionais nas atividades metabólicas dos peixes que, conseqüentemente, alteram o padrão de crescimento e a forma dos otólitos (alometria dos otólitos).

Tendo em vista os resultados descritos, e com base nas condições geográficas e ambientais que caracterizam os diferentes locais estudados, o Cabo de São Tomé parece funcionar como uma barreira geográfica para o isolamento dos espécimes ao sul, em direção a Rio das Ostras, e ao norte, no sentido de Atafona, exacerbando, ainda mais, as divergências entre os grupos de indivíduos oriundos de áreas distintas.

CONCLUSÃO

As técnicas de morfometria geométrica utilizadas nesse trabalho, para a diferenciação geográfica através da variação de forma dos otólitos, mostraram-se eficazes para esse propósito.

A estrutura de variação de forma e relações alométricas dos otólitos do *P. brasiliensis* sugerem a existência de uma barreira geográfica na região do Cabo de São Tomé, que pode dificultar o fluxo gênico na região. Para a confirmação desta hipótese, sugere-se que novos estudos sejam realizados nas áreas amostradas, com coletas simultâneas e sazonais, aumentando-se, inclusive, o número de indivíduos por área. Da mesma forma, estudos complementares incluindo a utilização de técnicas de captura-marcação-recaptura, o uso de marcadores moleculares para a identificação dos padrões genéticos dos diferentes grupos e a determinação do modelo de desenvolvimento ontogenético, incluindo estudos de determinação da idade dos indivíduos, podem ser conduzidos no futuro, com o objetivo de investigar, de forma mais criteriosa, a influência dos fatores ambientais e genéticos responsáveis pela estrutura populacional das espécies exploradas.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, H. e LOMBARTE, A. 1999 Ecomorphological comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. *Journal of Fish Biology*, London, 55: 105-114.
- AMARAL, A.C.Z. e MIGOTO, A.E. 1980 Importância dos anelídeos poliquetas na alimentação da macrofauna demersal e epibentônica da região de Ubatuba. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, 29(2): 31-35.
- BEGG, G.A. e WALDMAN, J.R. 1999 An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research*, London, 43: 35-44.
- BIZERRIL, C.R.F.S. e COSTA, P.A.S. 2001 *Peixes marinhos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: SEMADS, 234 p.
- BOOKSTEIN, F.L. 1997 Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis*, Oxford, 1: 225-243.
- BRAGA, F. M. S. 1990 Estudo da mortalidade de *Paralonchurus brasiliensis* (Teleostei, Sciaenidae), em área de pesca do camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*). *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 17: 27-35.
- BRANCO, J.O.; LUNARDON-BRANCO, M.J.; VERANI, J.R. 2005 Aspectos biológicos e pesqueiros de *Paralonchurus brasiliensis* Steindachner, (Pisces, Sciaenidae), Armação do Itapocory, Penha, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 22(4): 1063-1071.
- CADRIN, S.X. 2000 Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, London, 10: 91-112
- CARDINALE, M.; DOERING-ARJES, P.; KASTOWSKY, M.; MOSEGAARD, H. 2004 Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, Ottawa, 61: 158-167.
- CRUZ, A. e LOMBARTE, A. 2004 Otolith size and their relationship with colour pattern and sound production. *Journal of Fish Biology*, London, 65: 1512-1525.

- CUNNINGHAM, P.T.M. e DINIZ-FILHO, A.M. 1995 Aspectos da biologia de *Paralonchurus brasiliensis*, Sciaenidae no litoral norte de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, 11:203-210.
- DEVRIES, D.A.; GRIMES, C.B.; PRAGER, M.H. 2002 Using otolith shape analysis to distinguish eastern Gulf of Mexico and Atlantic Ocean stocks of king mackerel. *Fisheries Research*, London, 57: 51-62.
- DI BENEDITTO, A.P.M. 2003 Interactions between gillnet fisheries and small cetaceans in Northern Rio de Janeiro, Brazil: 2001-2002. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, Rio de Janeiro, 2 (2): 79-86.
- DRAKE, A.G. e KLINGENBERG, C.P. 2008 The pace of morphological change: historical transformation of skull shape in St. Bernard dogs. *Proceedings of the Royal Society B*, London, 275: 71-76.
- FERMON, Y. e CIBERT, C. 1998 Ecomorphological individual variation in a population of *Haplochromis nyererei* from the Tanzanian part of Lake Victoria. *Journal of Fish Biology*, London, 53: 66-83.
- GAEMERS, P.A.M. 1984 Taxonomic position of Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Netherlands Journal of Zoology*, Leiden, 34: 566-595.
- GAULDIE, R.W. e NELSON, D.G.A. 1990 Otolith growth in fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Oxford, 97A: 119-135.
- GONZALEZ-SALAS, C. e LENFANT, P. 2007 Interannual variability and intraannual stability of the otolith shape in European anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Bay of Biscay. *Journal of Fish Biology*, London, 70: 35-49.
- HENDRY, A.P. 2001. Adaptive divergence and the evolution of reproductive isolation in the wild: an empirical demonstration using introduced sockeye salmon. *Genetica*, Dordrecht, 112: 515-534.
- KLINGENBERG, C.P. 2008 MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. Version (2008). Disponível em: http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm Acesso em: 12 ago. 2008.
- LEWIS, D.S. e FONTOURA, N.F. 2005 Maturity and growth of *Paralonchurus brasiliensis* females in southern Brazil (Teleostei, Perciformes, Sciaenidae). *Journal of Applied Ichthyology*, Berlin, 21:94-100.
- LOMBARTE, A. 1992 Changes in otolith area - sensory area ratio with body size and depth. *Environmental Biology of Fishes*, Holanda, 33: 405-410.
- LOMBARTE, A. e CRUZ, A. 2007 Otolith size trends in marine fish communities from different depth strata. *Journal of Fish Biology*, London, 71: 53-76.
- LOMBARTE, A. e FORTUNO, J.M. 1992 Differences in Morphological Features of the Sacculus of the Inner-Ear of two Hakes (*Merluccius capensis* and *M. paradoxus*, Gadiformes) Inhabits from Different Depth of Sea. *Journal of Morphology*, Planegg, 214: 97-107.
- LOMBARTE, A.; TORRES, G. J.; MORALES-NIN, B. 2003 Specific *Merluccius* otolith growth patterns related to phylogenetic and environmental factors. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, Plymouth, 83: 277-281.
- LUCZKOVICH, J.J.; SPRAGUE, M.W.; JOHNSON, S.E.; PULLINGER, R.C. 1999 Delimiting spawning areas of weakfish *Cynoscion regalis* (family Sciaenidae) in Pamlico Sound, North Carolina using passive hydroacoustic surveys. *Bioacoustics*, Bicester, 10: 143-160.
- MENEZES, N.A. e FIGUEIREDO, L.L. 1980 *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*. São Paulo: Museu de Zoologia de São Paulo. 96p.
- MONTEIRO, L.R. 1999 Multivariate regression models and geometric morphometrics: the search for causal factors in the analysis of shape. *Systems Biology*, Oxford, 48: 192-199.
- MONTEIRO, L.R.; DI BENEDITTO, A.P.M.; GUILHERMO, L.H.; RIVERA, L.A. 2005 Allometric changes and shape differentiation of sagitta otolithis in sciaenid fishes. *Fisheries Research*, London, 74: 288-299.

- MONTEIRO, L.M.; DUARTE L.C.; REIS, S.F. 2003 Environmental correlates of geographical variation in skull and mandible shape of the punaré rat *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae). *Journal of Zoology*, London, 261: 47-57.
- MONTEIRO, L.R.; GUILHERMO, L.H.; RIVERA L.A.; DI BENEDITTO, A.P.M. 2004 Geometric methods combining contour and landmark information in the statistical analysis of biological shape. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL AND COMPUTATIONAL BIOLOGY, 3., Rio de Janeiro *Proceedings...* p. 336-355.
- MONTEIRO, L.R. e REIS, S.F. 1999 *Princípios de morfometria geométrica*. Ribeirão Preto: Editora Holos, 198p.
- PAIVA-FILHO, A.M. e SCHMIEGELOW, J.M.M. 1986 Estudo sobre a ictiofauna acompanhante da pesca do camarão ste-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) nas proximidades da Baía de Santos, SP. 1. Aspectos quantitativos. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo*, 34: 78-85.
- PERES-NETO, P.R. e MAGNAN, P. 2004 The influencing in swimming demand on phenotypic plasticity and morphological integration: a comparison of two polymorphic charr species. *Oecologia*, Heidelberg, 140: 36-45.
- POPPER, A.N. e LU, Z. 2000 Structure-function relationships in fish otolith organs. *Fisheries Research*, London, 46: 15-25.
- RAMCHARITAR, J.; GANNON, D.P.; POPPER, A.N. 2006 Bioacoustics of fishes of the family sciaenidae (croakers and drums). *Transactions of the American Fisheries Society*, Bethesda, 135: 1409-1431.
- RAMCHARITAR, J.; HIGGS, D. M.; POPPER, A. N. 2001 Sciaenid inner ears: a study in diversity. *Brain Behavior and Evolution*, Basel, 58: 152-162.
- RASBAND, W. 2002 NIH ImageJ. Research Service Branch, National Institute of Mental Health, National Institute of Health, Bethesda. MD. Disponível em: <http://rsb.info.nih.gov/ij/docs/intro.html> Acesso em: 13 Ago. 2008.
- ROBERT, C.M.; MICHELS-SOUZA, M.A.; CHAVES, P.T. 2007 Biologia de *Paralonchurus brasiliensis* (Steindachner) (Teleostei, Sciaenidae) no litoral sul do Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 24(1):191-198.
- ROCHA, M.A.; RIBEIRO, E.L.A.; MIZUBUTI, I.Y.; SILVA, L.D.F.; BOROSKY, J.C.; RUBIN, K.C.P. 2005 Use of the allometric and the Fulton condition factors to compare the carp (*Cyprinus carpio*) considering sexes and ages. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 26: 429-434.
- ROHLF, F. 2006 TPSDig. Versão 1.17. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- ROHLF, F. TPSRelw. 2007 Versão 1.45. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- SOUZA, M.C.A. 2000 *A corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas*. 178 p. (Dissertação de mestrado em Ciências, área de Oceanografia Física - Universidade de São Paulo. São Paulo).
- SVANBÄCK, R. e EKLÖV, P. 2004 Morphology in perch affects habitat specific feeding efficiency. *Functional Ecology*, Oxford, 18: 503-510.
- TORRES, G.J.; LOMBARTE, A.; MORALES-NIN, B. 2000 Variability of the sulcus acusticus in the sagittal otolith of the genus *Merluccius* (Merlucciidae). *Fisheries Research*, London, 46: 5-13.
- TRACEY, S.R.; LYLE, J.M.; DUHAMEL, G. 2006 Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification. *Fisheries Research*, London, 77:138-147.
- TUSET, V.M.; ROSIN, P.L.; LOMBARTE, A. 2006 Sagittal otolith shape used in the identification of fishes of the genus *Serranus*. *Fisheries Research*, London, 8: 316-325.
- VAZZOLER, A.E.A.M. 1996 *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Editora EDUEM, 169p.
- VOLPEDO, A. e ECHEVERRIA, D.D. 2003 Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentine. *Fisheries Research*, London, 60: 551-56.