

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOLOGIA  
MESTRADO EM RECURSOS AQUÁTICOS E PESCA

**ADRIANA DO NASCIMENTO CAVALCANTE**

**VARIAÇÃO MORFOMETRICA E ALOMETRIA DE *Cetengraulis edentulus*  
(CUVIER, 1829) (OSTEICHTHYES, ENGRAULIDAE) NA COSTA DO BRASIL**

São Luís

2016

Cavalcante, Adriana do Nascimento.

Variação morfometrica e alometrica de *Cetengreaulis edintulus* (Curver,1829) (Ostruchys Engraulidae) na costa do Brasil / Adriana do Nascimento Cavalcante – São Luís, 2016.

64 f.

Dissertação(Mestrado ) – Curso de Pós- Graduação em Recursos Aquaticos e Pesca PPGRAP, Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

Orientador: Profª Zafira da Silvia Almeida

1. Forma . 2. Morfometria 3. Alometria 4. Tamanho.  
I. Título.

CDU :639.2.053:597.541

**ADRIANA DO NASCIMENTO CAVALCANTE**

**VARIAÇÃO MORFOMETRICA E ALOMETRIA DE *Cetengraulis edentulus*  
(CUVIER, 1829) (OSTEICHTHYES, ENGRAULIDAE) NA COSTA DO BRASIL**

Dissertação apresentada em cumprimento às exigências do Mestrado em Recursos Aquáticos e Pesca da Universidade Estadual do Maranhão.

Orientadoras: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Zafira da Silva de Almeida; Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lígia Tchaicka.

São Luís

2016

**ADRIANA DO NASCIMENTO CAVALCANTE**

**VARIAÇÃO MORFOMETRICA E ALOMETRIA DE *Cetengraulis edentulus* (CUVIER, 1829) (OSTEICHTHYES, ENGRAULIDAE) NA COSTA DO BRASIL**

Dissertação apresentada em cumprimento às exigências do Mestrado em Recursos Aquáticos e Pesca da Universidade Estadual do Maranhão.

Orientadoras: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Zafira da Silva de Almeida; Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lígia Tchaicka.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Zafira da Silva de Almeida  
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)  
Orientadora

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Audálio Rebelo Torres Júnior  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)  
1º Examinador

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Marina Bezerra Figueiredo  
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)  
2º Examinador

*Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,  
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível.*

Charles Chaplin

## AGRADECIMENTOS

Esse é um trabalho feito a muitas mãos, sendo primordial o apoio de cada um.

Agradeço o acolhimento e confiança das minhas orientadoras, Zafira e Lígia.

À todos os professores do Programa de Pós Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca (PPGRAP), em especial à Profª Verônica Oliveira.

A Camila Abreu pelo apoio 24h e disponibilidade em ajudar nas análises.

Aos meus queridos parceiros do PPGRAP 2015 pela companhia sempre tão prazerosa: Rayssa, Cássia, Marcelo, Gleison (obrigada pelas sardinhas!), Giulliana, Ticianne, Wagner, Draytiane e Jonatas.

Ao Laboratório de Pesca e Ecologia Aquática- LABPEA e sua equipe, em especial Fabiene, Bruna, Wallace, Poliana Veras e Luan, por sempre lembrarem “das sardinhas da Adriana” e Fernanda Carvalho pelo auxílio no processamento.

A equipe do PPGRAP, Hillana e Fernanda, pela disposição de sempre.

Ao casal Raimundo Rodrigues e Maria do Carmo por me presentear com sardinhas de Raposa;

Aos professores Jorge Luiz Silva Nunes e Audálio Torres pelas contribuições tão norteadoras durante a qualificação.

Aos pesquisadores Ana Clara Sampaio-Franco (UERJ), Daniel Brotto (UERJ) e Thainara Souza (UFPA) pelo envio de material biológico;

Aos companheiros de laboratório, Natanael, Thércia, Hana, obrigada pelos primeiros passos na genética. E a Fernanda Paz, Elba Chaves pelo apoio.

Ás professoras Alcina Vieira e Ana Lúcia Abreu pela cessão de Laboratório de Patologia Molecular.

Aos companheiros de trabalho (Ricardo Arruda, Alexssandro Costa, Maria do Carmo Viegas, Rogério Funo e Renato Magalhães) pelo apoio na dupla empreitada;

A Roberto Veloso por me receber no Cetas/MA;

Ao Ibama e ao Superintendente do Ibama/MA, Pedro Leão, pela concessão de afastamento.

Aos meus familiares pelo apoio de sempre (José Alves Cavalcante, Alcioneide, Andréia, Márcio e o Lulu);

E aos meus dois amores, Beto e Miguel, por estarem sempre ao meu lado.

## RESUMO

*Cetengraulis edentulus* é um pequeno clupeídeo pelágico amplamente distribuído, ocorrendo desde o Sudeste do Atlântico, das Antilhas a Cuba, até do Sudeste do Brasil. É considerada um importante elo da cadeia trófica, uma vez que converte a biomassa fitoplânctônica para níveis maiores de consumidores. Além disso, a dinâmica de entrada dessa espécie na costa Norte/Nordeste cronometra a entrada de grande pelágicos de maior importância comercial, como o *Macrodon ancylodon* e *Scomberomus brasiliensis*. Apesar da importância econômica e ecológica dessa espécie, inexistem estudos que abordem a história de vida de *C. edentulus*, principalmente na costa Norte/Nordeste. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi descrever variações na forma de *C. edentulus* utilizando morfometria geométrica e caracterizar o crescimento alométrico da espécie na região Norte/Nordeste. Para a análise morfométrica, foram utilizadas imagens de 465 espécimes, utilizando 17 marcos anatômicos. Para análise de crescimento alométrico utilizou-se dados de comprimento total e peso total de 495 espécimes, com aplicação do modelo alométrico de Huxley ( $y = ax^b$ ), sendo as regressões obtidas comparadas entre si. O coeficiente “b” foi testado (teste t) quanto à isometria/alometria. A análise de Procrustes ANOVA revela diferenças significativas entre machos e fêmeas quanto a forma corporal, mas não verifica diferenças quanto ao tamanho. A Análise de Variáveis Canônicas apresentou dois componentes principais com maior variação entre machos e fêmeas. Para os dois sexos, o primeiro eixo diferencia as populações da costa Norte (Pará) e da costa do Maranhão, das populações do Rio de Janeiro. As deformações corporais que diferem a população da Baía de Guanabara das demais estão relacionadas às regiões dorsais e ventral-anterior do corpo, com maior altura corporal e variações nas nadadeiras pélvica, peitoral e dorsal, conferindo maior potencial de manobrabilidade à população. Os segundos eixos canônicos diferenciam as populações do Maranhão em dois grupos, o primeiro formado pelas populações de Guimarães e Primeira Cruz e o segundo pelas populações de Raposa, sendo que a população do Pará assume posição intermediária. Entre as hipóteses que explicam a diferenciação das populações analisadas, discute-se sobre a atuação das condições térmicas. Enquanto que a similaridade entre as populações da costa do Maranhão é atribuída ao ciclo de vida migratória da espécie. As relações comprimento-peso tenderam a apresentar alometria positiva, não havendo diferenças entre os sexos e entre os estágios juvenis e adultos, evidenciando não haver dimorfismo sexual e interferência nos aspectos ontogenéticos para *C. edentulus* na região estudada.

Palavras-Chave: Alometria, forma, morfometria.

## ABSTRACT

*Cetengraulis edentulus* is a small, widely distributed pelagic clupeid, occurring from the Southeast Atlantic, the Antilles to Cuba, to the Southeast of Brazil. It is considered an important link in the trophic chain, since it converts phytoplankton biomass to higher levels of consumers. In addition, the dynamics of the entry of this species in the North/Northeast coast times the entrance of large pelagics of greater commercial importance, such as *Macrodon ancylodon* and *Scomberomus brasiliensis*. Despite the economic and ecological importance of this species, there are no studies that address the life history of *C. edentulus*, mainly on the North / Northeast coast. In this sense, the objective of this work was to describe variations in the form of *C. edentulus* using geometric morphometry and to characterize the allometric growth of the species in the North/Northeast region. Images of 465 specimens were used, using 17 anatomical landmarks. For allometric growth analysis, total length and total weight data of 495 specimens were used, using the Huxley allometric model ( $y = ax^b$ ), and the regressions obtained were compared to each other. The coefficient "b" was tested (t test) for isometry/allometry. Analysis of Procrustes ANOVA reveals significant differences between males and females regarding body shape, but does not verify differences in size. The analysis of canonical variables presented two main components with greater variation between males and females. For both sexes, the first axis differentiates the populations of the North coast (Pará) and the coast of Maranhão, of the populations of Rio de Janeiro. The body deformations that differ the population of the Bay of Guanabara from the others are related to the dorsal and ventral-anterior regions of the body, with greater body height and variations in the pelvic, pectoral and dorsal fins, conferring greater maneuverability potential to the population. The second canonical axes differentiate the populations of Maranhão into two groups, the first formed by the populations of Guimarães and Primeira Cruz and the second by the populations of Raposa, and the population of Pará takes an intermediate position. Among the hypotheses that explain the differentiation of the analyzed populations, we discuss the performance of the thermal conditions. While the similarity between the populations of the coast of Maranhão is attributed to the migratory life cycle of the species. The length-to-weight relationships tended to present positive allometry, with no differences between the sexes and between the juvenile and adult stages, evidencing no sexual dimorphism and interference with ontogenetic aspects of *C. edentulus* in the studied region.

Key words: allometry, body shape, morphometry.

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO I**

Figura 1.	Pontos de coleta de <i>Cetengraulis edentulus</i> .....	21
Figura 2.	Localização dos 17 marcos anatômicos selecionados para análise de morfometria geométrica de <i>C. edentulus</i> .....	24
Figura 3.	Box splot mostrando padrão de variação do tamanho do corpo mensurado usando logaritmo natural do tamanho do centróide (InCS) para machos e fêmeas.....	25
Figura 4	Projeção dos escores individuais dos machos de <i>Cetengraulis edentulus</i> no espaço do primeiro e segundo eixos canônicos.....	26
Figura 5	Projeção dos escores individuais de fêmeas de <i>Cetengraulis edentulus</i> no espaço do primeiro e segundo eixos canônicos.....	28

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO I**

Tabela 1.	Localização das amostragens, número de espécimes e dados bióticos de <i>Cetengraulis edentulus</i> coletados na costa do Brasil.....	22
Tabela 2.	Matriz de distância Mahalanobis entre populações de machos de <i>Cetengraulis edentulus</i> da costa do Brasil.....	29
Tabela 3.	Matriz de distância Mahalanobis entre populações de fêmeas de <i>Cetengraulis edentulus</i> da costa do Brasil.....	30

### **CAPÍTULO II**

Tabela 1.	Dados bióticos de espécimes de <i>C. edentulus</i> capturados na costa Norte/Nordeste.....	46
Tabela 2.	Parâmetros da Relação peso-comprimento de <i>Cetengraulis edentulus</i> coletado na costa Norte/Nordeste.....	46

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
REFERÊNCIAS .....	12
CAPÍTULO I.....	18
Variação Morfométrica entre populações de <i>Cetengraulis Edentulus</i> (Cuvier, 1829) (Osteichthyes, Engraulidae) na costa do Brasil.....	18
Abstract .....	18
Resumo.....	18
Introdução.....	18
Material e Métodos .....	19
Área Estudada .....	19
Análise laboratorial .....	23
Análise morfométrica .....	23
Resultados .....	24
Discussão.....	31
REFERÊNCIAS .....	34
CAPÍTULO II .....	40
Variação ontogenética na alometria de <i>Cetengraulis edentulus</i> (Cuvier, 1829) (OSTEICHTHYES, ENGRAULIDAE) na costa do Norte/Nordeste do Brasil .....	40
Resumo.....	40
1 Introdução.....	40
2 Material e Métodos .....	41
3 Resultados.....	42
4 Discussões .....	42
REFERÊNCIAS .....	44
Anexo I – Journal of Evolutionary Biology.....	50
Anexo II – Normas da Revista Journal of Applied Ichtyology .....	58
CONCLUSÕES FINAIS.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A variação existe em múltiplas escalas de organização, incluindo dentro e entre as espécies. Os peixes constituem-se organismos ideais para explorar questões relacionadas aos padrões de variação e o potencial direcionador de padrões, uma vez que esse grupo ocorre em uma grande variedade de habitats e condições ambientais (WELSH, 2013). Variações da forma podem afetar o comportamento e a interação ecológica dos indivíduos, principalmente se considerarmos as características físicas e químicas do ambiente (WEBB, 1984), tendo, por conseguinte importância evolutiva e ecológica para os organismos (KLINGENBERG et al., 2003).

A alometria é definida como uma associação estatística entre tamanho e forma com forte ênfase na casualidade, ou ainda, o estudo do tamanho e suas consequências (GOULD, 1966). Os estudos da alometria com foco no modelo padrão de crescimento (alométrico ou isométrico) de indivíduos de uma população permite avaliar a saúde dos estoques pesqueiros (SCHNEIDER et al., 2000), com visualização de informações relacionadas aos padrões de forma e natação, quantificação da biomassa com base na frequência de distribuição do comprimento, como uma medida de mudanças no peso individual esperado para o comprimento e indicadora da sua condição (acúmulo de gordura e desenvolvimento das gônadas), diferenciação de estoques, condições de crescimento, reprodução e alimentação, modelagem ecológica, o cálculo de biomassa em levantamentos acústicos (VAZ-DOS-SANTOS et al., 2013). A análise alométrica faz uso da equação alométrica de Huxley (1932), definida como  $Y = aX^b$ , e permite realizar uma descrição quantitativa adequada do crescimento de regiões e tecidos, em relação a outros e ao organismo como um todo, descrevendo uma relação curvilínea entre o crescimento da maioria dos tecidos (SANTOS, 1999).

Nos últimos 30 anos a aplicação da morfometria geométrica tem se mostrado uma ferramenta promissora nos estudos alométricos e exige uma abordagem metodológica que difere em vários aspectos dos estudos alométricos clássicos (MITTEROECKER et al., 2013). A morfometria geométrica compreende um conjunto de técnicas computacionais e estatísticas para o estudo da forma, além de analisar e quantificar, visualizar graficamente a variação de forma da estrutura estudada, considerando simultaneamente várias características de uma estrutura corporal complexa, em que são utilizados marcos antônicos ou landmarks

(MONTEIRO e REIS, 1999; ROHLT, 1993). A utilização desses marcos antômicos comuns às amostras analisadas permite identificar as variações de forma entre as mesmas estruturas morfológicas nos diferentes exemplares em estudo e tem se mostrado uma ferramenta importante e eficaz para os estudos de identificação de estoques, sistemática, identificação de estoques pesqueiros, dimorfismo sexual, variação intra e interespecífica, relações filogenéticas (CHEN et al., 2010; CHENG et al., 2005; DOURADO, et al, 2015; ERDOGAN et al., 2009; IBÁÑEZ-AGUIRRE et al., 2006; NUNES, et a. 2008; SARMASIK et al., 2008; TURAN et al., 2004), além de apresentar menor custo-efetivo (SAJINA et al., 2011).

A identificação e discriminação de estoques são essenciais para modelagem das populações, as quais assumem níveis de características ontogênicas homogêneas dentro dos estoques. A variabilidade morfométrica tem sido registrada em muitas espécies de peixes pelágicos marinhos, especialmente os Clupeiformes (THOMAS et al., 2014) e são atribuídas às distintas estruturas genéticas ou ainda a condições ambientais de cada área (KINSEY et al., 1994). Para os Clupeídeos, observa-se ainda que a utilização de técnicas morfométricas, para a definição de unidades populacionais associadas às ferramentas moleculares, permite a comparação entre resultados genéticos, acesso a fatores básicos genéticos e ambientais que são responsáveis pelos diferentes níveis de variabilidade morfológica (TUDELA, 1999).

Na costa brasileira, os primeiros estudos que relacionam as estruturas corporais às condições ambientais ocorreram a partir da década de 70 e já destacam a formação de unidades de estoques associadas às condições hidrográficas distintas, principalmente na região Sudeste/Sul do Brasil (PAIVA FILHO & CERGOLE, 1988; SACCARDO, 1976; VARGAS, 1976; VAZZOLER, 1971; YAMAGUTT, 1979) e com detecção de estoques diferenciados quanto aos aspectos reprodutivos e de crescimento.

O gênero *Cetengraulis* é considerado gênero do novo mundo (BLOOM e LOVEJOY, 2012) com duas espécies com ocorrência restrita à América Central e América do Sul, *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) e *C. mysticetus* (Günther, 1867), respectivamente. Ambas foram diferenciadas por Nelson (1985) por meio do hábito alimentar e morfologia do aparelho e mais tarde por marcador molecular (GRANT et al., 2010) comprovando que as duas espécies de *Cetengraulis* são abrangidas pela filogenia de espécies temperadas de áreas de ressurgência e são taxa irmã da anchova da Califórnia, *Engraulis mordax*, sendo que a separação entre as duas espécies do gênero *Cetengraulis* deu-se em função da separação pelo Istmo do Panamá.

*Cetengraulis edentulus*, amplamente distribuída, ocorre desde o Sudeste do Atlântico, das Antilhas a Cuba, até do Sudeste do Brasil (WHITEHEAD, 1988). É uma planctívora, tolerante às alterações nas condições ambientais, sendo encontrada em regiões internas de áreas costeiras, onde a salinidade é geralmente baixa, as temperaturas altas e a biomassa fitoplânctônica é alta, devido à alta descarga orgânica (SERGIPENSE et al., 1999; SILVA et al., 2003; ARAÚJO et al., 2008). No Maranhão, observa-se uma alta participação em termos de abundância dessa espécie (PIORSKI, et al. 2009; SILVA, 2015) e é considerada um importante elo da cadeia trófica, uma vez que trata-se de uma espécie que converte a biomassa fitoplânctônica para níveis maiores de consumidores (HILDEBRAND, 1963).

Nesse contexto, esta pesquisa tem como foco verificar a ocorrência de variação morfológica e caracterizar a alometria de *Cetengraulis edentulus* na costa do Brasil, a ser organizado em dois capítulos: No primeiro capítulo “Variação morfométrica entre populações de *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) (Osteichthyes, Engraulidae) na costa do Brasil” será submetido Journal of Evolutionary Biology (Fator de Impacto = 2.747) e tem como objetivo analisar as variações na forma e tamanho de *C. edentulus* nas diferentes populações amostradas coletadas na costa do Brasil.

No segundo capítulo “Variação ontogénica na alometria de *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) (Osteichthyes, Engraulidae) na costa do Norte/Nordeste do Brasil” faz-se uma análise dos parâmetros de peso e comprimento da espécie na costa dos Estados do Pará e Maranhão e será submetido ao Journal of Applied Ichthyology.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. G.; SILVA, M. A.; SANTOS, J. N. S.; VASCONCELLOS, R. M. Habitat selection by anchovies (Clupeiformes: Engraulidae) in a tropical bay at Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 4, p. 583-590, 2008.
- BLOOM, D. D.; LOVEJOY, N. R. Molecular phylogenetics reveals a pattern of biome conservatism in New Worl anchovies (Family Engraulidae). **Journal of Evolutionary Biology**, v. 25, p. 701-715, 2012.

CHEN, C. S.; TZENG, C. H.; CHIU, T. S. Morphological and molecular analyses reveal separations among spatiotemporal populations of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Southern East China Sea. **Zoological Studies**, v. 49, n. 2, p. 270-282, 2010.

CHENG, Q. Q.; LU, D. R.; MA, L. Morphological differences between close populations discernible by multivariate analysis: A case study of genus Coilia (Teleostei: Clupeiforms). **Aquat Living Resour**, v. 18, p. 187-192, 2005.

DOURADO, E. C. S.; NUNES, J. L. S.; PIORSKI, N. M. Ecomorphology and diet of two species of Acestrorhynchus from Brazilian Northeast. **Cybium** (Paris), v. 39, p. 11-19, 2015.

DWIVEDI, K., DUBEY, V. K. Advancements in morphometric differentiation: a review on stock identification among fish populations. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 23, n. 4, p. 557-557, 2013.

ERDOGAN, Z.; TURAN, C.; KOC, H. T. Morphologic and Allozyme Analyses of European anchovy (*Engraulis encrasicolus* (L. 1758) in the Black, Marmara and Aegean Seas. **Acta Adriatica**, v. 50, n. 1, p. 77 - 90, 2009.

GOULD S. J. Allometry and size in ontogeny and evolution. **Biological Reviews**, v. 41, p. 587–640, 1966.

GRANT, W. S.; LECOMTE, F.; BOWEN, B. W. Biogeographical contingency and the evolution of tropical anchovies (genus *Cetengraulis* from temperate anchovies (genus *Engraulis*). **Journal of Biogeography**, v. 37, p. 1352-1362, 2010.

HILDEBRAND, S. F. Family Engraulidae. **Memories Sears Foundation for Marine Research**, v. 1, p. 152-249, 1963.

HUXLEY, J. S. **Problems of Relative Growth**. London: Methuen & Co., 319p, 1932.

IBÁÑEZ-AGUIRRE, A. L., CABRAL-SOLÍS, E., GALLARDO-CABELLO, M., ESPINO-BARR, E. Comparative morphometrics of two populations of *Mugil curema* (Pisces:

Mugilidae) on the Atlantic and Mexican Pacific coasts. **Science Marine**, v. 70, n. 1. p. 139-145, 2006.

KLINGENBERG, C. P., BARLUENGA, M., MEYER, A. Body shape variation in cichlid fishes of the *Amphilophus citrinellus* species complex. **Biological Journal od the Linnean Society**, v. 80, p. 397-408, 2003.

KINSEY, S. T.; ORSOY, T.; BERT, T. M.; MAHMOUDI, B. Population structure of the Spanish sardine *Sardinella aurita*: natural morphological variation in a genetically homogeneous population. **Marine Biology**. v. 118, n. 2, p. 309–317, 1994.

MITTEROECKER, P.; GUNZ, P.; WINDHAGER, S.; SCHAEFER, K. A brief review of shape, form, and allometry in geometric morphometrics, with applications to human facial morphology. **Italian Journal of Mammalogy**, v. 24, n. 1. p. 59-66, 2013.

MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto, ed. Holos, 198p, 1999.

NELSON, G. Identity of the anchovy *Hildebrandichthys setiger* with notes on relationships and biogeography of the genera *Engraulis* and *Cetengraulis*. **Copeia**, v. 1984, p. 422–427, 1984.

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

PAIVA FILHO, A.M. & M.C. CERGOLE. Diferenciação geográfica de *Nebris microps* (Cuvier, 1830) na costa sudeste do Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 36, p. 37-45, 1988.

PIORSKI, N. M.; SERPA, S.; NUNES, J. L. S. Análise comparativa da pesca de curral na Ilha de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. **Arquivos Ciências do Mar**, v. 42, p. 65-71, 2009.

ROHLT, F. J. **Morphometric Tools for Landmark Data.** J. Classification, v. 10, p. 133-136.1993.

SACCARDO, S. A. 1976. **Diferenciação geográfica de *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) entre as latitudes 23°30'S (Linnaeus, 1758) entre as latitudes 23°30'S (Ubatuba) e 32°10'S (Barra do Rio Grande).** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 127p.

SAJINA, A. M.; CHAKRABORTY, S. K.; JAISWAR, A. K.; PAZHAYAMADAM, D. G.; Sudheesan, D. Stock structure analysis of Megala-spis cordyla (Linnaeus, 1758) along the Indian coast based on truss network analysis. **Fisheries Research**, v. 108, p. 100-105, 2011.

SANTOS, C. L. **Estudo do desempenho, das características de carcaça e do crescimento alométrico de cordeiros da raça Santa Inês e Bergamácia.** 1999. 143 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SARMASIK A., COLAKOGLU F.A., ALTUN, F. Mitochondrial DNA Sequence and Body Size Variations in Turkish Sardine (*Sardina pilchardus*) Stocks. **Turkish Journal of Zoology.** V.32, p. 229-237, 2008.

SCHNEIDER, J.C., LAARMAN, P.W. & GOWING, H. Length-weight relationships. In Manual of fisheries survey methods II with periodic updates (J.C. Schneider, ed.). Michigan Department of Natural Resources, Michigan, p. 1-18, 2000.

SERGIPENSE, S.; CARAMASCHI, E. P.; SAZIMA, I. Morfologia e hábitos alimentares de duas espécies de Engraulidae (Teleostei, Clupeiformes) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 47, n. 2, p.173-188, 1999.

SILVA, M. A.; ARAÚJO, F. G.; AZEVEDO, M. C. C.; MENDONÇA, P. Distribuição espacial e temporal de *Cetengraulis edentulus* (Actinopterygii, Engraulidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 4, p. 577-581, 2003.

SILVA, N. K. A. Riqueza taxonômica e diversidade da assembleia de peixes na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense. Dissertação de Mestrado (Universidade Estadual do Maranhão), 77p. 2015.

SUKUMARAN, S., GOPALAKRISHNAN, A., SEBASTIAN, W., NANDAKUMAR, P. S., RAO, N., RAJU, S., ISMAIL, E. M., ABDUSSAMAD, P.K., ASOKAN, K. P., SAID K., ROHIT, P. Morphological divergence in Indian oil sardine, *Sardinella longiceps* Valenciennes, 1847– Does it imply adaptive variation? **Journal of Applied Ichthyology** p. 1–6, 2016.

THOMAS, R. C.; WILLETT, D. A.; CARPENTER, K. E.; SANTOS, M. D. Hidden diversity in Sardines: genetic and morphological evidence for cryptic species in the Goldstripe Sardinella, *Sardinellagibbosa* (Bleeker 1849). **PLoS ONE**, v. 9, p. 1–10, 2014.

TUDELA, S. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. **Fisheries Research**, v. 42, p. 229-243, 1999.

TURAN, C.; ERGUDEN, D.; GURLEX, M.; BASUSTA, N.; TURAN, F. Morphometric structuring of the anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Black, Aegean and Northeastern Mediterranean Seas. **Turk J Vet Anim Sci**, v. 28, p. 865-871, 2004.

VARGAS, C. P. Geographic differentiation of *Paralonchurus brasiliensis* (Steindachner, 1875) between the latitudes 23°30'S (Ubatuba, SP) and 32°S (Barra do Rio Grande, RS), Brazil. **Revue Trav. Inst. Pêch. Marit.** v. 40, p. 775-779, 1976.

VAZZOLER, A.E.A.M. Diversificação fisiológica e morfológica de *Micropogon furnieri* (Desmarest, 1822) ao sul de Cabo Frio, Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 20, p 1-70, 1971.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. Del B. Length-weight relationships of the ichthyofauna associated with the Brazilian sardine, *Sardinella*

*brasiliensis*, on the Southeastern Brazilian Bight (22°S-29°S) between 2008 and 2010. **Biota Neotropical**, v. 13, n. 2, 2013.

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

WHITEHEAD, P. J. P.; NELSON G. J.; WONGRATANA, T. FAO species catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolfherrings.  
Part 2 - Engraulididae. FAO Fish. Synop. V. 7, n. 125, p. 2-579. 1988.

WELSH, D. P. Phenotypic patterns of size and shape in north american killifish. 2013

YAMAGUTT, N. Diferenciação geográfica de Macrodon ancylodon (Bloch & Schneider, 180 I) na costa brasileira, entre as latitudes 18°36'S e 32° I O'S . Etapa r. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, S. Paulo, 28: 53-118, 1979.

## CAPÍTULO I

### VARIAÇÃO MORFOMÉTRICA ENTRE POPULAÇÕES DE *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) (OSTEICHTHYES, ENGRAULIDAE) NA COSTA DO BRASIL

#### Abstract

Populations of *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) collected in five sites of the Brazilian coast were compared morphologically, in order to test the null hypothesis of homogeneity of the populations. The results showed morphological modifications suggesting subdivisions between different populations of *C. edentulus*. The differentiation between populations of the North and South of the Brazilian coast is explained as a function of the thermal conditions. The similarity of the shape of Maranhão populations corroborates the hypothesis of maintaining the gene flow that may occur at some point in the migratory cycle of *C. edentulus*. The differentiation between *C. edentulus* stocks highlights the importance of management measures that take into account the occurrence of independent units.

**Key-words:** body shape; morphometric geometric, allometry; body size.

#### Resumo

Populações de *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) coletadas em cinco locais da costa brasileira foram comparadas morfologicamente, a fim de testar a hipótese nula de homogeneidade das populações. Os resultados de coleta mostraram modificações morfológicas que sugerem subdivisões entre as diferentes populações de *C. edentulus*. A diferenciação entre populações do Norte e Sul da costa brasileira é explicada em função das condições térmicas. A similaridade quanto à forma das populações do Maranhão corrobora a hipótese de manutenção do fluxo gênico dessas populações que pode ocorrer em algum momento do ciclo migratório de *C. edentulus*. A diferenciação entre os estoques de *C. edentulus* ressalta a importância de medidas de manejo que levam em consideração a ocorrência de unidades independentes.

**Palavras-chave:** forma corporal; geometria morfométrica; alometria; tamanho.

#### Introdução

A identificação de espécies, bem como a discriminação de populações, são importantes elementos para a biologia da conservação e gestão pesqueira e permite a identificação correta dos indivíduos na população quando investiga-se características biológicas como crescimento, mortalidade, fecundidade, relações tróficas e parasitárias, eventos históricos e paleontológicos (Ibañez *et al.*, 2007). Nesse contexto, as ferramentas

morfométricas e morfológicas mostram-se eficientes na detecção de diferenças entre grupos e diferenciação entre espécies com similaridade na forma. Além de entender como as variações morfológicas e morfométricas intervêm na estrutura corporal dos peixes e podem levar a diferenças funcionais na performance e locomoção (Motta & Wilga, 1995; Wainwright *et al.*, 2002; Breda *et al.*, 2005) e resultam em alterações genótipicas (Jorgensen *et al.*, 2008; Vasconcellos, *et al.*, 2008; Franssen 2011; Jacobina, *et al.*, 2014).

*Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829), pertencente à ordem Clupeiformes e à família Engraulidae, é uma espécie amplamente distribuída, ocorre desde o Sudeste do Atlântico, das Antilhas a Cuba, até o Sudeste do Brasil (Whitehead, 1988). É uma espécie planctívora, tolerante às alterações nas condições ambientais, sendo encontrada em regiões internas de ambientes costeiros com solo lamoso, onde a salinidade é geralmente baixa, com temperaturas e biomassa fitoplanctônica alta, devido à alta descarga orgânica (Sergipense *et al.*, 1999; Gay, *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2008). Na costa Norte, estudos registram que a dinâmica da entrada de *Cetengraulis edentulus* no estuário amazônico em busca de abrigo para reprodução e alimentação, cronometre também a entrada de outras espécies predadoras, como *M. ancylodon* (Espírito-Santo *et al.*, 2012; Castro *et al.*, 2015) e de *Scomberomus brasiliensis* na costa do Maranhão (Batista & Fabré, 2001), o que a torna vulnerável à sobreexploração.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é verificar a ocorrência de diferenças na forma e tamanho em populações de *Cetengraulis edentulus*, fornecendo as primeiras informações acerca dos estoques dessa espécie na costa do Brasil, a partir da morfometria geométrica.

## Material e Métodos

### Área Estudada

Espécimes de *Cetengraulis edentulus* foram coletados no período de junho de 2015 a julho 2016 em cinco regiões da costa do Estado do Maranhão (Raposa /Curupu, Raposa/Pucal, Primeira Cruz, Guimarães e São José de Ribamar), uma região do Estado do Pará (Quatipuru) e uma no Estado do Rio de Janeiro (Baía de Guanabara) (Fig. 1), totalizando 465 espécimes coletados (Tabela 1).

A zona costeira maranhense é dividida em três regiões: Golfão Maranhense, Litoral Oriental e Litoral Ocidental. O Golfão Maranhense é caracterizado como um complexo estuarino, onde desaguam os afluentes dos rios Mearim, Itapecuru e Munim, entre outros. Nessa região insere-se a Ilha do Maranhão, onde se localiza as cidades de São Luís, São José de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar. O Litoral Oriental é marcado por uma linha de costa retilínea, recortando restingas, cordões de dunas fixas e móveis, manguezais, praias, baías, ilhas, enseadas e sistemas deltaicos, estuarinos e o Litoral Ocidental, conhecido como a região das “reentrâncias maranhenses”, exibindo importantes manguezais e profundos estuários (Santos *et al.*, 2004).

Contínua a costa do Maranhão, está a Baía de Quatipuru, localizada na costa noroeste do estado do Pará. Perfaz cerca de 600 km de extensão, correspondendo desde a foz do rio Pará até a foz do rio Gurupi. Está situada a aproximadamente 130 km ao sudeste do rio Amazonas, sendo caracterizado por apresentar águas turbinadas com profundidade máxima de 10 m (Lara, 2003). O clima da região é equatorial úmido, com uma estação chuvosa que frequentemente estende-se de janeiro a junho, enquanto a estação seca ou menos chuvosa estende-se de julho a dezembro (Inmet, 1992). Esta sazonalidade reflete o efeito do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical sobre a região (Souza Filho & El-Robrini, 1997).

A Baía de Guanabara é uma região estuarina de 400km<sup>2</sup> localizada na costa do estado do Rio de Janeiro. O clima nessa região é tropical-úmido com estação úmida-chuvosa (dezembro-março) e frio-seca (julho a agosto) (Paranhos & Mayr, 1993; Valentin *et al.*, 1999). Encontra-se em uma região de clima tropical úmido com fortes influências marinhas, havendo uma sazonalidade na descarga de água doce para a baía, variando, em média, de 33 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> no período seco, a 186 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> no período chuvoso (Kjerfve *et al.*, 1997). É uma região cercada pela segunda maior aglomeração urbana do país, representada pela região metropolitana do Rio de Janeiro. Recebe quantidades consideráveis de esgoto doméstico sem tratamento, escoamento superficial urbano, deposição atmosférica e resíduos industriais e de refinarias que contribuem para uma alta carga de metais pesados (Melo, 2004).

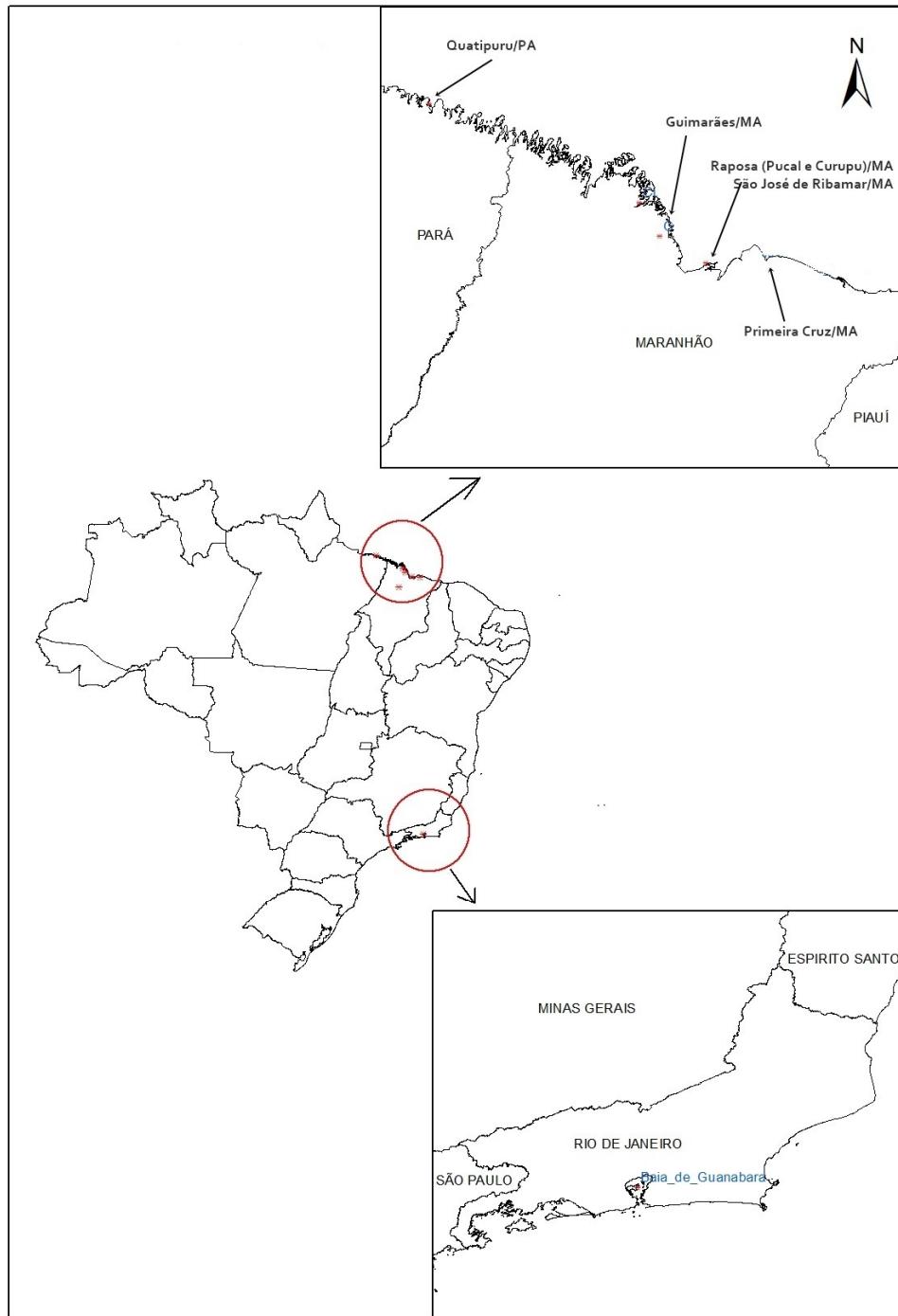


Figura 1- Pontos de coleta de *Cetengraulis edentulus*.

Tabela 1. Localização das amostragens, número de espécimes e dados bióticos de *Cetengraulis edentulus* coletados na costa do Brasil.

	<b>Local de amostragem</b>	<b>Código</b>	<b>Sexo</b>	<b>Comprimento total médio (cm)</b>	<b>Data da amostragem</b>	<b>Número de espécimes</b>
Maranhão	Primeira Cruz	PC	F = 78 M = 55	11,60	Novembro/2015	133
	Guimarães	Gui	F = 39 M = 34	11,48	Outubro/2015	73
	Curupu/Raposa	Rap1	F = 39 M = 3	13,34	Setembro/2015	42
	Pucal/Raposa	Rap2	F=12 M=23	13,15	Julho/2016	35
	São José de Ribamar /Araçagy	SJR	F = 9 M = 15	12,93	Julho/2016	24
Rio de Janeiro	Baia de Guanabara	BG	F = 40 M = 45	*	Janeiro/2016	85
Pará	Quatipuru	PA	F=32 M=41	10,74	Junho/2016	73
<b>TOTAL</b>						<b>465</b>

\*Dados não mensurado

## Análise laboratorial

Cada exemplar foi fotografado e registrado os dados de comprimento total, peso, sexo e estágio de maturação gonadal, de acordo com a escala de Vazzoler (1996). O estudo foi conduzido sob Autorização Sisbio/ICMBio nº 53139-1.

## Análise morfométrica

Para obtenção dos dados morfométricos foram utilizados landmarks fixados no lado esquerdo dos indivíduos, fotografados individualmente com câmera digital Nikon D5000 (Fig. 2). A posição dos landmarks foi estabelecida a partir de estudos prévios com outras espécies da família Engraulidae (Turan *et al.*, 2004; Erdogan *et al.*, 2009).

Cada marco anatômico foi definido a partir das imagens, transformado em coordenada cartesiana e analisado com o programa TspDig 2.32 (Rohlf, 2010). As coordenadas foram sobrepostas pela Análise Generalizada de Procrustes (Rohlf & Slice, 1990) gerando uma matriz W com os escores das deformações parciais. Esta análise remove a variação de tamanho, posição e orientação, transformando em unidade de tamanho de centróide (raiz quadrada da soma dos quadrados das distâncias de cada ponto de referência a partir do centróide) (Bookstein, 1991), permitindo extrair somente a variação de forma do conjunto de dados.

Utilizou-se o logaritmo natural do tamanho do centróide (InCS) como uma medida do tamanho do corpo. Para testar as diferenças de tamanho corporal entre as populações, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) utilizando In (CS) como variável dependente e população de origem como variável independente. A diferença de tamanho e forma entre as populações e o sexo também foram testadas com uma ANOVA utilizando o tamanho do centróide.

Para discriminar as diferenças na forma e identificar os grupos morfométricos das populações de *C. edentulus* analisadas foi realizada uma Análise das Variáveis Canônicas (CVA). Para quantificar a variação morfológica e identificar as unidades de estoques de cada população foi utilizada a distância de Mahalanobis por pairwise (medida de distância entre amostras). A significância estatística da distância de

Mahalanobis para comparação pairwise foi avaliada utilizando um teste de permutação com 10.000 interações contra a hipótese nula de nenhuma diferença entre as espécies. Essas análises foram executadas com o auxílio do programa MorphoJ 1.02d (Klingenberg, 2008) e STATISTICA (2005).

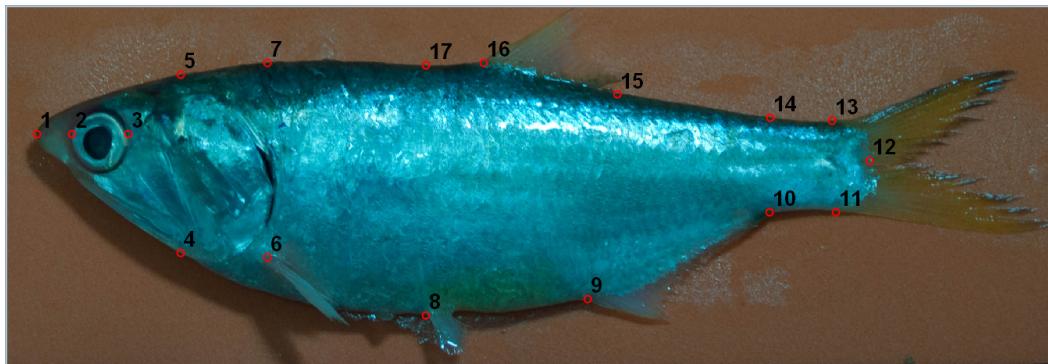


Figura 2. Localização dos 17 marcos anatômicos selecionados para análise de morfometria geométrica de *C. edentulus*: 1) Ponta anterior do focinho na mandíbula superior; 2) Região anterior da região orbital; 3) Região posterior da região orbital; 4) região terminal da mandíbula; 5) Região dorsal do neurocrânio alinhado verticalmente com o marco 4; 6) Base da nadadeira peitoral; 7) Porção superior do corpo alinhado verticalmente com a nadadeira peitoral; 8) Base da nadadeira pélvica; 9) Início da nadadeira anal; 10) Final da nadadeira anal; 11) Fixação anterior da membrana ventral da nadadeira caudal; 12) terminação posterior da coluna vertebral; 13) Fixação anterior da membrana dorsal da nadadeira caudal; 14) Porção superior do corpo alinhado verticalmente com o marco 10); 15) Final da nadadeira dorsal; 16); Início da nadadeira dorsal; 17) Porção superior do corpo alinhado verticalmente com o marco 8.

## Resultados

Os resultados da ANOVA para as amostragens de *C. edentulus* dos sete locais analisados mostram a ocorrência de populações diferenciadas morfologicamente na costa do Brasil quanto à forma ( $F_{240, 15390} = 15,70$   $p < 0,001$ ) e tamanho do centróide ( $F_{8, 513} = 61,82$   $p < 0,001$ ). Machos e fêmeas diferem significativamente quanto à forma ( $F_{60, 15570} = 1,85$   $p < 0,001$ ), mas não quanto ao tamanho do centróide ( $F_{2, 519} = 2,95$   $p > 0,05$ ).

A análise de variância para o tamanho corporal, medido através do tamanho do centróide, foi significativa para as populações analisadas ( $F_{6,540} = 135,63$  p < 0,001) (Fig. 3) com o maior tamanho corporal médio na população da Baia de Guanabara. O menor tamanho foi encontrado nos indivíduos do Pará. Comparando-se apenas as populações da costa maranhense, observa-se os maiores tamanhos corporais nas populações de Raposa 1 (Curupu) e Primeira Cruz, os menores valores estão nas populações de Raposa 2 (Pucal) e São José de Ribamar.

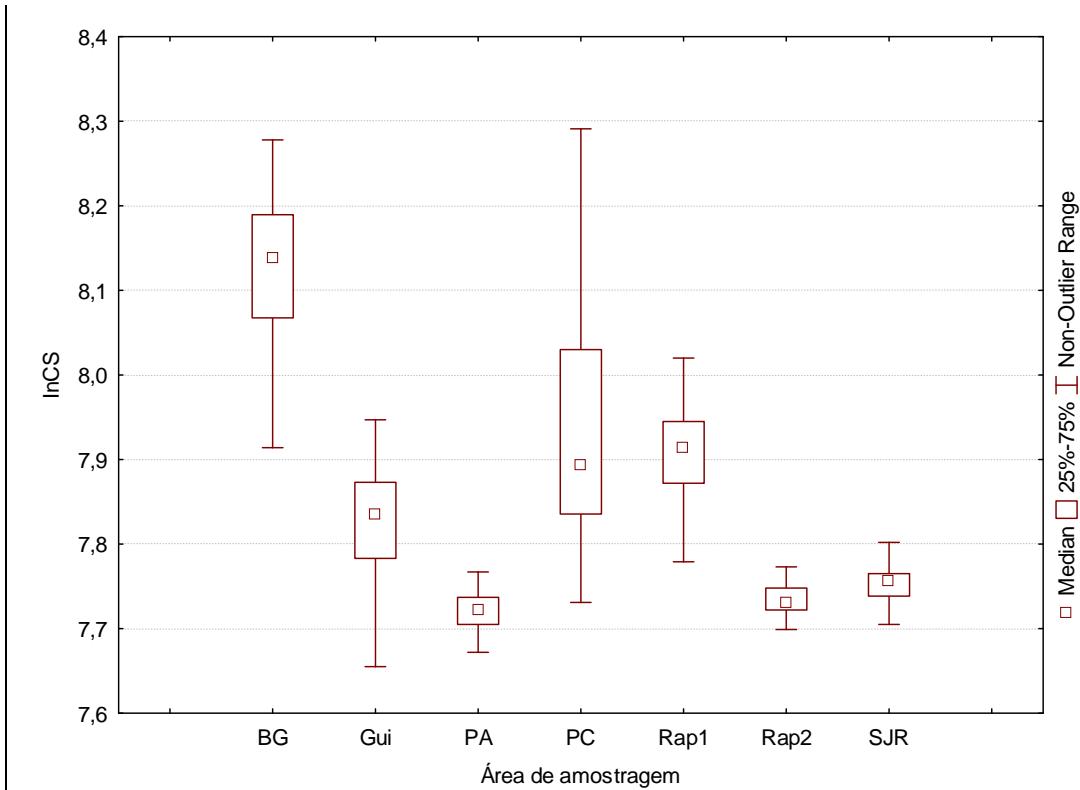


Figura 3. Box splot mostrando padrão de variação do tamanho do corpo mensurado usando logaritmo natural do tamanho do centróide (InCS) para machos e fêmeas.

Os resultados obtidos a partir da Análise de Variáveis Canônicas confirmam a ocorrência de populações distintas morfologicamente. Para os machos, a ordenação dos dados obtidos foi explicada por dois eixos principais, com variação total de 86,89% (Fig. 4).

O primeiro eixo, com 62,74% da variação, diferencia as populações da costa Norte (Pará) e da costa do Maranhão, das populações do Rio de Janeiro. As deformações corporais que diferem a população da Baía de Guanabara das demais estão relacionadas às regiões dorsais e ventral-anterior do corpo, com maior altura corporal e

variações nas nadadeiras pélvica, peitoral e dorsal (Fig. 4A). O segundo eixo canônico explica 24,15% da variação e diferencia as populações do Maranhão em dois grupos, o primeiro formado pelas populações de Guimarães e Primeira Cruz e o segundo pelas populações de Raposa, sendo que a população do Pará assume posição intermediária. Nesse eixo, as populações localizadas na região positiva (Raposa e São José de Ribamar) apresentam corpo mais alto, com maior deformação (abaixamento) na cabeça e região orbital e altura da nadadeira dorsal e o alongamento da região pélvica e anal. (Fig. 4B).

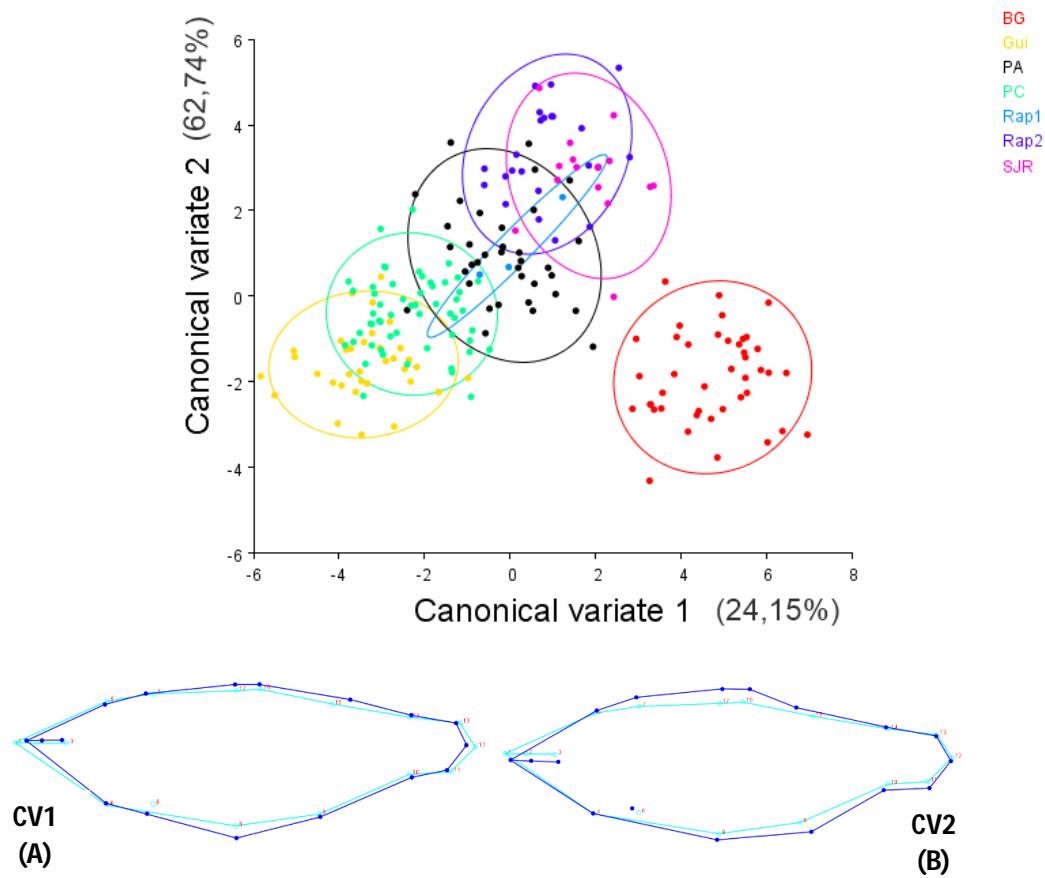


Figura 4 - Projeção dos escores individuais dos machos de *Cetengraulis edentulus* no espaço do primeiro e segundo eixos canônicos. Abaixo do gráfico são mostradas as mudanças estimadas na forma do corpo associadas a cada um dos eixos canônicos (CV1 e CV2).

Para as fêmeas, a discriminação das populações pelos eixos canônicos foi altamente significativa, com variação total de 81,95% sendo as principais diferenças concentram-se nas regiões de inserções das nadadeiras dorsais e peitoral e alongamento do corpo, tornando o fusiforme (Fig. 5). O primeiro eixo canônico, com 61,10% da

variação, apresenta uma disposição similar em relação à amostragem de indivíduos machos, onde a população da Baía de Guanabara apresenta encurtamento do focinho, nadadeiras dorsais, pélvicas e peitorais mais baixas, tornando-as mais protuberante nas regiões dorsal e pélvicas (Fig. 5A). Já as populações discriminadas no eixo segundo, com 20,76% da variação, são caracterizadas pela forma fusiforme, com disposição intermediária das populações do Pará, entre as populações da Raposa (Curupu, Pucal e Araçagy) e Guimarães e Primeira Cruz (Fig. 5B).

A formação dos grupos pela CVA é corroborada pela distância de Mahalanobis que indica maior diferenciação morfológica entre as populações da Baía de Guanabara e Guimarães (Tabela 2 e 3) e as menores entre as populações de São José de Ribamar e Raposa (Pucal), não havendo diferenças significativas na forma entre as fêmeas desses dois locais de amostragem.

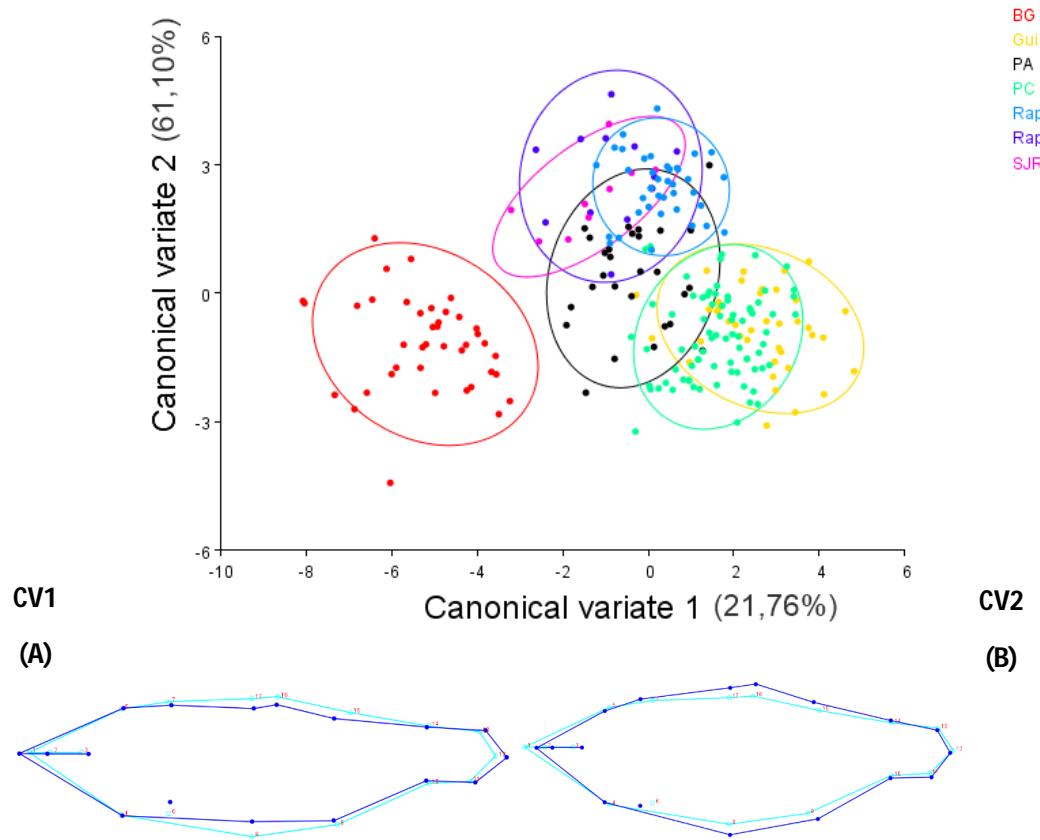


Figura 5 - Projeção dos escores individuais de fêmeas de *Cetengraulis edentulus* no espaço do primeiro e segundo eixos canônicos. Abaixo do gráfico são mostradas as mudanças estimadas na forma do corpo associadas a cada um dos eixos canônicos (CV1 e CV2).

Tabela 2 - Matriz de distância Mahalanobis entre populações de machos de *Cetengraulis edentulus* da costa do Brasil.

Local de amostragem	Baia de Guanabara	Guimarães (MA)	Pará	Primeira Cruz (MA)	Raposa 1 (Curupu) (MA)	Raposa (Pucal) (MA)
Guimarães (MA)	8,26 p < 0,001					
Pará	5,97 p < 0,001	4,80 p < 0,001				
Primeira Cruz (MA)	7,26 p < 0,001	2,77 p < 0,001	3,54 p < 0,001			
Raposa (Curupu) (MA)	6,65 p < 0,001	6,05 p < 0,001	4,88 p = 0,001	4,73 p = 0,001		
Raposa (Pucal) (MA)	6,56 p < 0,001	6,67 p < 0,001	3,77 p < 0,001	5,10 p < 0,001	4,29 p = 0,005	
São José de Ribamar (MA)	5,77 p < 0,001	7,01 p < 0,001	3,97 p < 0,001	5,70 p < 0,001	4,80 p = 0,02	2,45 p = 0,001

Tabela 3 - Matriz de distância Mahalanobis entre populações de fêmeas de *Cetengraulis edentulus* da costa do Brasil.

	Baia de Guanabara (RJ)	Guimarães (MA)	Pará	Primeira Cruz (MA)	Raposa 1 (Curupu)	Raposa 2 (Pucal)
Guimarães (MA)	7,93 p < 0,001					
Pará	5,70 p < 0,001	4,40 p < 0,001				
Primeira Cruz (MA)	6,95 p < 0,001	2,38 p < 0,001	3,16 p < 0,001			
Raposa 1 (Curupu) (MA)	6,70 p < 0,001	4,38 p < 0,001	3,81 p = 0,001	4,17 p = 0,001		
Raposa 2 (Pucal) (MA)	6,46 p < 0,001	5,85 p < 0,001	3,87 p < 0,001	5,09 p < 0,001	3,93 p = 0,005	
São José de Ribamar (MA)	5,98 p < 0,001	6,08 p < 0,001	3,61 p < 0,001	5,13 p < 0,001	4,30 p = 0,02	<b>2,54 p = 0,38</b>

## Discussão

As populações de *Cetengraulis edentulus* exibem um padrão morfológico significativamente diferente entre os locais de amostragem, relativas principalmente ao comprimento da base das nadadeiras medianas (dorsal e pélvicas) e à altura e alongamento do corpo. Embora para as populações coletadas na costa do Pará seja observado padrão morfológico intermediário, verificou-se que as populações de *Cetengraulis edentulus* podem ser discriminadas através da morfologia. Esses resultados corroboram com análise morfogeométricas realizadas com outras espécies na costa do Brasil, como *Caranx lugubris* (Jacobina *et al.*, 2013), *Ocyurus chrysurus* (Vasconcellos *et al.*, 2008), *Poecilia vivipara* (Araújo *et al.*, 2014; Gomes Júnior & Monteiro, 2008), *Abudefduf saxatilis* (Molina *et al.*, 2006), *Bathygobius soporator* (Lima-filho *et al.* 2012) e *Ogcoccephalus Vespertilio* (Cavalcanti & Lopes, 2008).

Em geral, a variabilidade morfológica é resultante da variação genética ou plasticidade fenotípica (Schlichting & Pigliucci, 1998; Moe *et al.*, 2004) induzida por condições ambientais diferenciadas em cada área geográfica (Corti *et al.*, 1996; Clabaut *et al.*, 2007). Numerosos fatores bióticos e abióticos contribuem para as divergências morfológicas, como variação de correntes, oxigênio dissolvido, abundância/tipo de presa entre os diferentes ambientes lênticos e lóticos (Crispo & Chapman, 2010; Kekäläinen *et al.*, 2010; Collin & Fumagalli, 2011), estilos de vida e/ou oportunidade migratórias (Chapman *et al.*, 2015) ou ainda limitações geográficas nas subpopulações impostas pelo impacto diferenciado das pescarias que podem determinar diferentes efeitos de seleção, como menores tamanhos de maturidade sexual (Mahe *et al.*, 2014).

A completa distinção morfológica de *C. edentulus* na região da Baía da Guanabara está relacionada a uma forma do corpo caracterizada pelo encurtamento corporal, menor região orbital, aumento da região ventral observada a partir da localização da inserção das nadadeiras peitorais e pélvicas. A forma do corpo nessa região possibilita maior manobrabilidade, o que confere maior capacidade de realizar uma manobra em menor ângulo e em maior velocidade (Webb *et al.*, 1996; Werner, 1977). Quando um peixe rotaciona seu corpo em torno de um eixo, as partes mais distantes do eixo movem-se mais rápido do que as mais próximas. Quanto mais rápido esse movimento é realizado, maior é a resistência e, consequentemente, a força usada para compensá-la. Portanto, se o corpo é curto e alto, menor será a resistência quando ele realiza uma manobra como uma arfagem (movimentos dorso-ventrais) ou guinada

(laterais) (Alexander, 1967). Considerando os registros históricos de eventos de eutrofização resultante da alta descarga de esgoto doméstico e industrial na Baía de Guanabara (Ribeiro & Kjerfve, 2002), o que dificulta a visualização de obstáculos e natação, levanta-se a hipótese de que as diferenças verificadas nestes estudos, entre as populações da Baía da Guanabara e as demais populações, signifiquem adaptações ao ambiente com forte pressão antrópica.

Outro aspecto refere-se à diferença de temperatura entre as duas regiões, apontada com um dos fatores mais importantes na condução da plasticidade fenotípica dos peixes (Gillooly *et al.*, 2002; Lécoffler *et al.*, 2008; Georga & Koumoundouros, 2010) e que atua direcionando variações na massa muscular corporal (em termos de tamanho e número de fibras musculares), afetando diretamente a capacidade natatória (Sfakianakis *et al.*, 2011b). Na região do Golfão Maranhense são registradas médias anuais de 30°C, enquanto que na região da Baía de Guanabara as médias anuais atingem 26 °C. A influência da temperatura na variação na forma foi verificada também através de experimento realizado por Ramler *et al.*, (2014) com a espécie oceânica, *Gasterosteus aculeatus*, em três gradientes de temperatura (13°C, 17 °C e 21 °C). As deformações observadas nas temperaturas testadas compreenderam cabeça e olhos maiores para os peixes criados a 17 °C, bem como uma ligeira reduzida na profundidade do corpo para os peixes criados a 13 °C. Para os peixes criados a 21 °C, os autores observam uma redução na dimensão do opérculo, do processo ventral da cintura pélvica, em comparação com os peixes cultivados no grupo de 17 °C.

As populações da Baía da Guanabara diferenciam-se ainda em função da alometria, com as maiores variações no tamanho do centróide, em relação às demais populações. Araújo *et al.*, (2014) verificam para a espécie *Poecilia vivipara* menor variação no tamanho do centróide associado a áreas com salinidade reduzida e com presença de espécies predadoras. Já Gaston *et al.*, (2008) associam essa distribuição clinal à regra de Bergmann que observa um aumento na latitude/redução das temperaturas ao aumento do tamanho corporal.

A distância geográfica foi correlacionada significativamente com a distância de Mahalanobis, em todas as áreas amostradas, com exceção apenas das fêmeas coletadas entre Raposa 2 (Pucal) e São José de Ribamar, o que sugere que a relação fenotípica entre as populações geograficamente vizinhas é atribuída ao comportamento migratório

e/ou transporte de ovos e larvas e/ou condições ambientais similares (Mamuris *et al.*, 1998).

A similaridade quanto à forma das populações de Raposa (Curupu), Raposa (Pucal) e São José de Ribamar corrobora a hipótese de manutenção do fluxo gênico dessas populações que pode ocorrer em algum momento do ciclo migratório de *C. edentulus*, que conforme Barletta *et al.*, (2003) é uma espécie migrante sazonal marinha, haja vista a maior abundância e densidade no período seco (setembro a dezembro), sendo pontuadas mudanças ontogênicas no uso do habitat em diferentes ambientes estuarinos (Giarrizzo & Krumme, 2009). Sendo que para as duas últimas, a análise de Mahalanobis não evidencia diferença significativa entre as populações fêmeas (Mahalanobis = 2,54 p>0,05). O mesmo fator é observado para as populações de Guimarães e Primeira Cruz, que mesmo distanciando-se cerca de 120km, ainda assim compartilham caracteres morfológicos que atribuem à similaridade entre a área costeira dessas duas cidades, caracterizada pela grande quantidade de manguezais e serem áreas abrigadas, as chamadas reentrâncias (Teixeira & Souza-Filho, 2009). Essas duas populações apresentam alongamento corporal, o que resulta corpo mais aerodinâmico e esguio, com disposição superior de nadadeiras. Essa configuração morfológica das populações relaciona-se aos ambientes de alto fluxo de correntes, onde se faz necessário maior propulsão permitida ainda pela posição das nadadeiras (Higham *et al.*, 2016). Assim, apesar da distância, os fatores abióticos nas duas populações não promoveram plasticidade fenotípica com desenvolvimento de caracteres morfológicos para o ambiente. Igualmente, explica-se que o compartilhamento de rotas de migração e/ou áreas de reprodução ou alimentação entre essas duas populações contribui para a manutenção do fluxo gênico entre as populações.

Os resultados deste estudo indicam a existência de variação geográfica em *C. edentulus* na costa do Brasil, o que ressalta que as medidas de ordenamento pesqueiro estabelecidas considerem a ocorrência de unidades independentes da espécie na costa brasileira. Dada à importância ecológica e complexidade do ciclo de vida dessa espécie, fazem-se necessárias análises complementares a este estudo, utilizando métodos moleculares para elucidar a estrutura populacional da espécie na costa brasileira.

## REFERÊNCIAS

- Alexander, R.Mc. N. 1967. *Functional design in fishes*. Hutchinson University Library, London.
- Araújo, F. G., Silva, M. A., Santos, J. N. S., Vasconcellos, R. M. 2008. Habitat selection by anchovies (Clupeiformes: Engraulidae) in a tropical bay at Southeastern Brazil. *Neo. Ichthyology*, 6: 583-590.
- Araújo, M. S., Perez, S. I., Magazoni, M. J. C., Petry, A. 2014. Body size and allometric shape variation in the molly *Poecilia vivipara* along a gradient of salinity and predation. *Evol. biol.* 14: 3-11.
- Batista, V. S. & FABRÉ, N. N. 2001. Temporal and spatial patterns on serra, *Scomberomorus brasiliensis* (Teleostei, Scombridae), catches from the fisheries on the Maranhão coast, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 61: 541-546.
- BARLETTA, M.; A. BARLETTA-BERGAN; U. SAINT-PAUL & G. HUBOLD. 2003. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). *Marine Ecology Progress Series* 256: 217-228.
- Bookstein, F. L. 1991. *Morphometric tools for landmark data*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Breda, L., Oliveira, E. F., Goulart, E. 2005. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies Neotropicais. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 27: 371-381.
- Castro, D. N., Lima, W. M. G., Mendes, N. C. B., Nascimento, M. S., Lutz, Í. A. F., Cardoso, C. N. A., Silva, B. B. 2015. Dieta Natural de *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801) capturada por embarcações pesqueiras industriais sediadas no Estado do Pará. *Biota Amaz.* 5: 50-54.
- Cavalcanti, M. J. & Lopes, P. R. D. 1998. Variação geográfica de caracteres quantitativos em *Ogcocephalus Vespertilio* (Linnaeus) (Teleostei, Lophiiformes, Ogcocephalidae). *Revta bras. Zool.* 15: 125 – 134.
- Collin, H. & Fumagalli L. 2011. Evidence for morphological and adaptive genetic divergence between lake and stream habitats in European minnows (*Phoxinus phoxinus*, Cyprinidae). *Mol. Ecology*. 20: 4490–4502.
- Corti, M., Loy, A. & Cataudella, S. 1996. Form changes in the sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Moronidae Teleostei), after acclimation to freshwater: An analysis using shapecoordinates. *Envir. Biology of Fishes*. 47: 165-175.

- Chapman, B. B., Hulthen, K., Bronmark, C., Nilsson, P. A., Skov, C., Hansson, L., Brodersen, J. 2015. Shape up or ship out: migratory behaviour predicts morphology across spatial scale in a freshwater fish. *Journal of Animal Ecology*. 84: 11 87- 11 93.
- Clabaut, C., Bunje P.M.E., Salzburger W. & Meyer A. 2007. Geometric morphometric analyses provide evidence for the adaptive character of the Tanganyikan cichlid fish radiations. *Evolution*. 61: 560-578.
- Crispo, E. & Chapman, L. J. 2010. Geographic variation in phenotypic plasticity in response to dissolved oxygen in na African cichlid fish. *Journal of Evolutionary Biology*. 23: 2091–2103.
- Espirito Santo, R. V. Produtividade da frota artesanal que captura serra, (*Scomberomorus brasiliensis*, Collete, Russo & Zavalla-Camin, 1978), na costa norte do Brasil. 2012. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Pará.
- Erdogan, Z.; Turan, C.; Koc, H. T. 2009. Morphologic and Allozyme Analyses of European anchovy (*Engraulis encrasicolus* (L. 1758)) in the Black, Marmara and Aegean Seas. *Acta Adriat.* 50: 77 – 90.
- Franssen, N. R. 2011. Anthropogenic habitat alteration induces rapid morphological divergence in a native stream fish. *Evol. Appl.* 4:791–804.
- Furtado, J.G.C. 2007. Estudo de impactos ambientais causados por metais pesados em água do mar na baía de São Marcos: correlações e níveis de background. Dissertação (Mestrado em Química Analítica)- Faculdade de João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba.
- Gay, D., Sergipense, S., Rocha, C. F. D. 2000. Ocorrência e distribuição de *Cetengraulis edentulus* (Cuvier) (Teleostei, Engraulidae) na Laguna de Itaipu, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 17: 463-472.
- Gaston, K.J.; Chown, S.L. & Evans, K. L. 2008. Ecogeographical rules: elements of a synthesis. *J. Biogeogr.* 35: 483-500.
- Georga, I. & Koumoundouros, G. 2010. Thermal induced plasticity of body shape in adult zebrafish *Danio rerio* (Hamilton, 1822). *J. Morph.* 271: 1319–1327.
- Giarrizzo, T.; Krumme, U. 2009. Temporal patterns in the occurrence of selected tropical fishes in Mangrove Creeks: implications for the fisheries management in North Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 52: 679-688.
- Gillooly, J.F., Charnov, E.L., West, G.B., Savage, V.M. & Brown, J.H. 2002. Effects of size and temperature on developmental time. *Nature*. 417: 70–73.
- Gomes JR,J. L., Monteiro,L. R. 2008. Morphological divergence patterns among populations of *Poecilia vivipara* (Teleostei Poeciliidae): test of an ecomorphological paradigm. *Biological Journal of the Linnean Society*. 93: 799–812.

Higham, T. E., Rogers, S. M. 2., Langerhans, R. B., Jamniczky, H. A., Lauder, G. V., Stewart, W. J., Christopher, H. M., Reznick, D. N. 2016. Speciation through the lens of biomechanics: locomotion, prey capture and reproductive isolation. *Proc. R. Soc. B.* 283: 1-10.

Inmet. 1992. *Normas climatológicas (1961 - 1990)*. Instituto Nacional de Meterologia, Brasília.

Ibañes, A. L., Cowx, I. G., O'higgins, P. 2007. Geometric morphometric analysis of fish scales for identifying genera, species, and local populations within Mugilidae. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64:1091-1100.

Jacobina, U. P., Martinez, P. A., Cioffi, M. B., Garcia Jr., J., Bertollo, L. A. C. & Molina, W. F. 2014. Morphological and karyotypic differentiation in *Caranx lugubris* (Perciformes: Carangidae) in the St. Peter and St. Paul Archipelago, mid-Atlantic Ridge. *Helgoland Marine Research.* 68: 17-25.

Jørgensen, H., Pertoldi, C., Hansen, M., Ruzzante, D., Loeschke, V. 2008. Genetic and environmental correlates of morphological variation in a marine fish: the case of Baltic Sea herring (*Clupea harengus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 389-400.

Kekäläinen J., Kähkönen J., Kiviniemi, V., & Huuskonen H. 2010. Morphological variation of perch *Perca fluviatilis* in humic lakes: the effect of predator density, competition and prey abundance. *Journal of Fish Biology* 76: 787-799.

Klingenberg, C. P. 2008. MorphoJ software. Version 1.02c. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK [available on internet at [http://www.flywings.org.uk/MorphoJ\\_page.htm](http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm)].

Kjerfve, B., C. H. A. Ribeiro, G. T. M. Dias, A. M. Filippo & V. S. Quaresma. 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research.* 17: 1609-1643.

Lara, R. J. 2003. Amazonian mangroves, a multidisciplinary case study in Pará State, North Brazil: Introduction. *Wetl. Ecol. Manag.* 11: 217-221.

Lima-Filho, P. A., Cioffi, M. B., Bertollo, L. A. C., Molina, W. F. Chromosomal and morphological divergences in Atlantic populations of the frillfin goby *Bathygobius soporator* (Gobiidae, Perciformes). 2012. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 434-43: 63-70.

Löffler, J., Ott, A., Ahnelt, H. & Keckeis, H. 2008. Early development of the skull of *Sander lucioperca* (L.) (Teleostei: Percidae) relating to growth and mortality. *J. Fish Biol.* 72: 233-258.

Mamuris, Z., Apostolidis, A. P., Panagiotaki, P., Theodorou, A. J., Triantaphyllidis, C. 1998. Morphological variation between red mullet populations in Greece. *Journal of Fish Biology.* 52: 107-117.

- Mahe, K., Villanueva, M. C., Vaz, S., Coppin, F., Koubbi, P., Carpentier A. 2014. Morphological variability of the shape of striped red mullet *Mullus surmuletus* in relation to stock discrimination between the Bay of Biscay and the eastern English Channel. *Journal of Fish Biology.* 84: 1063–1073.
- Melo, G. V. 2004. Transporte de metais pesados no sedimento em suspensão na Baía de Guanabara, em um ciclo de maré. Disertação .102 p.
- Moe, B., Brunvoll, S., Mork, D., Brobak, T. E. & Bech, C. 2004. Developmental plasticity of physiology and morphology in diet-restricted European shag nestlings (*Phalacrocorax aristotelis*). *Journal of Experimental Biology.* 207: 4067-4076.
- Motta, P.J. & Wilga, C.A.D. 1995. Anatomy of the feeding apparatus of the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. *J. Morphol.* 226: 309-329.
- Molina, W. F., Shibatta, O. A. & Galetti-JR, 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: 49-56.
- Paranhos, R. & L. M. Mayr. 1993. Seasonal Patterns of Temperature and Salinity in Guanabara Bay, Brazil. *Fresenius Environment Bulletin,* 2: 647-652.
- | Paknejad, S., Heidari, A., Mousavi-Sabet, H. 2014. Morphological variation of shad fish *Alosa brashnicowii* (Teleostei, Clupeidae) populations along the southern Caspian Sea coasts, using a truss system. *International Journal of Aquatic Biology.* 2: 330-336.
- Ramler, D., Mitteroecker, P., Shama, L. N. S., Wegner, K. M. & Ahnelt, H. 2014. Effects of temperature on body form and developmental canalization in the threespine stickleback. *Evol. Biol.* 27: 497–507.
- Ribeiro, C. H. A. & Kjerfve, B. 2002. Anthropogenic influence on the water quality in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Regional Environmental Change.* 3:13-19.
- Rohlf, F. J. TPSDig. Computer program. Version 2.16. 2010.
- Rohlf, F. J.; Slice, D. 1990. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology.* 39: 40-59.
- Santos, J. H. et al. Características geológicas e geomorfológicas da baía de São Marcos, Golfo Maranhense - MA. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4, 2004, São Luís. Anais... São Luís: UGB.
- Sfakianakis, D. G., Leris, I., Laggis, A., Kentouri, M. 2011a. The effect of rearing temperature on body shape and meristic characters in zebrafish (*Danio rerio*) juveniles. *Environ Biol Fish.* 92:197–205.
- Sfakianakis, D. G., Leris, I., Laggis, A., Kentouri, M. 2011b. Effect of developmental temperature on swimming performance of zebrafish (*Danio rerio*) juveniles. *Environ Biol Fish.* 40: 421-427.

- Schlichting, C. D. and Pigliucci, M. 1998. *Phenotypic Evolution: A Reaction Norm Perspective*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Sergipense, S., Caramaschi, E. P.&Sazima, I. 1999. Morfologia e hábitos alimentares de duas espécies de Engraulidae (Teleostei, Clupeiformes) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Oceanografia*. 47: 173-188.
- Silva, M. A., Araújo, F. G., Azevedo, M. C. C., Mendonça, P. 2003. Distribuição espacial e temporal de *Cetengraulis edentulus* (Actinopterygii, Engraulidae) na Baia de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 20: 577-581.
- StatSoft, Inc. (2005). STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Souza Filho, P. W. M. &El-Robrini, M. A. 1997. A influência das variações do Nível do Mar na Morfoestratigrafia da Planície Costeira Bragantina (NE do Pará) durante o Holoceno-Nordeste do Estado do Pará. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (Ed.). Contribuições à geologia da Amazônia. [S.l.]: FINEP. p. 308-337.
- Teixeira, S. G.; Souza Filho, P. M. W. 2009. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. *Rev. Bras. Geof.* 27: 69-82.
- Turan, C.; Erguden, D.; Gurlex, M.; Basusta, N.; Turan, F. 2004. Morphometric structuring of the anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Black, Aegean and Northeastern Mediterranean Seas. *Turk J Vet Anim Sci.* 28: 865-871.
- Valentin, J. L., D. R. Tenenbaum, A. Bonecker, S. L. C. Bonecker, C. R. Nogueira, R. Paranhos & M. C. Villac. 1999. Caractéristiques hydrologiques de La Baie de Guanabara (Rio de Janeiro, Brésil). *Journal de Recherche Oceanographique*, 24: 33-41.
- Vasconcellos, A. V., Vianna, P.; Paiva, P. C., Schama, R. &Solé-Cava, A. 2008. Genetic and morphometric differences between yellowtail snapper (*Ocyurus chrysurus*, Lutjanidae) populations of the tropical West Atlantic. *Genetics and Molecular Biology*. 31: 308-316.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM, Maringá.
- Wainwright, P.C., Bellwood, D.R. & Westneat, M.W. 2002. Ecomorphology of locomotion in labrid fishes. *Envir. Biol. Fishes*. 65:47- 62.
- Webb, P.W., LaLiberte, G. D., Schrank, A. J. 1996. Does body and fin form affect the maneuverability of fish traversing vertical and horizontal slits? *Environmental Biology of Fishes*. 46: 7-14.
- Werner, E.E. 1977. Species packing and niche complementarity in three sunfishes. *Am. Nat.*, 111: 553-578.

Whitehead, P. J. P.; Nelson G. J.; Wongratana, T. FAO species catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolfherrings. Part 2 - Engraulidae. FAO Fish. Synop. V. 7, n. 125, p. 2-579. 1988.

## CAPÍTULO II

Variação ontogenética na alometria de *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) (OSTEICHTHYES, ENGRAULIDAE) na costa Norte/Nordeste do Brasil

### Resumo

No presente estudo são apresentadas as estimativas das relações comprimento-peso *Cetengraulis edentulus* capturadas em cinco regiões do estado do Maranhão e uma no estado do Pará. Para estimativa dos parâmetros foram empregados o método não linear de mínimos quadrados e o valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Os valores dos coeficientes b foram testados em relação à isometria ( $b=3$ ) através de teste t. O valor do coeficiente b variou entre 3,27 a 3,38 para adultos e amostra total, respectivamente, constatada tendência de alometria positiva para a espécie. Não houve diferenças entre machos e fêmeas e entre adultos e juvenis.

### **1 Introdução**

Na costa Norte e Nordeste do Brasil, *Cetengraulis edentulus* apresenta grande importância ecológica e representatividade em termos de abundância e frequência (BARLETTA et al., 2003; GIARRIZZO & KRUMME, 2009; PIORSKI, et al. 2009; SILVA et al., 2015). Em função do hábito alimentar, essa espécie converte a biomassa fitoplânctônica para níveis maiores de consumidores, sendo portanto um importante elo da cadeia trófica (HILDEBRAND, 1963). Além disso, a alta produção e dinâmica da entrada dessa espécie em ambientes estuarinos da costa Norte em busca de alimento \cronometra também a entrada de outras espécies predadoras no estuário do Rio

Amazonas, como *M. ancyilonodon* (ESPIRITO-SANTO *et al.*, 2012; CASTRO *et al.*, 2015) e de *Scomberomus brasiliensis* na costa do Maranhão (BATISTA & FABRÉ, 2001), o que a associa a alta produção pesqueira na região Norte/Nordeste.

As informações relativas aos parâmetros de peso e comprimento são fundamentais no contexto do manejo e conservação pesqueiro para fins de regular as capturas e estimativas de biomassa (FROESE *et al.*, 2014). Nesse contexto, essa pesquisa fornece informações relativas aos parâmetros de peso-comprimento de *Cetengraulis edentulus* coletados no Pará e Maranhão.

## 2 Material e Métodos

Espécimes de *Cetengraulis edentulus* foram coletados no período de junho de 2015 a julho 2016 em cinco regiões da costa do Estado do Maranhão (Raposa - Curupu e Pucal, Primeira Cruz e Guimarães e São José de Ribamar) e uma região do Estado do Pará (Quatipuru), totalizando 495 espécimes coletados (Tabela 1). Para a captura dos espécimes foram utilizadas rede de zangaria e puçá. Considerando o reduzido número de espécimes para alguns locais de amostragens, optou-se por realizada a análise conjunta de todos os pontos de coleta.

Após a captura, os espécimes foram levados ao laboratório para registro dos dados de comprimento total (cm), peso total (g) e determinação sexual de acordo com Vazzoler (1996). A relação entre comprimento total e peso total foi estimada através da regressão linear da equação transformada:  $\log PT = \log a + b \log CT$  (LECREN, 1951; PAULY, 1984), onde PT refere-se ao peso total (g), CT é comprimento total (cm), *a* é a interceptação em *y* e *b* declive do crescimento alométrico (FROESE, 2006). Análise de covariância foi usada para determinar possíveis diferenças entre os parâmetros da regressão de machos e fêmeas e juvenis (estágios A e B) e adultos (estágios C e D). O

teste t com intervalo de 95% foi verificado se b foi significativamente diferente do valor de isometria de 3 (SOKAL; ROHLF, 1987; GIARRIZZO et al., 2006).

### 3 Resultados

Foram coletados 495 espécimes de *Cetengraulis edentulus*, compreendendo 230 machos e 265 fêmeas. O comprimento total de fêmeas e machos variou de 9,8 a 14,2cm e peso total de 7,26-34,37g. Os maiores valores em comprimento e peso registrados para as coletas realizadas em Raposa/Pucal e São José de Ribamar, ambas realizadas em julho de 2016 (Tabela 1). Os resultados dos parâmetros da relação peso-comprimento indicam que a espécie apresenta crescimento alométrico positivo ( $b>3$ ), com maior incremento em peso em relação ao comprimento. Não foram verificadas diferenças significativas no crescimento alométrico de machos e fêmeas, observadas a partir do resultado da ANCOVA que indica variância homogênea ( $F = 2,576$ ;  $p > 0,05$ ), para a regressão entre os sexos. Resultados semelhantes foram observados quando se efetuou análise considerando os indivíduos em estágios reprodutivos iniciais, os juvenis, (estágio A e B) e os adultos (estágios C e D) (Tabela 2).

### 4 Discussões

Os dados bióticos registrados para a espécie são similares a outros trabalhos realizados no Estado do Maranhão (PINHEIRO JÚNIOR, et al. 2005) e no Pará (KRUMME, et al. 2008). No entanto, difere dos valores de estudos realizados em regiões subtropicais, onde há registro de capturas de *C. edentulus* com comprimento total variando 11,4-17,9cm (SAMPAIO FRANCO, et al. 2014), de 7,2-17,1cm (SOUZA-CONCEIÇÃO et al., 2005), e de 2,3-15,8mm (GAY et al., 2000). Tais

resultados podem ser explicados considerando a área de vida de *C. edentulus* nos diferentes ambientes amostrados. Na Baía de Guanabara, por exemplo, a espécie realiza todo seu ciclo de vida na baía (SAMPAIO FRANCO et al., 2014), podendo ser recrutada em comprimentos maiores pela frota pesqueira. Enquanto que nas regiões Norte/Nordeste, as áreas estuarinas são utilizadas apenas para parte do ciclo de vida, como já apontado por Giarrizzo & Krumme (2009), com ocorrência de migração sazonal para os ambientes de maior salinidade.

A maior biomassa de *C. edentulus* observadas nas amostragens realizadas em Raposa/Pucal e São José de Ribamar podem estar relacionadas ao período reprodutivo da espécie, que de acordo com Giarrizzo e Krumme (2009) ocorre no período de transição entre as estações seca e chuvosa.

O crescimento alométrico positivo observado para a espécie indica maior incremento em peso, não havendo dimorfismo sexual e interferência os aspectos ontogenéticos. De acordo com Fonteles-Filho (1989), o valor do coeficiente angular b da relação peso/comprimento é função da reprodução, temperatura e disponibilidade de alimentos e a alometria positiva seria explicada como uma adaptação para evitar a predação. Souza-Conceição et al. (2005), em análise que compreendeu indivíduos com maior amplitude de comprimento total, verificaram também crescimento alométrico positivo para *C. edentulus*. Na costa Norte, Giarrizzo et al. (2006) confirma esse resultado para *C. edentulus*. Para outros Engraulídeos, como *Anchoa tricolor*, *Anchoviella lepidostole* e *Engraulis anchoita* também é verificado crescimento alométrico positivo (VAZ-DOS-SANTOS et al., 2013).

## REFERÊNCIAS

- BATISTA, V. S. & FABRÉ, N. N. 2001. temporal and spatial patterns on serra, *Scomberomorus brasiliensis* (Teleostei, Scombridae), catches from the fisheries on the Maranhão coast, Brazil. **Braz. J. Biol.**, 61(4): 541-546
- BARLETTA, M.; A. BARLETTA-BERGAN; U. SAINT-PAUL & G. HUBOLD. 2003. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series** 256: 217-228.
- CASTRO, D. N., LIMA, W. M. G., MENDES, N. C. B., NASCIMENTO, M. S., LUTZ, Í. A. F., CARDOSO, C. N. A., Silva, B. B. Dieta Natural de *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801) capturada por embarcações pesqueiras industriais sediadas no Estado do Pará. **Biota Amazônia**. Macapá, v. 5, n. 3, p. 50-54, 2015.
- ESPIRITO SANTO, R. V. **Produtividade da frota artesanal que captura serra, (*Scomberomorus brasiliensis*, Collete, Russo & Zavalla-Camin, 1978), na costa norte do Brasil.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Pará. 103 p. 2012.
- FONTELES-FILHO, A. A. **Recursos Pesqueiros: Biologia e Dinâmica Populacional.** Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará. 1989, 296p.
- FROESE, R., THORSON, J. T.; REYES, R. B. (2014). A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. **Journal of Applied Ichthyology**, 30, 78–85.
- FROESE, R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 22, p. 241–253, 2006.

GAY, D.; SERGIPENSE, S., ROCHA, C. F. D. Ocorrência e distribuição de *Cetengraulis edentulus* (Cuvier) (Teleostei, Engraulidae) na Laguna de Itaipu, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia.** V. 17, n. 2, p. 463-472, 2000.

GIARRIZZO, T.; KRUMME, U. Temporal patterns in the occurrence of selected tropical fishes in Mangrove Creeks: implications for the fisheries management in North Brazil. **Braz. Arch. Biol. Technol.** V. 52, n. 3, p. 679-688, may/jun, 2009.

GIARRIZZO, T. A. J.; SILVA DE JESUS, E. C.; LAMEIRA, J. B. ARAUJO DE ALMEIDA, V. Isaac and U. Saint-Paul1. Weight-length relationships for intertidal fish fauna in a mangrove estuary in Northern Brazil. **J. Appl. Ichthyol.** 22 (2006), 325–327

HILDEBRAND, S. F. Family Engraulidae. Memoires Sears Foundation for Marine Research. V. 1, p. 152-249, 1963.

KRUMME, U.; KEUTHEN, H.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U.; VILLWOCK, W. Resuspended intertidal microphytobenthos as major diet component of planktivorous Atlantic Anchoveta *Cetengraulis edentulus* (Engraulidae) from equatorial mangrove creeks. **Ecotropica.** V. 14, p. 121-128, 2008.

LE-CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch, *Perca fluviatilis*. **Journal of Animal Ecology**, v. 20, p. 201–219, 1951.

MOREY, G., J. Moranta, E. Massutí, A. Grau, M. Linde, F. Riera & B. Morales-Nin. 2003. Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. **Fisheries Research**, 62: 89-96.

PAULY, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. **ICLARM Stud. Rev.**, 8: 325 p.1984

PIORSKI, N. M.; SERPA, S.; NUNES, J. L. S. Análise comparativa da pesca de curral na Ilha de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. Arquivos Ciências do Mar, V. 42, p. 65-71, 2009.

PINHEIRO JÚNIOR, J. R.; CASTRO, A. C. L.; GOMES, L. N. Estrutura da comunidade de peixes do estuário do Rio Anil, Ilha de São Luís, Maranhão. Arq. Ciênc. Mar, Fortaleza, 2005, 38: 29 – 37

SAMPAIO-FRANCO, A. C.; BROTTO, D. S.; ZEE, D. M. W.; SANTOS, L.N. Reproductive biology of *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829), the major fishery resource in Guanabara Bay, Brazil. Neotropical Ichthyology. V. 12, p. 4, p. 819-826, 2014.

SILVA, N. K. A. Riqueza taxonômica e diversidade da assembleia de peixes na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense. Dissertação de Mestrado (Universidade Estadual do Maranhão), 77p. 2015.

SOUZA-CONCEIÇÃO, J. M.; RODRIGUES-RIBEIRO, M.; CASTRO-SILVA, M. A. Dinâmica populacional, biologia reprodutiva e o ictioplâncton de *Cetengraulis edentulus* Cuvier (Pisces, Clupeiformes, Engraulidae) na enseada do Saco dos Limões, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia. V. 22, n. 4, p. 953-961, 2005.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. *Introduction to Biostatistics*. New York: Freeman, 1987.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. Del B. Length-weight relationships of the ichthyofauna associated with the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, on the Southeastern Brazilian Bight (22°S-29°S) between 2008 and 2010. **Biota Neotropical**, v. 13, n. 2, 2016.

Tabela 1 – Dados bióticos de espécimes de *C. edentulus* capturados na costa Norte/Nordeste.

Local	N	TL range (cm)	Weight range (g)
Curupu/Raposa/MA	♂=3 ♀=39	12,1-14,2	11,4-28,2
Guimarães/MA	♂=34 ♀=38	10,2-12,6	7,34-12,6
Primeira Cruz/MA	♂=47 ♀=70	9,8-13,4	7,32-22,51
Pucal/Raposa/MA	♂=24 ♀=19	12,2-13,6	18,76-34,37
São José de Ribamar/SJR/MA	♂=49 ♀=37	10-14,2	8,65-34,37
Quatipuru/PA	♂=70 ♀=62	9,8-11,9	7,26-16,03
Total	♂=230 ♀=265	9,8-14,2	7,26-34,37

Tabela 2 – Número de espécimes (n), amplitude de comprimento total (cm), parâmetros de peso-comprimento, coeficiente de determinação, padrão de crescimento ( $i =$  isométrico;  $a =$  alométrico;  $+ =$  positivo;  $- =$  negativo) and porcentagem de indivíduos por estágios de vida de *Cetengraulis edentulus* coletado na costa Norte/Nordeste do Brasil.

Tabela 2 - Parâmetros da Relação peso-comprimento de *Cetengraulis edentulus* coletado na costa Norte/Nordeste.

Local	N	TL range	Weight range (g)	a	b	r <sup>2</sup>	Crescimento
		(cm)					

Juvenis	392	9,8-14,2	7,26-34,47	0,1285	3,3363	0,78	a+
Adultos	203	8,6-14,2	8,06-32,25	0,1414	3,2705	0,90	a+
Total	495	9,8-14,2	7,26-34,37	5,6921	3,3856	0,8584	a+

## CONCLUSÕES FINAIS

- A morfometria geométrica mostrou-se uma ferramenta eficaz nos estudos de definição de estoques pesqueiros;
- As populações de *Cetengraulis edentulus* apresentam diferenciação morfométrica provavelmente relacionada às condições de temperatura diferenciada entre os ambientes amostrados;
- A similaridade entre as amostras de *C. edentulus* coletadas na costa do Maranhão evidenciam a ocorrência de eventos migratórios para a espécie;
- A espécie apresenta crescimento alométrico positivo, não havendo dimorfismo sexual e diferenças ontogênicas.

## Anexo I – Journal of Evolutionary Biology

### 1.1.1.1 Author Guidelines

**JEB now referees papers Blind. Please read the author guidelines carefully to ensure that your manuscript is submitted properly.**

#### Scope

The *Journal of Evolutionary Biology* seeks to publish very good papers of broad interest to general evolutionary biologists. Papers that are of narrow interest, or are not original in scope are not suitable for JEB.

#### Publication charges

There are no page charges for the *Journal of Evolutionary Biology*. Colour figures are reproduced free of charge and authors are encouraged to make good use of colour wherever possible. There is a charge for open access publication of your article if you choose this (for details see 'Online Open', below).

#### Online submission and review

Full instructions for preparing and submitting manuscripts are provided at the submission site: <http://mc.manuscriptcentral.com/jeb>. All submissions should be online through this site.

#### Manuscript categories

*Journal of Evolutionary Biology* publishes ordinary Research Articles (typically 6-10 printed pages), Short Communications (typically 3-5 pages; results and discussion may be combined), and Review Articles. Review Articles are in depth examinations of areas, rather than short commentaries or opinion pieces (see recent examples); in rare cases, typically commissioned, reviews are published with commentaries as a Target Review. Manuscripts in all categories (except commentaries on Target Reviews) to include an abstract.

#### Submission and handling of manuscripts

Manuscripts are allocated to the Editor-in-Chief, Reviews Editor or one of the Deciding Editors by the Managing Editor. Manuscripts are typically reviewed by two reviewers; however, manuscripts can be declined without review by an editor if their contribution to the journal's goals is deemed to be marginal or if it seems unlikely that they would fare well in the review process. Due to increasing number of submissions, these immediate rejections are becoming more frequent.

Manuscripts for the *Journal of Evolutionary Biology* are submitted online through ScholarOne at <http://mc.manuscriptcentral.com/jeb>. In ScholarOne please follow the onscreen instructions carefully. Upload all your files **WITHOUT ANY AUTHOR DETAILS**. The title page should be **THE ONLY DOCUMENT CONTAINING THE IDENTITY OF THE AUTHORS** and submitted separately. Any

**supplementary material, and/or acknowledgments MUST NOT include author details. Manuscripts will be unsubmitted and sent back to you to correct.**

Submission online enables the quickest possible review and online manuscript tracking. Manuscripts can be uploaded as a Word (.doc, .docx), Rich Text Format (.rtf) or LaTex document. LATEX SUBMISSIONS: Author must also (1) upload a PDF file of the entire manuscript for the reviewers, and (2) compress your LaTex files into a zip or tar file before uploading and select 'Not for review' when uploading the zip/tar file. Full upload instructions and support are available online from the submission site via the 'Get Help Now' button. You can also email for online Submission support.

All submitted manuscripts must be accompanied by a covering letter stating that the enclosed work is not under consideration for publication in another journal or book; that its submission for publication has been approved by all relevant authors and institutions; and that all persons entitled to authorship have been so named. Submitting authors should also assert that all authors have seen and agreed to the submitted version of the manuscript. The covering letter should give the word count of the full text, excluding abstract, references, tables and figure legends. Authors should always complete the preferred reviewers section when submitting manuscripts. Please identify a minimum of two members from the 'Board of Reviewing Editors' (not Deciding Editors) as potential reviewers. You are welcome to specify non-Board reviewers in addition, particularly if they are specialists in your subject area.

In order to expedite production, authors are required to submit their revised manuscripts online. It is in the interests both of the authors and of the journal that amended manuscripts are returned promptly. A revised paper will retain its original date of receipt only if it is received within 8 weeks of the date of return to the author. Revised papers submitted after this interval will be treated as a new submission unless an extension is requested. When resubmitting your manuscript please ensure you upload your response letter with your other files, so it will form part of the PDF. All final decisions will rest with the Editorial Office and authors will receive decision letters from the Editorial Office.

Artwork will be produced from electronic files if at all possible (see below). On request, authors should provide two sets of the original figures.

Online production tracking is now available for your article through **Author Services**. This enables authors to track their article - once it has been accepted - through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production so they do not need to contact the production editor to check on progress. Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor/> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

#### **Referrals to the Open Access Journal "Ecology and Evolution"**

This journal works together with Wiley's Open Access Journal, [Ecology and Evolution](#), to enable rapid publication of good quality research that is unable to be accepted for publication by our journal. Authors will be offered the option of having the paper, along

with any related reviews, automatically transferred for consideration by the Editor of Ecology and Evolution. Authors will not need to reformat or rewrite their manuscript at this stage, and publication decisions will be made a short time after the transfer takes place. The Editor of Ecology and Evolution will accept submissions that report well-conducted research which reaches the standard acceptable for publication. Accepted papers can be published rapidly: typically within 15 days of acceptance. Ecology and Evolution is a Wiley Open Access journal and article publication fees apply. For more information please go to [www.ecolevol.org/info](http://www.ecolevol.org/info).

---

### **Presentation of manuscripts**

Manuscripts should be written in clear, concise, and grammatically correct English; manuscripts that are inadequately prepared will be returned to the authors. Manuscripts submitted by non-native English speakers must be thoroughly corrected by a native English speaker prior to submission. Manuscripts should be typewritten in double-spacing on one side of 297 mm x 210 mm (11 inch x 8.5 inch) white paper, with 2.5 cm (1 inch) margins on all sides. All pages should be numbered consecutively, and line numbers should be printed on each page to facilitate ease of reference for reviewers.

**Length of the manuscripts:** Manuscripts should not typically exceed 10 printed pages (including figures and tables). In general, allow 900 words per printed page and subtract 160 words for each figure and table.

**Title page:** The title page should contain the article title, full name(s) of author(s), affiliation(s), a short running title (abbreviated form of title) less than 45 characters including spaces, and the name and complete mailing address, **including telephone and fax numbers and e-mail address** of the person to whom correspondence should be sent.

**Abstract page:** The abstract page should contain a short summary not exceeding 250 words and include at least 4 and up to 10 keywords.

### **Main text**

The organization of the main text should be chosen to fit the work reported. All papers should begin with an introduction that describes why the work is important and end with a discussion of the significance of the results and their relation to other work. The following format is recommended for empirical studies:

- (1) Introduction. The introduction should summarise briefly the background and aims, and end with a very brief statement of what has been achieved by the work.
- (2) Materials and methods. This section should contain sufficient detail so that all procedures can be repeated (in conjunction with cited references).
- (3) Results. The Results section should present the experiments that support the conclusions to be drawn later in the Discussion. The Results Section should conform to a high standard of rigour. Extended lines of inference, arguments or speculations should not be placed in the Results.
- (4) Discussion. The Discussion section should be separate from the Results section. It allows authors to propose their interpretation of the results, and to suggest what they might mean in a wider context. It should end with a clear statement of the main conclusions of the research, and a clear explanation of their importance and relevance.

(5) Acknowledgments. The acknowledgments (e.g. of financial support) should be brief.  
 (6) References. Citation to papers by up to two authors in the text should be in full, e.g. (Able & Charles, 1986). If the number of authors exceeds two, the first author plus *et al.* should be used (e.g. Frank *et al.*, 1986). When different groups of authors with the same first author and date occur, they should be cited by using a,b,c, etc. after the date (e.g., James *et al.*, 1986a,b). References should be listed in chronological order in the text, e.g. (Lowe *et al.*, 1986; Able *et al.*, 1997). At the end of the paper, references should be listed in alphabetical order. Names and initials of authors (**up to six**), year of publication, the full titles of papers, chapters and books, **the abbreviated titles of journals** (manuscripts with full journal titles will be returned to the author for revision), volumes and inclusive pagination should be provided. Do not include the doi (digital object identifier) if the journal article is already published within an issue, instead simply state the volume and page range. Do not include the total number of pages of single volume works (e.g. entire books or reports). Multi-authored works should list the first six authors followed by *et al.* Examples of reference style are given below:

Briggs, C.W. 2012. Plumage polymorphism and fitness in Swainson's hawks. *J. Evol. Biol.*, in press.

Lynch, M. 1989. The gauge of speciation: on the frequencies of modes of speciation. In: *Speciation and its Consequences* (D. Otte & J.E. Endler, eds), pp. 527–553. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Ridley, M. 1996. *Evolution*, 2nd edn. Blackwell Science, Oxford.

Simon, C. 1992. Molecular systematics. In: *Proceedings of First International Symposium on Molecular Techniques in Taxonomy* (J.C. Avise, ed.), pp. 23–34. Denton, Texas, 4–6 November 1992. Springer, Berlin.

Smith, D.R., Crespi, B.J. & Bookstein, F.L. 1997. Fluctuating asymmetry in the honey bee, *Apis mellifera*: effects of ploidy and hybridization. *J. Evol. Biol.* **10**: 551–574.

Werren, J.H., Richards, S., Desjardins, C.A., Niehuis, O., Gadau, J., Colbourne, J.K. *et al.* 2010. Functional and evolutionary insights from the genomes of three parasitoid *Nasonia* species. *Science* **327**: 343–348.

Wiens, J.J., Sparreboom, M. & Arntzen, J.W. 2011. Crest evolution in newts: implications for reconstruction methods, sexual selection, phenotypic plasticity and the origin of novelties. *J. Evol. Biol.*, doi: 10.1111/j.1420-9101.2011.02340.x.

References to a paper 'in press' are permissible provided that it has been accepted for publication (documentary evidence of acceptance must be provided). A reference to 'unpublished work' is rarely permissible and only with consent of the editor; it should be available from the cited authors on request, and the names of all persons involved should be cited (forename initial(s) followed by surname) in parentheses as 'unpublished data'; any person cited as the source of a 'personal communication' must have approved the reference; both of these types of citation are permitted in the text only, not in the list of references. The use of 'in preparation' or 'submitted for publication' is not permitted.

References to material available on the World Wide Web can be given, but only if the

information is available on an official site and without charge to readers. Authors may provide electronic copies of the cited material for inclusion on the Journal of Evolutionary Biology Homepage at the discretion of the Editors. The format for citations is as follows:

Beckleheimer, J. 1994. How do you cite URLs in a bibliography? See  
<http://www.nrlscnavy.mil/bibliography.html>

An EndNote style file is available ([Click here](#)). Right-click on the link and select 'save target as'. Navigate to your EndNote styles folder and save.

We have endeavoured to make this style file as comprehensive as possible, but complex or unusual reference types and variations in reference data quality in EndNote may result in missing information or formatting problems. If you have any comments or suggestions for improvement, please contact the journal Production Editor at:  
[jeb@wiley.com](mailto:jeb@wiley.com)

## Specifications

### Tables

Tables should be cited consecutively in the text and numbered with Arabic numerals (Table 1, Table 2, etc.). Each table should be titled and typed double-spaced on a separate sheet. Units must be clearly indicated for each of the entries in the table. Footnotes to tables should be identified by the symbols \*, †, ‡, §, ¶ (in that order) and placed at the bottom of the table. No vertical rules should be used.

### Figures

Figures should be cited consecutively in the text (e.g. Fig. 1, Fig. 2, etc.) and should be grouped together at the end of the paper or in a separate file(s). Legends should be grouped at the end of the paper. Line figures and combination figures should preferably be submitted in **vector graphics format** (e.g. either embedded as vector graphics in a Word document or saved separately in PDF or EPS format). If this is not possible, they should be saved separately as pixel-based graphics at 600 d.p.i. at the required print size, and they should be saved in tif (not jpg) format or embedded as such in Word. Note that **vector graphics is the preferred** format for line and combination figures because figure quality can then be maximized in the online PDF publication.

Photographic figures should be saved at 300 d.p.i. in tif format, or jpg format with low compression. Figures should be drawn/submitted at their smallest practicable size to fit a single column (max. width 80 mm), two-thirds page width (max. width 110 mm), or a double column (max. width 166 mm). Over-sized figures will be reduced by the Production Editor. If figures are drawn larger than reproduction size, component parts such as symbols and text must be large enough to allow for the necessary reduction. For full instructions on preparing your figures, see our [Electronic Artwork Information for Authors](#) page.

### Scientific names

Provide the Latin names of each species in full, together with the authority for its name, at first mention in the main text. If there are many species, cite a flora or checklist that may be consulted for authorities instead of listing them in the text. Do not give authorities for species cited from published references. Give priority to scientific names

in the text (with colloquial names in parentheses if desired).

### **Units and symbols**

Authors are requested to use the International System of Units (SI, Systme International d'UnitŽs) where possible for all measurements (see Quantities, Units and Symbols, 2nd edn., 1975, The Royal Society, London). Note that mathematical expressions should contain symbols, not abbreviations. If the paper contains many symbols, it is recommended that they should be defined as early in the text as possible, or within a subsection of the Materials and Methods section. In-line equations should be typed as text. The use of graphics programs and 'equation editors' should be avoided. Displayed equations will normally be re-keyed by the typesetter.

### **Web materials**

Supporting Information can be published online at the Editors' discretion. This may include information on, for example, sampling locations, data underlying analyses or figures, additional analyses not presented in the manuscript, or relevant multimedia files (e.g. mating song audio clips). Supporting Information must be formatted and supplied by the author in a ready-to-publish form (wide line spacing and line numbering is therefore not required). Please label Supporting Information S1, S2, S3, etc., for example Appendix S1, Appendix S2, Figure S1, Movie S1. Please compose the Supporting Information section at the end of your article using shortened titles of the Supporting Information if the full titles are long (more than a short sentence). Full titles should be supplied with the Supporting Information itself and will be published online. Further guidelines for authors are available at:

<http://authorservices.wiley.com/bauthor/suppinfo.asp>.

### **Statistical results**

In-line statistical results should be presented as the test-statistic followed by degrees of freedom as subscript(s) to the test-statistic (e.g.  $F_{1,12} = 1.74$ ,  $P <= 0.001$ ). Depending on the details of the analyses, results reported may include parameter estimates, test-statistics, degrees of freedom significance levels and error/residual model information (e.g. error MS and d.f. in ANOVA or regression models). Since exact  $P$ -values can be useful for meta-analyses, we recommend that these are quoted even when non-significant, e.g.  $t_{23} = 0.25$ ,  $P = 0.34$ . However, non-significant tests (i.e.  $P > 0.05$ ) should always be interpreted as such.

### **Cover image**

Authors who have their paper accepted for publication are encouraged to submit a photograph(s) illustrating their work (please do not submit photographs until your paper has been accepted). These should be of publishable quality, both in terms of content and image quality. They should be approximately 300 d.p.i. when sized to 15 cm height (max.) by 21.2 cm width (fixed), and if saved in jpg format a low compression setting should be used. Please crop image to these stated dimensions if possible. Resolutions below about 200 d.p.i. will generally not be of high enough quality for publication.

You can email your images to the journal Production Editor at [jeb@wiley.com](mailto:jeb@wiley.com) with a brief caption (20 to 40 words). This should include a photo credit. If photographs are

not the author's, permission for use must have been obtained prior to submission. The photographer of the cover image that is chosen will be required to sign a release form.

### **Author material archive policy**

Please note that unless specifically requested, Wiley-Blackwell will dispose of all hardcopy or electronic material submitted two months after publication. If you require the return of any material submitted, please inform the editorial office or production editor as soon as possible if you have not yet done so.

### **Proofs**

Authors will be sent an e-mail alerting them that their PDF proof is available for download. Instructions on annotating the proof using Acrobat's PDF annotation tools and uploading corrections to the Wiley Online Proofing server will be included. Authors should complete their proof review within 48 hours of receipt.

### **Offprints**

Free access to the final PDF offprint or your article will be available via Author Services only. Please therefore sign up for Author Services when your paper is accepted if you would like to access your article PDF offprint and enjoy the many other benefits that Author Service offers (see above). Paper offprints may also be purchased and should be ordered when you return your proof corrections by following the instructions supplied at the time.

### **Early View**

The Journal of Evolutionary Biology is covered by Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of the publication in a printed issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled print issue. Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early View articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article.

### **Copyright Transfer Agreement**

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below: CTA Terms and Conditions: [http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs\\_copyright.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp)

### **Online Open**

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their

article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. The charge for OnlineOpen publication is \$3,000 (discounted to \$1,500 for papers where the first or corresponding author is a current member of the European Society for Evolutionary Biology, [www.eseb.org](http://www.eseb.org)). For the full list of terms and conditions, see [http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen\\_Terms](http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms)

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on [Wiley Author Services](#) and visit <http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>.

### **Free access in the Developing World**

Free online access to this journal is available within institutions in the developing world through the HINARI initiative with the World Health Organization (WHO), the AGORA initiative with the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the OARE Initiative (Online Access to Research in the Environment) with the United Nations Environment Programme (UNEP).

### **Data sharing**

The *Journal of Evolutionary Biology* requires, as a condition for publication, that data supporting the results in the paper should be archived in an appropriate public archive, such as GenBank, TreeBASE, Dryad, the Knowledge Network for Biocomplexity or other suitable long-term and stable public repositories. Data are important products of the scientific enterprise, and they should be preserved and usable for decades in the future. Authors may elect to have the data publicly available at time of publication, or, if the technology of the archive allows, may opt to embargo access to the data for a period up to a year after publication. Longer embargoes or exceptions to depositing data may be granted at the discretion of the Editor-in-Chief, especially for sensitive information such as human subject data or the location of endangered species. Requests for extended embargoes may require the written approval of the funding agency which supported the research. All accepted papers should provide accession numbers or DOI for data underlying the work that have been deposited, so that these can appear in the final accepted article.

## Anexo II – Normas da Revista Journal of Applied Ichthyology

### 1.1.1.2 *Author Guidelines*

**Effective with the 2014 volume, this journal will be published in an online-only format.** No printed edition will be published. Your article will therefore appear online-only. All normal author benefits and services remain in place e.g. authors will continue to be able to order print reprints of articles if required. Furthermore, there will be no cost to authors for the publication of colour images in the online-only edition.

#### 1. General

The *Journal of Applied Ichthyology* publishes articles of international repute on ichthyology, aquaculture, and marine fisheries; ichthyopathology and ichthyoimmunology; environmental toxicology using fishes as test organisms; basic research on fishery management; and aspects of integrated coastal zone management in relation to fisheries and aquaculture. Emphasis is placed on the application of scientific research findings, while special consideration is given to ichthyological problems occurring in developing countries. Article formats include original articles, review articles, short communications and technical reports. English is the language of publication. No remuneration is given upon publication.

#### 2. Submission and Acceptance of Manuscripts

Manuscripts should be sent for publication to the Editor-in-Chief:

Professor Dr. rer. nat. habil. Harald Rosenthal  
Schifferstr. 48  
21629 Neu Wulmstorf, Germany  
[haro.train@t-online.de](mailto:haro.train@t-online.de)

Please submit your manuscript on diskette, zip, or CD-ROM with two hardcopies and retain a copy for yourself. Manuscripts must conform to the journal style and should be submitted in the final version containing all revisions. They also have to be approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities if necessary.

The manuscript will be reviewed by independent referees who will be assigned by the editor or the respective subject-editors according to the subject area.

Author material archive policy. Please note that unless specifically requested, **Wiley Blackwell will dispose of all hardcopy or electronic material submitted two months after publication.** If you require the return of any material submitted, please inform the Editorial Office or Production Editor as soon as possible, if you have not yet done so.

The publisher cannot be held responsible for any damage or loss through the post.

### **3. Requirements for Manuscripts**

#### *3.1. Format*

Manuscripts should be submitted in duplicate typewritten on one side only, with a left-hand margin of 4 cm and double-spaced. The first page should include the institute where the research work has been made, the title, first name and surname of the author(s), their postal address, and a short, well-structured summary. Please also provide the e-mail address of the corresponding author. Original Articles and Short Communications should be structured in: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, and References cited. **Please note** that we ask authors to keep the Results and the Discussion separate for Original Articles and Short Communications.

The manuscript comprises a printout of the text and a list of all figures and tables with their captions and titles on a separate piece of paper. We ask that you convey the essential information within the first 60 characters of the captions to accommodate the online edition. Each figure, table, and bibliographic entry must have a reference in the text. For all figures please include reproducible artwork (marked with the author's name, short title, and figure number). Any corrections requested by the reviewer should already be integrated into the file.

The data carriers (diskette, etc.) must be PC/Windows-compatible and may not contain any files other than those for the current manuscript. Please include a list of the files, noting the file name, the computer program and its version number. Please do not import the figures into the text file. The text should be prepared using standard software (Microsoft Word, Word Perfect) or saved in rtf format; do not use automated or manual hyphenation. Please do not include footnotes.

For further information please consult:

[\*\*http://authorservices.wiley.com/bauthor/default.asp\*\*](http://authorservices.wiley.com/bauthor/default.asp)

#### *3.2. Length*

Including illustrations, tables, and references, original contributions should not exceed 20 manuscript pages or 30,000 characters (excluding spaces). Review articles should not exceed 25 manuscript pages (37,000 characters) and short communications are limited to 6 manuscript pages (9,000 characters), all double-spaced. Figures and tables must be limited to an essential minimum.

#### *3.3. Units and Abbreviations*

SI-units should be used wherever possible. If other units and non-standard abbreviations cannot be avoided they should be defined at first mention.

#### *3.4. Illustrations and Tables*

Figures should be saved in a neutral data format such as TIFF or EPS, and a printout should always be included. Powerpoint and Word graphics are unsuitable for

reproduction. Please do not use any pixel-oriented programmes. Scanned figures (only in TIFF format) should have a resolution of 300 dpi (halftone) or 600 to 1200 dpi (line drawings) in relation to the reproduction size. Only high-contrast photographic material is suitable for reproduction. Please submit the data for figures in black and white.

However, colour photos can be reproduced in black and white (with a possible loss of contrast). Figures printed in colour are subject to an added charge. Colour print charges are explained on the Colour Work Agreement Form available at [here](#). Colour graphics should be created using the CMYK colour palette (print colours), not RGB (monitor colours). There is a charge for alterations to figures when carried out by the publisher.

Please note that figures will generally be reduced to fit within the column-width or the print area. This means that numbering and lettering must still be readable when reduced (e.g. maps) and that the scale might not correspond with the original (microscopic pictures), thereby invalidating references to scale in the text. If a figure is to be cropped, please mark the lines on a photocopy or tracing paper. Printouts should be made with a laserprinter at the highest resolution ( $\geq 600$  dpi). If artwork is to be scanned, line drawings should only be contour drawings without halftones (shades of grey). Please do not use patterns; rough hatching is possible.

Graphs with an x and y axis should not be enclosed in frames; only 2-dimensional representations, please. Do not forget the labels and units. Captions for the figures should give a precise description of the content and should not be repeated within the figure.

Tables should be created using the table function.

### *3.5. References*

References: List all sources in the reference list alphabetically by name. In text citations should follow the author-date method. This means that the author's last name and the year of publication for the source should appear in the text, for example, (Jones, 1998), and a complete reference should appear in the reference list at the end of the paper.

References are styled according to the sixth edition of the Publication Manual of the American Psychological Association. A sample of the most common entries in reference lists appears below. Please note that for journal articles, issue numbers are not included unless each issue in the volume begins with page one.

Journal article: Phelps, L. (1996). Discriminative validity of the WRAML with ADHD and LD children. *Psychology in the Schools*, 33, 5-12.

Book edition: Bradley-Johnson, S. (1994). Psychoeducational assessment of students who are visually impaired or blind: Infancy through high school (2nd ed.). Austin, TX: Pro-ed. References should refer only to material listed within the text.

We recommend the use of a tool such as [EndNote](#) or [Reference Manager](#) for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for here:  
<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for here:  
<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

### *3.6. Supporting Information*

Supporting Information can be a useful way for an author to include important but ancillary information with the online version of an article. Examples of Supporting Information include additional tables, data sets, figures, movie files, audio clips, 3D structures, and other related nonessential multimedia files. Supporting Information should be cited within the article text, and a descriptive legend should be included. It is published as supplied by the author, and a proof is not made available prior to publication; for these reasons, authors should provide any Supporting Information in the desired final format.*reference*

For further information on recommended file types and requirements for submission, please visit: <http://authorservices.wiley.com/bauthor/suppinfo.asp>

### *3.7 Pre-submission English-language editing*

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English. A list of independent suppliers of editing services can be found here. All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or p

for publication.

## **4. Copyright Transfer Agreement**

### **[CC-BY for all OnlineOpen authors]**

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

### **For authors signing the copyright transfer agreement**

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions <http://exchanges.wiley.com/authors/faqs---copyright-301.html>

### **For authors choosing OnlineOpen**

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the

following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services

[http://exchanges.wiley.com/authors/faqs--copyright-\\_301.html](http://exchanges.wiley.com/authors/faqs--copyright-_301.html) and visit  
<http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>.

If you select the OnlineOpen option and your research is funded by certain funders [e.g. The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) or the Austrian Science Fund (FWF)] you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit:  
<http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

### ***Online open***

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive.

For the full list of terms and conditions, see  
[http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen\\_Terms](http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms).

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at:  
[https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen\\_order.asp](https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp).

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

### **5. Proof Correction and Offprints**

Proofs will be sent via e-mail as an Acrobat PDF (portable document format) file. The e-mail server must be able to accept attachments up to 4 MB in size. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following Web site:

[www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html](http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html).

This will enable the file to be opened, read on screen, and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Proofs will be posted if no e-mail address is available; in your absence, please arrange for a colleague to access your e-mail to retrieve the proofs. Please return the entire set of corrected proof pages by mail, e-mail or fax, without delay to:

Production Editor  
Journal Content Management  
John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd.  
1 Fusionopolis Walk  
#07-01 Solaris South Tower  
Singapore 138628  
Fax: (65) 6643 8008 or (65) 6643 8599  
Email:[jai@wiley.com](mailto:jai@wiley.com)

As changes to proofs are costly, we ask that you only correct typesetting errors.

Corresponding authors of original articles and short communications can retrieve an electronic PDF offprint of their paper via Wiley Blackwell's Author Services free of charge. Paper offprints of the printed published article may be purchased if ordered via the method stipulated on the instructions that accompany the proofs. Printed offprints are posted to the correspondence address given for the paper unless a different address is specified when ordered. Note that it is not uncommon for printed offprints to take up to eight weeks to arrive after publication of the journal, and that orders placed at a later date are subject to a higher charge.

**NEW: Online production tracking is now available for your article through Wiley Blackwell's Author Services.**

Author Services enables authors to track their article – once it has been accepted – through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://authorservices.wiley.com> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.