



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

ELLANO JOSÉ DA SILVA

**DO MACRO AO MICRO: PADRÕES, COMPARAÇÃO METODOLÓGICA DA
DIETA E ESTRATÉGIA DE PREDUÇÃO DE POLVOS**

FORTALEZA

2017

ELLANO JOSÉ DA SILVA

**DO MACRO AO MICRO: PADRÕES, COMPARAÇÃO METODOLÓGICA DA
DIETA E ESTRATÉGIA DE PREDUÇÃO DE POLVOS**

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciências Marinhas
Tropicais da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em
Ciências Marinhas Tropicais

Orientador: Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Inês Xavier Martins

FORTALEZA
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S579m Silva, Ellano José da.
DO MACRO AO MICRO: PADRÕES, COMPARAÇÃO METODOLÓGICA DA DIETA E ESTRATÉGIA
DE PREDACÃO DE POLVOS / Ellano José da Silva. – 2017.
131 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra.

Coorientação: Profa. Dra. Inês Xavier Martins.

1. Ecologia. 2. Malacologia. 3. Forrageio. I. Título.

CDD 551.46

Esta dissertação foi submetida à coordenação do curso de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca do Instituto de Ciências do Mar da referida Universidade.

A transcrição de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

ELLANO JOSÉ DA SILVA

Dissertação aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª Cristina de Almeida Rocha-Barreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Teodoro Vaske Júnior
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Ao mestre Antônio Aduino Fonteles Filho
(In memoriam)

“I am leaving this harbour,
giving urban a farewell.
Rather sailing into nature's laws
and be held by ocean's paws
Lust for comfort suffocates the soul
this relentless, restlessness
liberates me.
I feel at home whenever
the unknown surrounds me.
Wanderlust!
Relentlessly craving, wanderlust.
Peel off the layers until you get to the core.
Did I imagine it would be like this?
Was it something like this I wished for,
or will I want more?
Wanderlust!
From island to island.
Wanderlust!
United in movement.
Can you spot a pattern?”

“Wanderlust”

(*Guðmundsdóttir & Sigurðsson*)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Luis Ernesto, por toda flexibilidade, ensinamentos e por me aceitar como aluno, acreditando em meu trabalho, mesmo quando este aborda um grupo devorador de seus amados crustáceos.

À CAPES pelo auxílio pela concessão da bolsa de mestrado e outros auxílios que possibilitaram a execução deste trabalho.

À co-orientadora e “malacomother” Inês Martins, pelos anos de teimosias, ensinamentos e caos que, como o *big bang*, foram o gatilho inicial do presente trabalho. Por ceder seu laboratório (Labmol) para estocagem de amostras, transporte para coletas, e muitos dos materiais que usei durante a execução deste estudo.

A todos os membros do laboratório de zoobentos, que proporcionaram um ambiente de trabalho inigualável, em especial a Magaline e JAdson pelo auxílio com a impressão desta dissertação.

Agradeço à família que ganhei em Fortaleza: Natália, Luysa e Ravena. Pelo acolhimento e discussões que abriram minha mente para muitos aspectos das ciências do mar e esta última pelo auxílio na impressão e distribuição da dissertação aos membros da banca, em especial à Ítala pela parceria malacológica que, inclusive, gerou um dos capítulos dessa dissertação.

À professora Cristina Rocha-Barreira, por todo seu entusiasmo com meu trabalho e valiosas sugestões. Pela confiança depositada em mim para cuidar da Coleção Malacológica Henry R. Matthews, o que resgatou minhas “ferramentas taxonômicas” outrora enferrujadas e por compor minha banca de defesa de mestrado.

Ao professor Teodoro Vaske-Júnior por prontamente aceitar compor minha banca de defesa.

Ao “super” Wilson Jr. pelos debates científicos e não-científicos, por me socorrer na estatística e em laboratório e por aceitar ser membro suplente na minha banca de defesa.

À profa. Helena Matthews-Cascon pelas conversas malacológicas e todo seu entusiasmo com o grupo, que me inspira. E por ceder seu laboratório (LIMCe) para meu uso.

Também agradeço aos amigos que me auxiliaram nas coletas: Beatriz Lopes, Naelson Silva, Lucas França, Raphaella Paiva, Arthur Magalhães, Caio Barreto, Matheus, Thiago Carvalho, Thorben Schoep. Em especial Ao Chicão, presidente da colônia de pescadores de Ponta do Mel por disponibilizar a colônia como centro de apoio à nossa equipe.

Ao prof. José Luque (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro) pela identificação dos parasitos encontrados no sistema digestório dos polvos, que apesar de não fazer parte do escopo deste trabalho, serão alvo de publicações futuras.

Ao prof. Guelson Silva por ceder seu laboratório e materiais necessários para a análise da espessura das conchas.

Ao Professor Jorge Botero pela contribuição dada durante qualificação desta dissertação.

A Cristiane Barroso por aceitar compor a suplência da minha banca de defesa

Ao Dr. Mark Kuhlman, por disponibilizar me enviar seu artigo, então, recém publicado e que fez parte do capítulo 1.

A Françoise Lima e Alan Batista pelo compartilhamento de literatura.

À “Galera do mar”, amigos alunos do PPGCMT. Por todos os bons momentos, dentro ou fora da sala de aula. E foram muitos!

1. INTRODUÇÃO GERAL

O filo Mollusca é dividido em oito classes (PONDER e LINDBERG, 2008) compostas por animais de corpo mole, que habitam majoritariamente o ambiente aquático.

Dentro do filo Mollusca, a classe Cephalopoda engloba os polvos, lulas e sépias como representantes viventes. Esses animais possuem um genoma único entre os invertebrados, com centenas de genes exclusivos e expansões encontradas apenas em vertebrados, o que dá aos cefalópodes características únicas (ALBERTIN *et al.*, 2015), como: i) olhos com lentes cristalinas móveis e íris com pupila móvel (DE GROOT, 1995) que, apesar da visão monocromática, são capazes de enxergar cores através da aberração cromática produzida por suas pupilas (STUBS e STUBS, 2016); ii) sistema circulatório fechado e composto por três corações (WELLS, 1978); iii) pele com cromatóforos capazes de alterar sua coloração (MESSENGER, 2011) e um complexo sistema muscular que altera a textura da pele (ALLEN *et al.*, 2014) para uma camuflagem eficiente; e iv) sistema nervoso altamente desenvolvido com neurônios não apenas no cérebro, mas também distribuindo-se por todos os braços, onde cerca de 60% dos neurônios estão localizados (YOUNG, 1963). Esta característica permite que os braços respondam a estímulos mesmo após perderem a conexão com o cérebro (HAGUE *et al.*, 2013).

A combinação de características exclusivas tem gerado ao longo dos anos uma crescente curiosidade acerca desses animais. Lane (1957) foi um dos primeiros a introduzir os cefalópodes na cultura popular, com seu livro “Kingdom of the Octopus”. Mais recentemente Mather *et al.* (2010) forneceram um enfoque comportamental no livro “Octopus: The Ocean’s Intelligent Invertebrate” compilando conhecimento científico previamente publicado sobre o comportamento, cognição e personalidade de polvos e disponibilizando-o através de linguagem coloquial.

O interesse do homem em cefalópodes não é algo recente. Sua importância para algumas civilizações antigas pode ser evidenciada através de ilustrações em moedas cretenses (1650 – 1500 a.C.) e em vasos da era micênica (COURAGE, 2013). Aristóteles (330 a.C.) foi um dos primeiros a estudar os cefalópodes, fornecendo

descrições de vários aspectos biológicos de polvos e sépias, com detalhes sobre cópulas (BOYLE e RODHOUSE, 2005).

Este interesse também se deve ao fato dos cefalópodes constituírem um importante recurso pesqueiro. O declínio de muitas pescarias tradicionais tem levado o homem a buscar novos recursos para exploração (BOYLE e RODHOUSE, 2005). A captura industrial de cefalópodes tem aumentado substancialmente no mundo todo, muito embora suas populações sejam altamente variáveis (BOYLE e RODHOUSE, 2005), o que afeta diretamente a produção pesqueira. Contudo, a pesca de lulas, polvos e sépias tem se mantido relativamente estável nos últimos anos, atingindo quase 8 milhões de toneladas em 2014 (FAO, 2016). Para atender os questionamentos sobre esta pescaria, até então recente, foi criado em 1983 o *Cephalopod International Advisory Council* (CIAC).

O CIAC tem por finalidade estimular, acelerar e influenciar as pesquisas sobre cefalópodes, incluindo os aspectos de sua biologia relevantes ao gerenciamento das pescarias (HOCHBERG e HATFIELD, 2002). Em 2015 um time de 12 pesquisadores se reuniu, com o apoio do CIAC, durante o *World Malacological Congress* e publicaram o artigo intitulado "*Future challenges in cephalopod research*". Dissertando sobre os seis maiores desafios atuais na pesquisa com cefalópodes. O primeiro deles foi definido como: encontrar novas formas de determinar o papel trófico dos cefalópodes e seus elos nas teias alimentares e definir novos conceitos em ecologia teórica (XAVIER *et al.*, 2015).

Nas últimas décadas, várias espécies de polvos foram descritas. Muitas delas eram erroneamente chamadas de *Octopus vulgaris*. Para se ter uma ideia, nos anos 2000, uma nova família, a Cirroctopodiade Collins e Villanueva, 2008 foi proposta e 48 novas espécies para a família Octopodidae, a maior dentre os octópodes. A descoberta de novas espécies levou à inserção de novos gêneros, catalogados por Jereb *et al.* (2014): *Abdopus* com a espécie *Abdopus capricornicus* Norman e Finn, 2001; o gênero *Galleoctopus* Boucher e Hochberg, 2004 com a espécie *G. lateralis* Norman, e Hochberg, 2004; *Histoctopus* com as espécies *H. zipkasae* e *H. discus* Norman, e Hochberg, 2009; *Praealtus* Allcock e Vecchione, 2004 com a espécie *P. paralbida*; *Thaumoctopus* Norman e Hochberg, 2005 com *T. mimicus* e o gênero *Wunderpus* com *W. photogenicus* Hochberg, e Finn, 2006; Finalmente, recentemente,

a espécie de valor comercial *Octopus sinensis* foi separada de *O. vulgaris* no oeste Asiático por Gleadall (2016).

A fauna de cefalópodes pelágicos do Brasil é relativamente bem conhecida devido, principalmente, a levantamentos de espécies por cruzeiros científicos e barcos de pesca (HAIMOVICI e ANDRIGUETTO, 1986; HAIMOVICI e PEREZ, 1991; PEREZ *et al.*, 2004) e através de trabalhos de ecologia trófica, a partir do conteúdo estomacal de grandes peixes pelágicos (SANTOS e HAIMOVICI, 2001; 2002; VASKE JR., 2005; VASKE JUNIOR & COSTA, 2011). Contudo, as espécies de polvos bentônicos nesta região estão entre as menos conhecidas no mundo (VOIGHT, 1988).

No Brasil, pelo menos duas espécies de polvo foram descritas: *Eledone gaucha* no Sul do país, por Haimovici em 1988 e mais recente *Octopus insularis* por Leite *et al.* em 2008, no Nordeste brasileiro. Esta última vinha sendo erroneamente chamada de *O. vulgaris*, até então. A descoberta dessa nova espécie consolidou um dos únicos grupos de pesquisa voltado para a bioecologia de polvos de águas rasas no Brasil, atuando no continente e em lhas oceânicas (LEITE e HAIMOVICI, 2006) e suscitou questionamentos e hipóteses que resultaram na publicação de pelo menos 16 artigos, até o presente momento, tendo *O. insularis* como espécie alvo.

Apesar de todo enfoque científico dado ao grupo, em especial a *Octopus insularis* no Brasil, muitos aspectos ainda precisam ser elucidados para sua melhor compreensão, já que desempenham um papel chave nos ecossistemas marinhos, conectando os diferentes níveis das teias alimentares (YOUNG *et al.*, 2013), assegurando sobretudo a sua conservação e garantindo seu uso de forma sustentável.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTIN, C. B., O. SIMAKOV, T. MITROS, Z. Y. WANG, J. R. PUNGOR, E. EDSINGER-GONZALES, S. BRENNER, C. W. RAGSDALE, D. S. ROKHSAR The octopus genome and the evolution of cephalopod neural and morphological novelties. **Nature**. v.524, n.7564, p. 220-224. 2015.

ALLEN, J. J., BELL, G. R. R., KUZIRIAN, A. M., VELANKAR, S. S. e HANLON, R. T., Comparative morphology of changeable skin papillae in octopus and cuttlefish. *Journal of Morphology*, v. 275, p. 371–390. 2014.

COURAGE, K.H. 2013. **Octopus! The most mysterious creature in the sea**. The Penguin Group, New York, USA. 1ed. 208p.

HAGUE, T., FLORINI, M., ANDREWS, P.L.R. Preliminary in vitro functional evidence for reflex responses to noxious stimuli in the arms of *Octopus vulgaris*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. V.447, p. 100-105. 2013

DE GROOT, S. J. Edible species. In: RUITER, A. (Ed.) **Fish and Fishery Products: Composition, Nutritive Properties and Stability**. UK: CAB International, 1995.

FAO 2016. **Fisheries and Aquaculture Statistics Yearbook** 105 p. 2014.

GLEADAL, I. G. *Octopus sinensis* d'Orbigny, 1841 (Cephalopoda: Octopodidae): Valid species name for the commercially valuable east Asian common octopus. **Species Diversity** v. 21, p. 31-42. 2016

HAIMOVICI, M. 1988. *Eledone gaucha*, a new species of eledonid octopod (Cephalopoda: Octopodidae) from Southern Brazil. **Nautilus**, v.102, n. 2, p. 82-87.

GARCIA, A. **Comparative study of the morphology and anatomy of octopuses of the family Octopodidae**. (Tese de doutorado). Earth & Oceanic Sciences Research Institute, Auckland University of Technology, New Zealand. 2010

HOCHBERG, F. G., HATFIELD, E. M. C. A brief history of the Cephalopod International Advisory Council (CIAC). **Bulletin Of Marine Science**, v. 71, n. 1, p.17–30, 2002.

JEREB, P. ROPER, C.F. NORMAN, M.D. FINN, J. **Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 3: octopods and vampire squids.** In *FAO species catalogue for fishery purposes*, p. 351. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014

LANE, F. W. **Kingdom of the Octopus.** London, Jarrolds Publishers (London) LTD. 1957.

LEITE, T. S.; HAIMOVICI, M. Biodiversidade e Habitat dos Polvos de Águas Rasas das Ilhas Oceânicas do Nordeste Brasileiro. In: ALVES, R. J. V.; CASTRO, J. W. A. (Ed.) **Ilhas Oceânicas Brasileiras da pesquisa ao manejo** . MMA, Brasília, p. 200-214, 2006.

LEITE, T. S.; HAIMOVICI, M.; OLIVEIRA, J. E. L. Uma proposta de manejo para a pesca do polvo *Octopus insularis* Leite & Haimovici, 2008 (Mollusca: Cephalopoda) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 2008. V. 41, n.1, p.81 – 89.

MATHER, J. A., ANDERSON, R. C., WOOD, J. C. 2010. **Octopus: the ocean's inteligente invertebrate.** 1ed. 208 p. Timber Press, Inc. Portland, Oregon.

MESSENGER, J. B., Cephalopod chromatophores: neurobiology and natural history. **Biological Reviews**, v. 76, p. 473–528. 2001

PEREZ, J.A.A.; MARTINS, R.S.; SANTOS, R.A. Cefalópodes capturados pela pesca comercial de talude no sudeste e sul do Brasil. **Notas Técnicas da Facimar**, Itajaí, v. 8, p. 65-74. 2004.

PONDER, W.F. e LINDBERG, D.R. 2008. Molluscan Evolution and Phylogeny: An Introduction. In **Phylogeny and Evolution of the Mollusca**. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California: p.1-18. 2008

SANTOS, R. A.; HAIMOVICI, M. 2001. Cephalopods in the diet of marine mammals stranded or incidentally caught along southeastern and southern Brazil (21-34°S). **Fisheries Research**, v. 52, p. 99-112.

SANTOS, R. A.; HAIMOVICI, M. 2002. Cephalopods in the trophic relations off southern Brazil. **Bulletin of Marine Science**, v. 71, n. 1, p. 753-770.

STUBBS, A.L., STUBBS, C.W. Spectral discrimination in color blind animals via chromatic aberration and pupil shape. **Proceedures of National Academy of Sciences**. EUA v. 113, p. 8206–8211. 2016

VASKE JR., T. Cefalópodes oceânicos da zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 2, p. 137-146. 2005.

VASKE JR. e COSTA, F. A. P. 2011. **Lulas e Polvos da Costa Brasileira**. Coleção Habitat, vol 5. Fortaleza, UFC/Labomar/NAVE. 184p.

VOIGHT, J.R. 1998. An overview of shallow-water Octopus biogeography. In: **Systematics and biogeography of cephalopods, II** (VOSS , N.A., VECCHIONE ,M. e TOLL, R. B. eds), 549–559. Smithsonian Contributions to Zoology, Washington, DC.

WELLS, M. J. **Octopus: physiology and behaviour of an advanced invertebrate**. London: Chapman and Hall; 1978

YOUNG J.W., OLSON R.J. e RODHOUSE P.G.K. (2013) The role of squid in pelagic ecosystems. Deep-Sea Research Part II: **Topical Studies in Oceanography** v. 95, n. 1, p.224.

YOUNG, J.Z. The number and sizes of nerve cells in *Octopus* **Procedures of Zoology Society of London**. V.140, , p. 229–254.1963

DO MACRO AO MICRO: PADRÕES, COMPARAÇÃO METODOLÓGICA DA DIETA E ESTRATÉGIA DE PREDACÃO DE POLVOS

Dissertação de mestrado. Autor: Ellano José da Silva. Orientador: Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra. Co-Orientadora: Dra. Inês Xavier Martins.

RESUMO

A vida de todos os organismos depende diretamente da obtenção de energia. Polvos são predadores vorazes capazes de usar a cognição para moldar seu comportamento. O presente trabalho busca avaliar a dieta desses animais partindo de uma escala macro com uma revisão entre a composição de sua dieta nas diferentes regiões do planeta (Capítulo I), seguindo para as implicações metodológicas na determinação da dieta, usando como modelo a espécie *Octopus insularis* em um ambiente entre marés no semiárido brasileiro (Capítulo II) e, posteriormente, suas estratégias de forrageio e as marcas de predação que este cefalópode produz em suas presas (Capítulo III). No capítulo I foram revisados 10 trabalhos reunindo informações dos últimos 34 anos. A amplitude de nicho não seguiu o esperado pela teoria de biogeografia de ilhas, sendo mais amplo nestas. A riqueza se correlacionou com a temperatura, exceto no Atol das Rocas que obteve riqueza inferior à esperada. No capítulo II a dieta da espécie *Octopus insularis* foi determinada, pela primeira vez, através de três metodologias, quais sejam: (i) Observações Instantâneas (O.I.), (ii) Restos Alimentares (R.A.), e (iii) Conteúdo Estomacal (C.E.). Os dados foram obtidos de 2012 a 2016 de 159 polvos. Os resultados mostram que o método dos restos alimentares (o mais empregado no mundo) pode ser fortemente afetado por fatores abióticos e que em ambiente de alto hidrodinamismo pode mascarar a real dieta dos polvos, a composição da dieta diferiu significativamente ($X^2= 19,358$, $p<0,05$) entre os métodos, o que foi atribuído a maior frequência de ocorrência (80,39%) de moluscos que só ocorreu no método dos R.A. classificando *O. insularis* como espécie essencialmente malacófaga. Contudo as demais metodologias mostraram dominância de crustáceos (FO > 80%). Por serem métodos diretos de determinação da dieta, fornecem maior veracidade que o método R.A. No capítulo III a análise do tamanho das presas revelou diferenças entre categorias de tamanho de polvo. A maioria dos tamanhos médios da presas diferiu entre as categorias de tamanho dos polvos. Contudo, apenas a espécie *Dallocardia muricata* apresentou correlação entre seu tamanho e o do polvo. A proporção de perfuração foi diferente entre as diferentes regiões das valvas de *Chione cancellata* ($\chi^2 = 56.323$, $df = 3$, $p = 3.585e-12$) com maior frequência na região MAD. Esta região não possui espessura inferior às demais, como era esperado. Isso pode indicar que ela oferece maior chance de sucesso na abertura da concha. A presença de predadores como moreias pode interferir no comportamento de forrageio de *O. insularis*.

Palavras chave: Forrageamento, Predação, Ecologia, Ambiente entre marés, Crustáceos