

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS – CAMPUS DE BAURU

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO DOS SIRIS
CALLINECTES ORNATUS ORDWAY, 1863 E
CALLINECTES DANAE SMITH, 1869 NA REGIÃO DE
MACAÉ, PRÓXIMA À ÁREA DE RESSURGÊNCIA DE
CABO FRIO, RIO DE JANEIRO**

Diego Oliveira Rolim

BAURU
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS – CAMPUS DE BAURU

BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO DOS SIRIS
CALLINECTES ORNATUS ORDWAY, 1863 E
CALLINECTES DANAE SMITH, 1869 NA REGIÃO DE
MACAÉ, PRÓXIMA À ÁREA DE RESSURGÊNCIA DE
CABO FRIO, RIO DE JANEIRO**

Diego Oliveira Rolim

Orientadora: Dr^a. Daphine Ramiro Herrera

Supervisor: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Bauru, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

BAURU
2024

R748a

Rolim, Diego Oliveira

Abundância e distribuição dos siris *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 e *Callinectes danae* Smith, 1869 na região de Macaé, próxima a área de Ressurgência de Cabo Frio, Rio de Janeiro / Diego Oliveira Rolim. -- Bauru, 2024

32 p. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, Bauru
Orientadora: Daphine Ramiro Herrera

1. Ecologia marinha. 2. Decápode (Crustáceo). 3. Caranguejo. 4. Pesca. I. Título.

DIEGO OLIVEIRA ROLIM

**ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO DOS SIRIS *CALLINECTES*
ORNATUS ORDWAY, 1863 E *CALLINECTES DANAE* SMITH, 1869 NA
REGIÃO DE MACAÉ, PRÓXIMA À ÁREA DE RESSURGÊNCIA DE
CABO FRIO, RIO DE JANEIRO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Bauru, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Comissão Examinadora

Dr^a. Daphine Ramiro Herrera
Orientadora
Faculdade de Ciências – UNESP – Bauru

Prof. Dr. Rogério Caetano da Costa
Supervisor
Faculdade de Ciências – UNESP – Bauru

Dr. Abner Carvalho Batista
Examinador
Faculdade de Ciências – UNESP – Bauru

BAURU
2024

**“Modernizar o passado
É uma evolução musical
Cadê as notas que estavam aqui?
Não preciso delas
Basta soar bem aos ouvidos”
Chico Science e Nação Zumbi**

Agradecimentos

À minha orientadora Dra. Daphine Ramiro Herrera, pelo esforço em me orientar, pelo carinho, amizade e por todo o conhecimento que me foi passado através desses anos em que pude fazer parte da família LABCAM, sua orientação foi essencial para que eu me tornasse um pesquisador e uma pessoa melhor, obrigado novamente.

Ao meu supervisor Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa, por ter me aceitado e me acolhido em seu laboratório, por disponibilizar os dados para minha pesquisa, por me proporcionar a bolsa técnico que me ajudou e ainda ajuda financeiramente, pela confiança e oportunidades que me foram dadas, sou muito sortudo de ter um chefe como você.

Ao projeto BIOTA temático FAPESP processo nº 2010/50188-8 e projeto temático BIOTA INTERCRUSTA processo nº 2018/13685-5 pela disponibilização dos recursos e equipamentos utilizados durante a coleta dos dados em campo para análise.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa Técnico TT-1, processo de número 2024/02237-2 (DOR), que possibilitou uma vida financeira mais tranquila durante a faculdade.

Ao Departamento de Ciências Biológicas, FC, UNESP campus Bauru ao qual o LABCAM é vinculado.

Ao Dr. Abner Carvalho-Batista por ter aceitado ser parte da banca avaliadora e por ter me aceitado como monitor na disciplina de Biodiversidade de Insetos, sua confiança em mim e nos meus colegas foi muito importante para minha formação como biólogo.

À Julia Perroca e Milena Jaconis, por terem me auxiliado nas análises estatísticas, nos resumos, por suas dicas e comentários sobre biologia e por terem me dado a oportunidade de ir para uma coleta, é sempre muito divertido participar de coletas com vocês.

À família LABCAM, que esteve comigo durante toda minha caminhada na área da pesquisa, por terem feito vários cafés, compartilhado experiências e me auxiliado nessa jornada.

Ao Leonardo Moreira, também conhecido como Léor, o primeiro LabCamer que me

recebeu e se tornou um amigo querido, assim como Matheus Sene (Sener), Sarah Gasparotto (Sarahr) e Heloísa (Heloísar), sempre dispostos a me ajudar, tanto acadêmica quanto pessoalmente. Aos meus amigos de turma e de LabCam, Amanda Novelli, Paulo Sérgio, Caio Prado e Gabriela Rolim e às amigas de outras turmas, Maria Clara (Kawa) e Helena (Bap), fiquei muito feliz quando todos vocês entraram, vocês são muito queridos e espero ter sido uma companhia tão boa para vocês quanto vocês foram pra mim.

À minha namorada Danielle (Gracinha) Gonçalves, que me apoiou durante toda a faculdade, sempre me acompanhando, animando e me aguentando como o palhaço que sou, você é muito especial para mim, amo você minha babidi.

Aos meus amigos de turma que fizeram parte da minha trajetória desde antes das aulas começarem, Kevin Kyoshi, Wesley Francisco e Paulo Sérgio (de novo), os 3 mosqueteiros do M4, eu, obviamente, sou o 4º mosqueteiro, D'Artagnan. E também aos meus outros amigos de turma, João Pedro, Yumi, Guilherme, Michel Octávio, Gustavo, Isa Barale, Dani blush, Cendyi, Fabio e tantos outros que estiveram comigo durante esses quatro anos.

Aos meus pets Chewbacca, Akira e Frida por serem tão companheiros, mesmo sabendo que vocês não sabem ler preciso agradecer por ter vocês em casa fazendo suas palhaçadas.

À minha família, minha mãe Rosana de Oliveira, meu pai Anderson Rolim e minha avó Neusa de Oliveira, que me incentivaram (e sustentaram) desde que eu decidi seguir carreira na Biologia, sou extremamente afortunado por ter nascido em uma família que pôde me dar todos os recursos necessários para eu me formar como a pessoa que sou hoje, muito obrigado por terem me apoiado, amo vocês.

Resumo

Os siris do gênero *Callinectes* são organismos amplamente distribuídos no litoral leste do Continente Americano e muito abundantes, principalmente no litoral brasileiro. Essa ampla distribuição faz com que espécies como *Callinectes ornatus* e *Callinectes danae* sejam capturadas como fauna acompanhante durante atividades de pesca de arrasto comercial, influenciando diretamente na abundância desses organismos. O estudo objetivou elucidar a influência dos fatores ambientais na abundância e distribuição ecológica de *C. ornatus* e *C. danae* na região de Macaé/RJ. As coletas foram realizadas mensalmente, de julho/2013 a junho/2014, em quatro pontos de amostragem sendo os pontos 1 e 2 nos 5 m de profundidade e pontos 3 e 4 nos 15 m. A influência dos fatores ambientais (salinidade, temperatura, phi e matéria orgânica) e a variação espaço-temporal (mês e ponto) nas espécies foram avaliados separadamente por meio de Modelos Aditivos Generalizados (GAMs). Foram coletados 1.344 indivíduos de *C. ornatus* e 92 indivíduos de *C. danae*. Ambas as espécies apresentaram maior abundância com o aumento da temperatura e diminuição da salinidade. *Callinectes danae* mostrou pouca variação em relação ao phi, enquanto *C. ornatus* demonstrou maior abundância em sedimentos de menor granulometria (silte e argila). Ambas as espécies foram mais abundantes no ponto 1, mas diferiram seus picos temporalmente, sendo *C. ornatus* mais abundante em abril/14 e *C. danae* em julho/13, marcando uma segregação temporal, o que pode evitar uma pressão competitiva entre as espécies. Os fatores ambientais influenciaram na abundância e distribuição das duas espécies de siris estudadas na região. Tendo isso em vista, o estuário de Macaé vem sofrendo continuamente com as atividades petroleiras e de urbanização, o que pode acarretar em diminuição das populações de espécies que dependem dessa área para completar seu ciclo de vida, como *C. danae*, que apresentou uma abundância menor em relação ao *C. ornatus*, de hábito mais generalista e menos dependente de estuários. Esses fatos fazem com que seja essencial a conservação da área marinha, extremamente importante, ecológica e economicamente, para Macaé.

Palavras chave: Água Central do Atlântico Sul; Brachyura; ecologia; pesca de arrasto.

Abstract

The crabs of the genus *Callinectes* are widely distributed along the eastern coast of the American continent and are highly abundant, particularly along the Brazilian coastline. This broad distribution leads to species like *Callinectes ornatus* and *Callinectes danae* being captured as bycatch during commercial trawl fishing activities, directly influencing the abundance of these organisms. The study aimed to clarify the influence of environmental factors on the abundance and ecological distribution of *C. ornatus* and *C. danae* in the Macaé/RJ region. The collections were conducted monthly from July 2013 to June 2014 at four sampling points: points 1 and 2 at 5 meters depth, and points 3 and 4 at 15 meters. The influence of environmental factors (salinity, temperature, phi, and organic matter) and the spatiotemporal variation (month and sampling point) of the species were evaluated separately using Generalized Additive Models (GAMs). A total of 1,344 *C. ornatus* individuals and 92 *C. danae* individuals were collected. Both species showed higher abundance with increasing temperature and decreasing salinity. *Callinectes danae* showed little variation with respect to phi, while *C. ornatus* exhibited greater abundance in sediments with finer grain sizes (silt and clay). Both species were more abundant at point 1, but their peaks occurred at different times, with *C. ornatus* being more abundant in April 2014 and *C. danae* in July 2013, indicating temporal segregation, which may help avoid competitive pressure between the species. Environmental factors influenced the abundance and distribution of the two studied crab species in the region. In this context, the Macaé estuary has been continuously affected by oil extraction and urbanization activities, which may result in a decline in populations of species that depend on this area to complete their life cycles, such as *C. danae*, which had a lower abundance compared to *C. ornatus*, a more generalist species less dependent on estuaries. These facts underscore the importance of conserving this marine area, which is crucial ecologically and economically for Macaé.

Key words: South Atlantic Central Waters; Brachyura; ecology; shrimp trawling.

Sumário

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução..... | 11 |
| 2.Objetivo | 15 |
| 3.Material e métodos..... | 15 |
| 3.1. Área de estudo | 15 |
| 3.2. Coleta e análise de dados | 16 |
| 4.Resultados | 18 |
| 5.Discussão | 24 |
| 6.Conclusões..... | 27 |
| 7.Referências..... | 28 |

1. Introdução

A infraordem Brachyura Latreille, 1802 é composta pelos crustáceos popularmente chamados de “caranguejos” e apresenta a maior quantidade de espécies dentre todos os membros da ordem Decapoda, contando com mais de 7.000 espécies identificadas e nomeadas (Ahyong et al., 2007; De Grave et al., 2009). Tal abundância reflete sua ampla distribuição em diversos tipos de ambiente, podendo ser marinho, costeiro, estuarino, manguezais e de água doce (Mantelatto et al., 2020).

Revisões mais recentes incluem 38 superfamílias em Brachyura (Mantelatto et al., 2020), sendo uma delas a superfamília Portunoidea Rafinesque, 1815, na qual estão agrupados os membros da família Portunidae Rafinesque, 1815, popularmente denominados “sirís”, os quais são caracterizados pelo achatamento dorsoventral do último artículo (dátilo) do quinto par de pereiópodos, o que lhes confere uma forma mais hidrodinâmica e possibilita um movimento de natação na coluna d’água (Pinheiro et al., 2016).

No Brasil, os portunídeos são representados por oito gêneros e 22 espécies, além de duas espécies exóticas dos gêneros *Charybdis* De Haan, 1833 e *Scylla* De Haan, 1833 (Pinheiro et al., 2016). Segundo o World Register of Marine Species (WoRMS) o gênero *Callinectes* Stimpson, 1860 possui 15 espécies (DecaNet, 2023), destacando-se por apresentar grande abundância ao longo da costa leste do Continente Americano, significância ecológica como predadores, saprófagos e caçadores no ambiente estuarino-marinho (Antunes et al., 2015), vivendo em sua maioria em águas rasas e costeiras (Tudesco, Fernandes & Di Benedetto, 2012).

Dentre as 15 espécies de *Callinectes*, oito são encontradas na costa brasileira (Pinheiro et al., 2016), das quais duas são amplamente estudadas, *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 e *Callinectes danae* Smith, 1869 (Figura 1) devido a sua abundância, ampla distribuição e papel ecológico, sendo importantes participantes da teia alimentar e da ciclagem de nutrientes de comunidades bentônicas (Keunecke et al., 2011; Tudesco, Fernandes & Di Benedetto, 2012; Herrera & Costa, 2022).

A**B**

Figura 1: Vista dorsal de indivíduos da espécie *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (A) e *Callinectes danae* Smith, 1869 (B). Créditos das imagens: A - Paulay, Gustav; Evans, Nathaniel; B - Herrera, Daphine, R.

Callinectes ornatus possui distribuição ao longo do oeste do Oceano Atlântico, desde a Carolina do Norte, nos EUA, até o Rio Grande do Sul, no Brasil, enquanto *C. danae* se estende da Carolina do Norte até o Uruguai. Ambas as espécies são comumente encontradas em águas com salinidade moderada, em substrato arenoso, lamoso ou de conchas, desde a zona entremarés até 75m de profundidade (Melo, 1996; Mantelatto et al., 2020). Essas características de distribuição tornam ambas as espécies frequentes em áreas de atividade pesqueira e, conseqüentemente, sejam capturadas como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarões de interesse comercial como os do gênero *Xiphopenaeus* Smith, 1869 o camarão sete-barbas (Di Benedetto et al., 2010).

No Sudoeste do Atlântico há intensa atividade comercial de pesca de arrasto (Herrera & Costa, 2022). Esse método visa capturar espécies de interesse econômico, e é considerado uma atividade predatória, danificando as comunidades bentônicas através da perturbação física do fundo oceânico devido à tração do arrasto no ambiente, o que gera modificações nesse habitat e a morte de alguns invertebrados bentônicos no caminho do equipamento (Branco & Fracasso, 2004; Van Denderen *et al.*, 2015). Devido a não seletividade do apetrecho de pesca e a grande riqueza faunística de regiões costeiras, tropicais e subtropicais, outros organismos marinhos, além das espécies alvos da pesca, que possuem maior valor comercial, são capturados, interferindo na abundância, distribuição e reduzindo a biodiversidade e a biomassa das espécies devido ao descarte a longo prazo da fauna acompanhante (Costa et al., 2016).

Os portunídeos, por sua vez, representam uma parte expressiva da carcinofauna

acompanhante da pesca de arrasto, dos quais o gênero *Callinectes* é o mais capturado (Tudesco, Fernandes & Di Benedetto, 2012). Com relação à comercialização, os siris são organismos de menor valor econômico quando comparados aos camarões comercializados em larga escala, como o sete-barbas. Os siris são vendidos, em sua maioria, em comunidades tradicionais, fazendo com que haja grande desperdício devido ao não aproveitamento das espécies coletadas como fauna acompanhante (Sforza, Nalesso & Joyeux, 2010; Costa et al., 2016).

Embora a pesca apresente aspectos predatórios e impactos negativos sobre os organismos marinhos, estima-se que, em 2014, aproximadamente um milhão de pessoas foram diretamente dependentes de pesca em menor escala, tanto para renda quanto para a aquisição de proteínas através da alimentação, mostrando um lado importante da pesca artesanal para o desenvolvimento socioeconômico de comunidades tradicionais (Musiello-Fernandes, Zappes & Hostim-Silva, 2018). Portanto, estudos sobre a distribuição e a abundância das espécies exploradas são de extrema importância, especialmente em Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e em regiões onde a pesca de arrasto é praticada, para que exista um equilíbrio entre a pesca, a economia local das comunidades tradicionais e a sustentabilidade do ambiente marinho.

Estudos sobre a distribuição do gênero *Callinectes* na região sudeste do Brasil foram conduzidos em áreas como Cananéia, no litoral sul de São Paulo (Herrera & Costa, 2022) e Ubatuba, litoral norte paulista (Martins et al., 2012; Antunes et al., 2015), Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro (Golodne, Matos & Viana, 2012), Baía de Vitória, no Espírito Santo (Sforza, Nalesso e Joyeux, 2010), mas não há estudo que analise a distribuição e abundância dos siris *C. ornatus* e *C. danae* em Macaé, litoral norte do Rio de Janeiro. Esta última região é especialmente relevante devido ao fenômeno da Ressurgência advinda de Cabo Frio, que transporta águas profundas e ricas em nutrientes para a superfície, conferindo características de regiões temperadas à área (Costa et al., 2016).

As áreas de Ressurgência distribuídas ao redor do mundo ocupam cerca de 1% da superfície oceânica, sendo consideradas um dos ecossistemas marinhos mais produtivos, contribuindo com cerca de 20% das atividades pesqueiras. Entretanto, a Ressurgência de Cabo Frio, é efêmera e restrita às estações do ano, onde o vento nordeste é mais intenso e irregular, principalmente durante a primavera e o verão, não podendo ser comparada às grandes áreas de Ressurgência no mundo, que suportam cadeias alimentares permanentes devido à sua

regularidade (Carvalho-Batista et al., 2019).

Alguns estudos compararam os padrões ecológicos de crustáceos marinhos da região de Macaé com aqueles de áreas não influenciadas pela Ressurgência. Piantkoski et al., (2021) observaram os fatores que modulam a distribuição do camarão-pedra *Sicyonia dorsalis* Kingsley, 1878, apresentando as mesmas tendências quando comparado com outras regiões. Entretanto, Davanso et al. (2017), ao comparar Macaé, de menor latitude, e Ubatuba, de maior latitude, demonstraram que o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) não seguiu o padrão latitudinal de tamanho, longevidade e maturidade sexual, apesar de estar mais próximo da linha do equador, assim como o estudo de Carvalho-Batista et al., 2017, que, comparando as mesmas regiões, constataram que a Ressurgência influenciou os parâmetros populacionais do camarão *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888.

O paradigma do efeito latitudinal sugere que espécies encontradas em menores latitudes tendem a atingir a maturidade em tamanhos menores, com menor longevidade e prolongados períodos de recrutamento, enquanto que em maiores latitudes, os organismos atingem maturidade em tamanhos maiores, são mais longevos e com curtos períodos de recrutamento (Davanso et al., 2017). Algumas espécies, portanto, podem apresentar variações fisiológicas quando se comparam populações de regiões em latitudes diferentes. No caso de Macaé, a variação desse padrão em algumas espécies pode ser atribuída ao fenômeno da Ressurgência, que confere, à região, características ambientais típicas de zonas temperadas.

Estudos mais aprofundados sobre a fauna na região de Macaé são de extrema importância devido à escassez de dados a respeito dos padrões de distribuição desses animais, principalmente sobre a fauna acompanhante da pesca de arrasto. Sendo assim, a realização de investigações aprofundadas nessa área é crucial, considerando as constantes mudanças na biodiversidade marinha e estrutura das comunidades bentônicas, causadas por impactos como pesca de arrasto, contaminação por vazamentos de petróleo e alterações climáticas. Tais perturbações reduzem as populações de organismos que desempenham papéis fundamentais nas teias alimentares dos habitats marinhos (Souza et al., 2021).

Tendo em vista que os siris são constantemente capturados como fauna acompanhante em diversas áreas, esse estudo busca preencher lacunas de conhecimento acerca da distribuição e abundância dos siris do gênero *Callinectes* na região de Macaé, compreensão essencial para a conservação e manejo sustentável das espécies *C. ornatus* e *C. danae* e dos próprios

ecossistemas onde habitam, marcados por características ecológicas distintas de outras áreas.

Esse estudo, ao demonstrar os padrões de abundância e distribuição das espécies citadas, também possibilita futuras análises focadas em cenários nos quais os fatores ambientais variem drasticamente, como os processo de mudanças climáticas, que afetam diretamente a fauna marinha e a manutenção dos estoques pesqueiros.

2.Objetivo

O estudo tem como objetivo analisar a abundância e a distribuição ecológica dos siris *Callinectes ornatus* e *Callinectes danae* na região de Macaé/RJ, localizada no sudoeste do Oceano Atlântico, relacionando aos fatores espaço-temporais (meses e pontos) e abióticos (temperatura, salinidade, granulometria e conteúdo de matéria orgânica do sedimento) da região, visando identificar quais destes são essenciais para a ocorrência e distribuição das duas espécies alvo.

3.Material e métodos

3.1. Área de estudo

Macaé é uma cidade do estado do Rio de Janeiro, 190km à nordeste da capital. A região está situada na Área de Proteção Ambiental (APA) do Arquipélago de Santana (Costa et al., 2016) e é caracterizada por apresentar temperaturas frias similares às de regiões temperadas, apesar de estar localizada em uma região tropical. Tal característica se dá devido a influência da ressurgência de Cabo Frio (Figura 2) (Sancinetti et al., 2015).

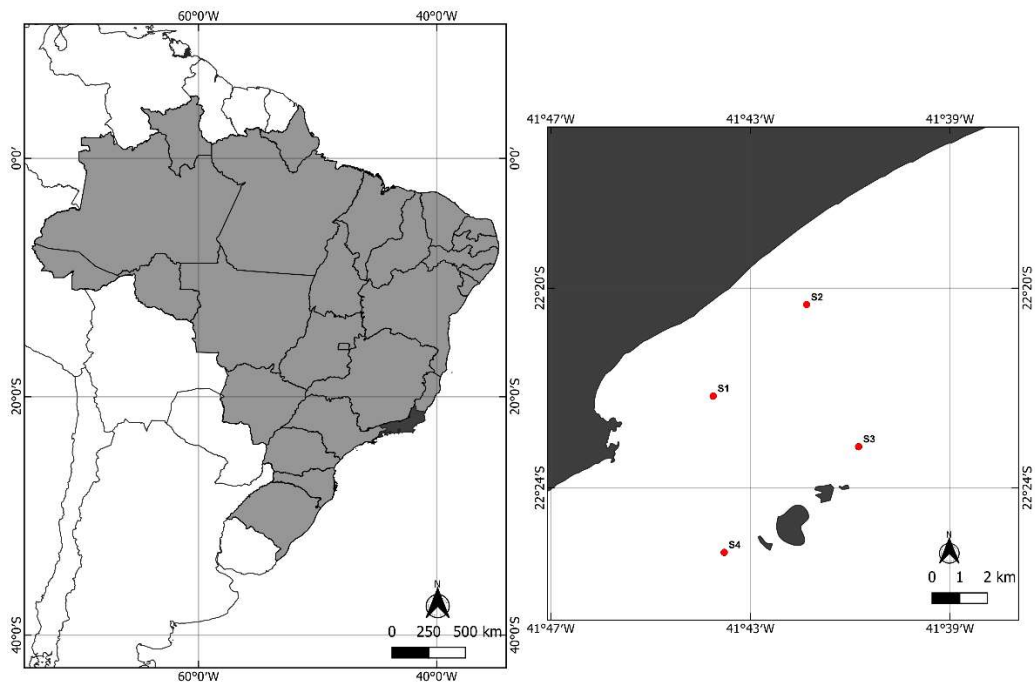


Figura 2: Mapa do Brasil (à esquerda) e mapa ampliado da região de Macaé (à direita), com os pontos de amostragem (S1 a S4) marcados em vermelho.

O fenômeno da ressurgência em Cabo Frio/RJ, causa uma grande diminuição na temperatura ao longo do ano (temperatura de fundo abaixo de 20°C), salinidades abaixo de 36.4 psu, juntamente de uma alta produtividade biológica (Emilson 1961; Gonzalez-Rodriguez et al. 1992; Carvalho-Batista et al., 2017; Piantkoski et al., 2021). As baixas temperaturas e a salinidade são o resultado da entrada da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), uma massa de água fria que se inicia no mar aberto e adentra na região costeira através do vento nordeste, que predomina ao longo do ano na região (Piantkoski et al., 2021). Sendo esse fenômeno essencial para a manutenção da biomassa da comunidade marinha (Gonzalez-Rodriguez et al., 1992; Piantkoski et al., 2021).

3.2. Coleta e análise de dados

Os siris foram coletados de julho de 2013 a junho de 2014, mensalmente, com um barco de pesca comercial equipado com redes duplas de 10 m de comprimento na panagem, largura entre portas da rede de 5 m, malha de 20 mm na panagem e 18 mm no saco final. A amostragem

foi realizada em quatro pontos, onde os pontos 1 e 2 foram localizados a 5 m de profundidade e os pontos 3 e 4 a 15 m. Em cada ponto, o esforço amostral foi de 30 minutos em uma velocidade constante de 2.0 nós, paralelamente à linha da costa.

Para coleta da água de fundo foi utilizada uma garrafa de Van Dorn em cada ponto, determinando a temperatura a partir de um termômetro de mercúrio 0,1°C e a salinidade por um refratômetro óptico específico. As amostras de sedimento foram coletadas com um pegador Van Veen (0,06m² de área) para determinar o tamanho médio do grão do sedimento (ϕ) e o conteúdo de matéria orgânica em cada ponto. A granulometria do sedimento foi determinada através de peneiras com diferentes tamanhos de malha, dividindo em: cascalho (maior que 2 mm); areia muito grossa (2 a 1,01 mm); areia grossa (1 a 0,51 mm); areia média (0,5 a 0,26mm); areia fina (0,25 a 0,126 mm); areia muito fina (0,125 a 0,063 mm); e silte e argila (partículas menores que 0,063 mm) (Tucker, 1988).

Com base nas porcentagens das frações granulométricas de cada ponto, foram calculadas as medidas de tendência central (ϕ), que indicam a fração granulométrica predominante no sedimento (Suguio, 1973). As classes de ϕ foram convertidas em frações granulométricas, correspondentes, resultando nas categorias: cascalho (< -1); areia muito grossa (-1 a 0); areia grossa (0 a 1); areia média (1 a 2); areia fina (2 a 3); areia muito fina (3 a 4); e silte e argila (>4) (Tucker, 1988).

Para determinar o conteúdo de matéria orgânica, subamostras de sedimento (10g) de cada ponto de coleta foram colocadas em cadinhos de porcelana e aquecidas em mufla à 500°C por 3 horas (Byers et al., 1978). A porcentagem de matéria orgânica presente em cada ponto de amostra corresponde à diferença entre o peso final e inicial do cadinho (Mantelatto & Fransozo, 1999).

Como um pré-requisito para análise estatística, os dados foram testados para homocedasticidade (teste de Levene) e normalidade (teste de Shapiro-Wilk) (Zar, 1999) e a exploração de dados seguiu os procedimentos descritos por Zuur et al., 2010. Dois modelos estatísticos foram gerados, um modelo espaço-temporal (mês e ponto) e um modelo ambiental (salinidade - psu, temperatura - °C, granulometria do sedimento - ϕ e conteúdo de matéria orgânica - %), as espécies foram avaliadas separadamente por meio de Modelos Aditivos Generalizados (GAMs).

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (versão 4.0.3) utilizando os pacotes mgcv e MuMin. A partir da exploração dos dados, os melhores modelos foram selecionados com base no menor do Critério de Informação de Akaike (AIC). Para cada espécie foram ajustados dois modelos, empregando as famílias de distribuição Gaussiana, Poisson e Binomial Negativa.

4. Resultados

As médias das temperaturas de fundo variaram de $18,50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,57\text{ }^{\circ}\text{C}$ em dezembro/13 até $22,75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,50\text{ }^{\circ}\text{C}$ em abril/14, sendo que a menor temperatura aferida foi $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ nos meses de dezembro/13 e junho/14 e a maior foi $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ em abril/14 (Figura 3A).

A maior média de salinidade de fundo foi $38\text{ psu} \pm 0,81\text{ psu}$, em julho/13. Setembro/13 apresentou o mesmo valor de julho/13, porém, com um maior desvio padrão ($38\text{ psu} \pm 1,41\text{ psu}$). Dezembro/13 registrou a menor média de salinidade de fundo no período analisado ($34,75\text{ psu} \pm 0,50\text{ psu}$) (Figura 3B).

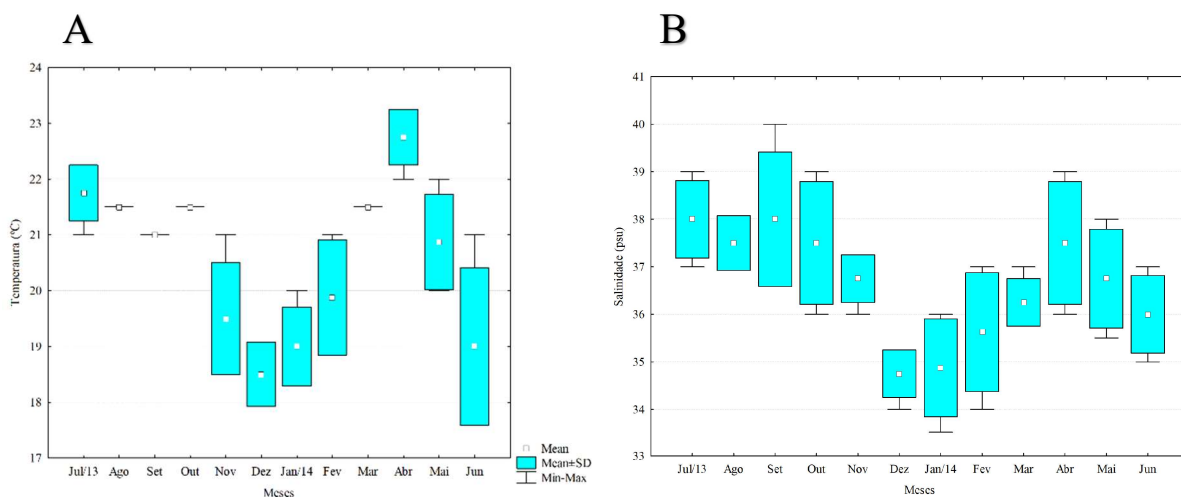


Figura 3: Variação anual da temperatura (A) e salinidade (B) de fundo na região de Macaé, Rio de Janeiro.

Os pontos 3 e 4 apresentaram as maiores médias nos valores de phi e, conseqüentemente, um menor diâmetro no sedimento, sendo $6,44 \pm 1,36$ e $6,41 \pm 1,36$, respectivamente. O ponto 2 teve o menor valor de phi ($4,28 \pm 1,36$), ou seja, uma maior granulometria do sedimento. O ponto 1 apresentou um valor próximo daquele encontrado no ponto 2 ($4,76 \pm 1,36$) (Figura 4). A classificação de todos os pontos, portanto, é silte e argila.

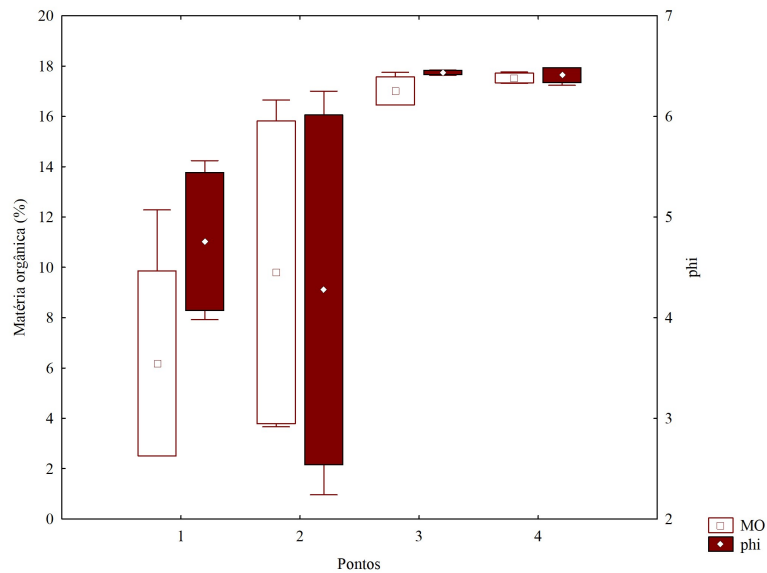


Figura 4: Variação espacial da composição granulométrica (phi) e matéria orgânica (MO) do sedimento na região de Macaé, RJ.

Os pontos 3 e 4 também apresentaram maiores valores médios no conteúdo de matéria orgânica presente no sedimento, sendo $17,01\% \pm 5,93$ e $17,53\% \pm 5,96$ respectivamente. O ponto 1 foi o que apresentou menor média de conteúdo de matéria orgânica ($6,19\% \pm 6,03$) (Figura 4).

Com relação a abundância total de *C. ornatus* e *C. danae*, foram coletados 1.436 indivíduos, sendo que 93,6% (1.344 indivíduos) *C. ornatus*, e 6,4% (92 indivíduos) de *C. danae* (Figura 5). O ponto onde houve maior tendência na distribuição dos indivíduos foi o ponto 1, com 691 espécimes de *C. ornatus* e 42 de *C. danae*. Em contrapartida, o ponto 4 apresentou a menor abundância para ambas as espécies, com 116 indivíduos de *C. ornatus* e 6 de *C. danae* (Figura 6).

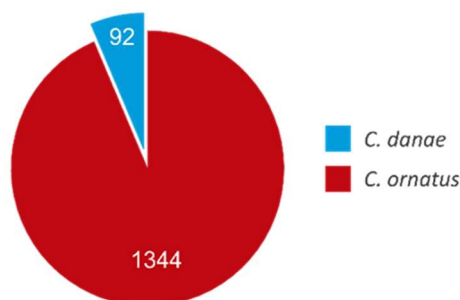


Figura 5: Abundância total de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (em vermelho) e *Callinectes danae* Smith, 1869 (em azul) em Macaé, Rio de Janeiro.

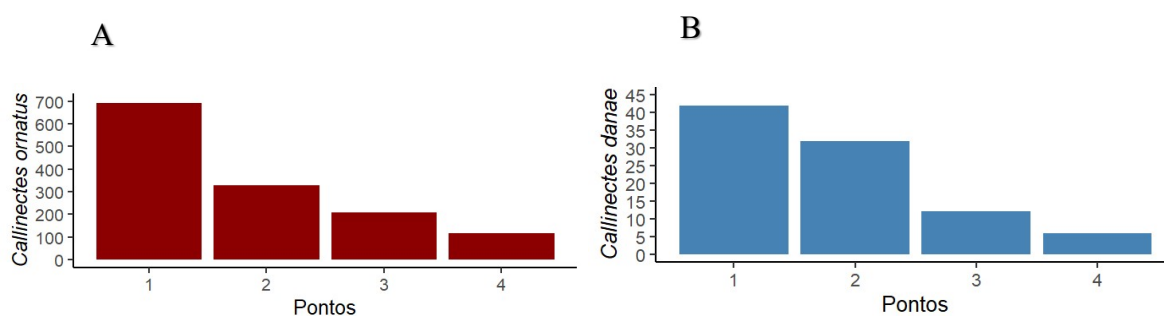


Figura 6: Variação espacial da abundância de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (A) e *Callinectes danae* Smith, 1869 (B), nos quatro pontos amostrais de Macaé, Rio de Janeiro.

Abril/13 foi o mês de maior abundância de *C. ornatus*, com 486 indivíduos coletados, enquanto fevereiro/14 obteve-se o menor valor, com apenas 14 indivíduos. Por outro lado, a abundância de *C. danae* foi baixa ao longo dos meses, atingindo pico máximo em maio/14, com 19 espécimes amostrados, e o mínimo em novembro/13, com apenas 1 indivíduo coletado (Figura 7).

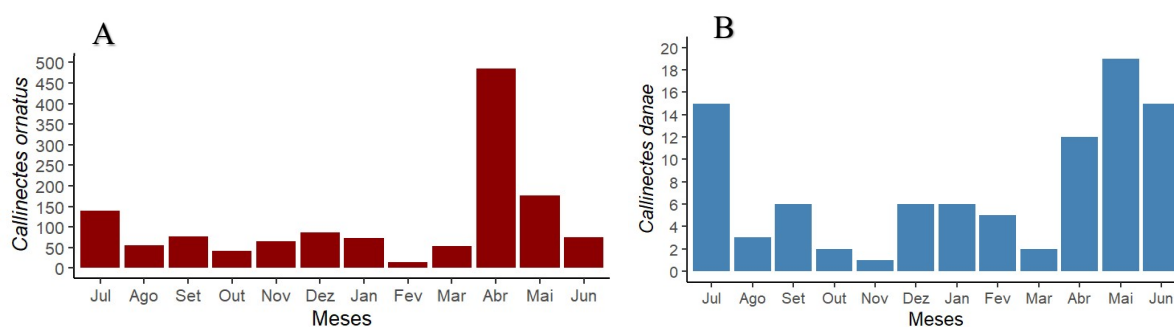


Figura 7: Variação mensal da abundância de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (A) e *Callinectes danae* Smith, 1869 (B) em Macaé, Rio de Janeiro.

O outono foi a estação com maior número de indivíduos de ambas as espécies, com 738 *C. ornatus* e 46 *C. danae*, enquanto que, durante o verão, *C. ornatus* apresentou sua menor abundância (140 indivíduos). A estação de menor abundância para *C. danae* foi a primavera, com apenas 9 indivíduos (Figura 8).

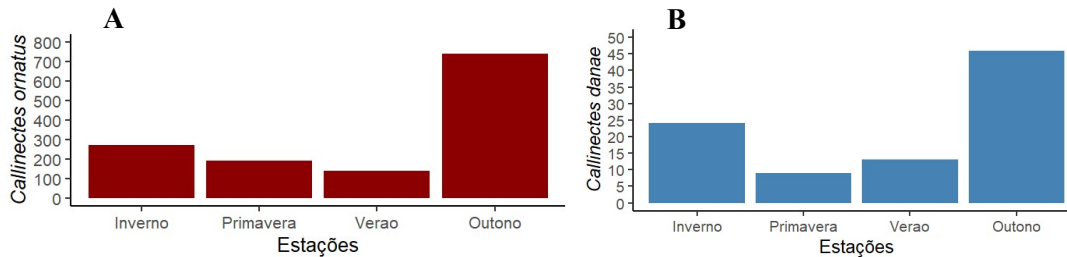


Figura 8: Variação sazonal da abundância de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (A) e *Callinectes danae* Smith, 1869 (B) em Macaé, Rio de Janeiro.

Os modelos de melhor ajuste foram os binomiais negativos para ambas as espécies, tanto no modelo espaço-temporal quanto no modelo ambiental (Tabela 1 e 2). No modelo espaço-temporal, as variáveis mês e pontos de coleta foram consideradas estatisticamente significativas. No modelo ambiental, apenas as variáveis temperatura, salinidade e granulometria do sedimento apresentaram significância estatística, com o conteúdo de matéria orgânica do sedimento sendo retirado da análise durante a exploração dos dados.

Tabela 1: Ranque dos modelos explicativos para a abundância de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 e com o menor Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc).

| Ranque | Parâmetros | df | logLik | AICc | wl | Δ AICc |
|---------------|-------------------------------|----------|-----------------|-----------------|------------|---------------|
| 6 | C_orn~PHI | 3 | -155,079 | 316,9081 | 0 | 13,8774 |
| 5 | C_orn~Sal | 3 | -207,105 | 420,7544 | 0 | 117,7237 |
| 4 | C_orn~Temp | 3 | -200,253 | 407,0521 | 0 | 104,0214 |
| 3 | C_orn~Sal + PHI | 4 | -154,972 | 319,2346 | 0 | 16,2039 |
| 2 | C_orn~Temp + PHI | 4 | -149,404 | 308,0988 | 0,1 | 5,0681 |
| 1 | C_orn~Temp + Sal | 4 | -195,646 | 400,2216 | 0 | 97,1909 |
| Global | C_orn~Temp + Sal + PHI | 5 | -145,515 | 303,0307 | 0,9 | 0* |

df= grau de liberdade; logLik= log Verossimilhança; AICc= Critério de Informação de Akaike corrigido; wl= peso; Δ AICc= diferença entre o AICc de um modelo e o modelo com menor AICc; (*) Modelo ambiental escolhido devido ao valor de Δ AICc < 2

Tabela 2: Ranque dos modelos explicativos para a abundância de *Callinectes danae* Smith, 1869 e com o menor Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc).

| Ranque | Parâmetros | df | logLik | AICc | wl | Δ AICc |
|---------------|---------------------------------|----------|-----------------|-----------------|------------|---------------|
| 6 | C_danae~PHI | 3 | -60,8079 | 128,3658 | 0,3 | 0,83 |
| 5 | C_danae~Sal | 3 | -85,1681 | 176,8817 | 0 | 49,35 |
| 4 | C_danae~Temp | 3 | -83,6797 | 173,9048 | 0 | 46,37 |
| 3 | C_danae~Sal + PHI | 4 | -60,3848 | 130,0599 | 0,1 | 2,52 |
| 2 | C_danae~Temp + PHI | 4 | -59,8122 | 128,9148 | 0,2 | 1,38 |
| 1 | C_danae~Temp + Sal | 4 | -82,4646 | 173,8594 | 0 | 46,32 |
| Global | C_danae~Temp + Sal + PHI | 5 | -57,7678 | 127,5356 | 0,4 | 0,00* |

df= graus de liberdade; logLik= log Verossimilhança; AICc= Critério de Informação de Akaike corrigido; wl= peso; Δ AICc= diferença entre o AICc de um modelo e o modelo com menor AICc; (*) Modelo ambiental escolhido devido ao valor de Δ AICc < 2

Houve diferença entre os períodos de maior abundância entre as espécies *C. ornatus* e *C. danae*. De acordo com o modelo, o mês de maior abundância de *C. ornatus* ocorreu em abril/2014, enquanto para *C. danae* foi em julho/2013 (Figura 8 e 9). O ponto de maior abundância para ambas as espécies foi o ponto 1, localizado em uma área mais rasa e próximo à costa, bem como ao pequeno estuário de Macaé. Por outro lado, o ponto onde houve menor número de indivíduos foi o ponto 4, situado próximo à extremidade inferior do Arquipélago de Santana (Figura 8 e 9).

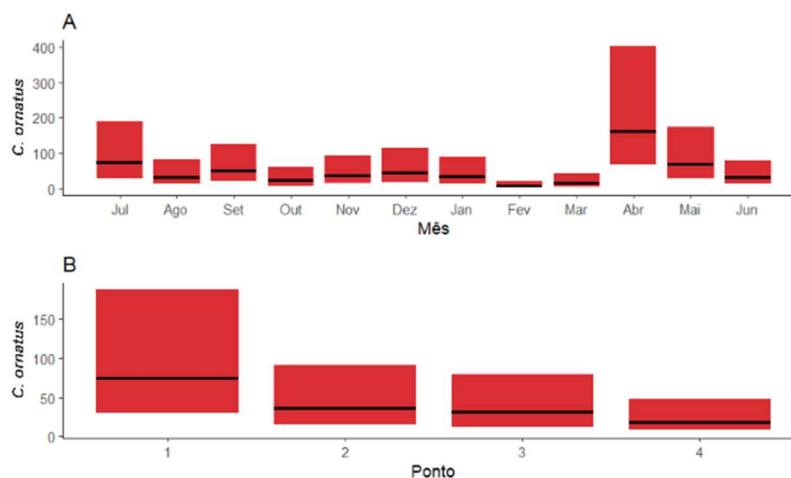


Figura 8: Abundância e distribuição temporal (A) e espacial (B) de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863, coletados em Macaé, Rio de Janeiro, gerado pelo modelo aditivo generalizado (GAM).

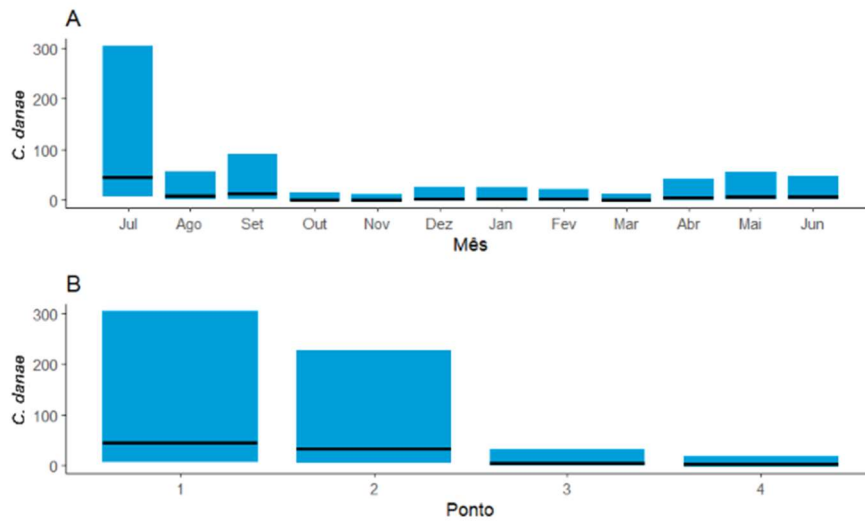


Figura 9: Abundância e distribuição temporal (A) e espacial (B) de *Callinectes danae* Smith, 1869, coletados em Macaé, Rio de Janeiro, gerado pelo modelo aditivo generalizado (GAM).

Com relação aos fatores ambientais, os GAMs geraram gráficos que demonstraram a associação entre a quantidade de indivíduos e a variação dos fatores explicativos temperatura, salinidade e phi. *Callinectes ornatus* apresentou relação positiva com temperatura e phi, mas negativa com a salinidade (Figura 10). *Callinectes danae* manteve relação positiva com a temperatura, entretanto, relacionou-se negativamente com salinidade e phi (Figura 11).

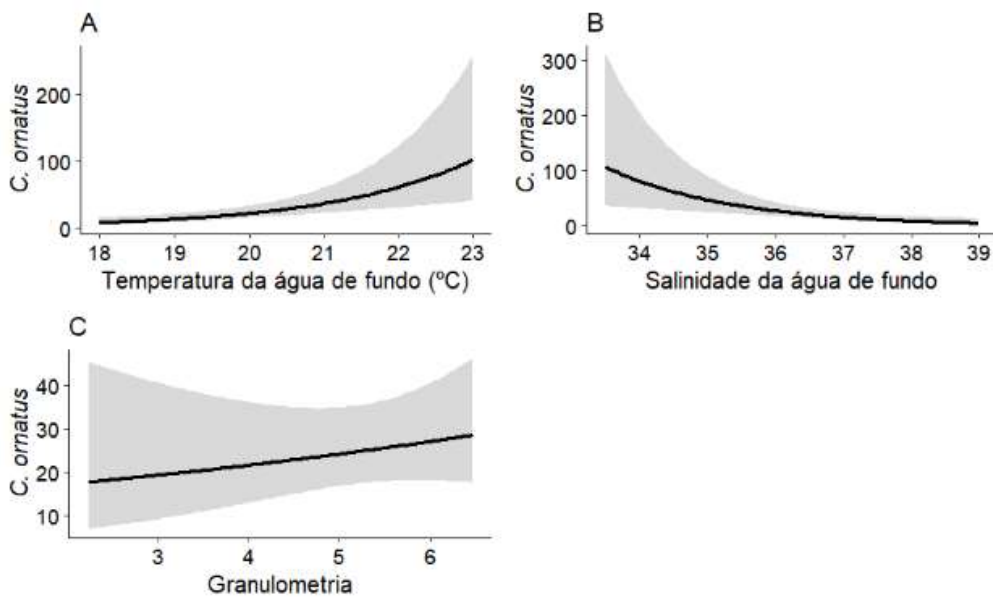


Figura 10: Variação da abundância de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 e sua relação com as variáveis ambientais: (A) temperatura, (B) salinidade e (C) granulometria (phi), gerado pelo modelo aditivo generalizado (GAM).

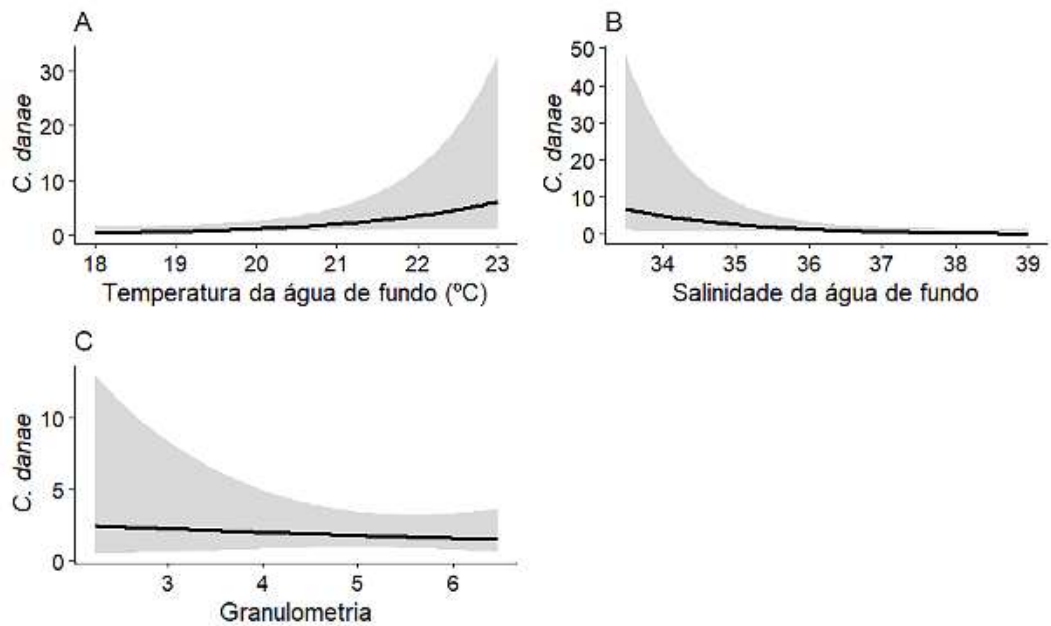


Figura 11: Variação da abundância de *Callinectes danae* Smith, 1869 e sua relação com as variáveis ambientais: (A) temperatura, (B) salinidade e (C) granulometria (ϕ), gerado pelo modelo aditivo generalizado (GAM).

5. Discussão

A temperatura anual em Macaé foi marcada por baixos valores, fato possivelmente atrelado ao fenômeno da Ressurgência da ACAS, advinda de Cabo Frio, durante a primavera e o verão na região. Os fatores ambientais atrelados à Ressurgência são essenciais para os organismos estudados, tendo em vista a relação entre a abundância das espécies, os fatores ambientais e sua distribuição espaço-temporal. Essa relação, portanto, destaca a influência do fenômeno na fauna marinha local e na manutenção do ecossistema.

As zonas de temperatura da Terra são definidas de modo que quanto mais próximo uma área esteja da linha do equador, maiores temperaturas serão medidas devido a maior incidência de raios solares, no entanto, mesmo que Macaé esteja mais próxima dessa linha do que regiões como Cananeia ou Ubatuba, a área apresenta menores temperaturas ao longo do ano. De acordo com Herrera & Costa (2022) em seu estudo realizado em Cananeia, a região apresentou um claro padrão sazonal, com temperaturas mais altas no verão e mais baixas no inverno, sendo o verão a estação de maior abundância para *C. ornatus* e *C. danae*.

No presente estudo, observou-se que a estação de maior abundância para ambas as espécies foi o outono, seguida pelo inverno. A princípio, isso sugere uma preferência das espécies por águas mais frias, no entanto, uma análise mais detalhada dos fatores ambientais local, indica que houve um aumento da temperatura nessas estações, pois na região de Macaé, a primavera e o verão são marcadas pela entrada da ACAS na área costeira, trazendo águas mais frias. Os resultados do Modelo ambiental do presente estudo corroboram com a relação positiva entre a abundância de *C. ornatus* e *C. danae* e o aumento da temperatura, como relatado em estudos realizados em outras regiões, como em Watanabe et al. (2014), na Baía de São Vicente, Antunes et al. (2015), em Ubatuba e Herrera & Costa (2022), em Cananéia.

Além da temperatura, a salinidade também destaca-se como um fator ambiental influente para as espécies. De acordo com Watanabe et al. (2014), *C. ornatus* apresenta maior amplitude de tolerância à salinidade (eurialino) em comparação com outros membros da família Portunidae. No entanto, quando comparado com outras espécies do mesmo gênero, como *C. danae*, evidencia menor tolerância à variação de salinidade. Segundo Branco & Masunari (2000), o ciclo de vida de *C. danae* é marcado pela migração de fêmeas ovígeras de áreas estuarinas para águas mais salinas para a desova e eclosão das larvas. Os resultados de Herrera & Costa (2022) mostram que há uma maior tolerância na variação da salinidade em *C. danae* quando comparada com *C. ornatus*, baseando-se na abundância de indivíduos nas áreas estuarinas e marinhas de Cananeia, assim corroborando com o ciclo de vida proposto por Branco & Masunari (2000). No caso de Macaé, a fisiologia menos eurialina de *C. ornatus* não impediu que dominassem a região, com uma discrepância significativa de indivíduos em relação à espécie mais eurialina *C. danae*, possivelmente devido a baixa variação da salinidade da área, fazendo com que Macaé seja ideal para *C. ornatus*.

Outro fator importante para as diferenças significativas na abundância das espécies é a influência estuarina. Macaé apresenta um pequeno estuário que, segundo Costa et al. (2016) e Sousa et al. (2021), tem sofrido cada vez mais impactos decorrentes de processos de urbanização, supressão de manguezais e intensificação da indústria petrolífera. Esses impactos, bem como a própria característica física pequena do estuário, afetam diretamente espécies dependentes de estuários e manguezais para completarem seu ciclo de vida, como é o caso de *C. danae* que, em decorrência dessas atividades, podem apresentar um declínio populacional e, conseqüentemente, *C. ornatus* pode expandir sua ocupação para nichos ecológicos que a primeira espécie ocuparia.

Siris tendem a exercer o comportamento de se enterrar no substrato, tanto para se alimentar da matéria orgânica do sedimento quanto para se proteger de predadores (Martins et al. 2014; Herrera & Costa, 2022). Portanto, quanto maior o phi mais compactado e difícil para se enterrar no substrato, comprometendo a sobrevivência das espécies. No entanto, sedimentos mais finos tendem a acumular maior quantidade de matéria orgânica. A maior concentração das duas espécies de siris no ponto 1, caracterizado por menor profundidade, pode estar associada com o sedimento menos argiloso e aos valores de phi mais baixos encontrado nos pontos 1 e 2, indicando maior granulometria. Nos pontos 3 e 4, localizados em áreas mais profundas e nas extremidades do Arquipélago de Santana, o tipo de sedimento foi mais argiloso, com granulometria menor em comparação aos pontos 1 e 2. A presença do arquipélago diminui a hidrodinâmica das proximidades, favorecendo a deposição de grãos menores que, não se estabelecem em áreas abertas como nos pontos com 5 m de profundidade (Piantkoski et al., 2021).

A ocupação de ambas as espécies na região também traz consequências visíveis em seus picos de abundância. *Callinectes ornatus* e *C. danae* são espécies congênicas, ou seja, filogeneticamente muito próximas. Isso significa que existe uma forte tendência de ocuparem nichos ecológicos similares, assim competindo pelos mesmos recursos nas áreas onde se encontram (Herrera & Costa, 2021), tendo que haver algum mecanismo de segregação de nicho, sendo ele trófico, espacial ou, no caso desse estudo, temporal (Neves et al., 2023). Notou-se uma evidente segregação nos modelos gerados, onde a maior abundância das duas espécies coincidiu com os dois meses de maior temperatura, abril/14 para *C. ornatus* e julho/13 para *C. danae*.

O modelo espaço-temporal gerado para *C. ornatus* não apresentou grande diferença entre os valores observados e os estimados. Contudo, o modelo ajustado para *C. danae* apresentou diferenças, com os valores estimados ultrapassando os valores observados. O pico de abundância gerado pelo modelo ocorreu em julho/2013, enquanto os dados brutos indicaram abril/2014. Uma possibilidade para essa diferença seria o baixo número de indivíduos coletados de *C. danae* (n = 92), o que pode ter influenciado na análise do modelo. Em contraste, o inverso vale para *C. ornatus* (n = 1344), em que o elevado número de indivíduos contribuiu para maior acurácia do modelo.

Tendo isso em vista, os modelos espaço-temporais foram essenciais para a análise

ecológica das duas espécies mesmo com as variações entre valores reais e estimados.

6. Conclusões

Os resultados deste estudo demonstram que a abundância e distribuição de *Callinectes ornatus* e *Callinectes danae*, na região de Macaé, litoral norte fluminense, são influenciadas por fatores espaço-temporais e ambientais. Ambas as espécies preferiram regiões de menor profundidade, associadas a temperaturas mais altas e menores salinidades. No entanto, as espécies diferiram em relação à granulometria do sedimento. *Callinectes ornatus* se relacionou positivamente com sedimentos de menor granulometria, enquanto o oposto foi observado para *C. danae*.

Quanto as relações espaço-temporais, foram observados mecanismos de segregação temporal entre as espécies, embora também exista sobreposição de habitats devido, possivelmente, às características ambientais da área de estudo e à proximidade filogenética entre ambas. A baixa abundância de *C. danae* registrada durante o estudo, pode estar associada ao tamanho reduzido do estuário de Macaé, uma vez que uma correlação entre estuários maiores e maior abundância de indivíduos de *C. danae* é observada.

Esse estudo elucidou quais fatores são influentes para as populações de *C. ornatus* e *C. danae* na região de Macaé, uma área singular e importante tanto ecologicamente, devido a Ressurgência e a abundância dessas espécies, quanto socialmente, tendo em vista a relevância da pesca artesanal e dessa atividade econômica no litoral brasileiro. Os resultados apresentados também são fundamentais para a comunidade científica da carcinologia, fornecendo dados essenciais para estudos sobre mudanças climáticas, variações nas comunidades marinhas ao longo do tempo, em políticas de manejo de espécies e conservação das áreas marinhas na região de Macaé. Além disso, estes resultados têm implicações para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável, levando em consideração tanto a preservação dos ecossistemas marinhos quanto as questões socioeconômicas das comunidades pesqueiras, as quais dependem da pesca para subsistência.

7.Referências

- AHYONG, S. T.; LAI, J. C. Y.; SHARKEY, D.; COLGAN, D. J.; NG, P. K. L. (2007). Phylogenetics of the brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda): the status of Podotremata based on small subunit nuclear ribosomal RNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45: 576–586.
- ANTUNES, M.; FRANSOZO, V.; BERTINI, G.; TEIXEIRA, G.; & FRANSOZO, A. (2015). Abundance and distribution of the swimming crab *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, southeastern Brazil, *Marine Biology Research*, 11(9): 920-932. DOI: 10.1080/17451000.2015.1044998
- BRANCO, J. O.; FRACASSO, H. A. A. (2004). Ocorrência e abundância da carcinofauna acompanhante na pesca do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* Heller (Crustacea, Decapoda), na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(2): 295–301.
- BYERS, S. C.; MILLS E. L.; STEWART P. L. (1978). A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia* 58: 43–47. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00018894>
- CARVALHO-BATISTA, A.; PANTALEÃO, J. A. F.; CASTILHO A. L.; COSTA, R. C. (2019). The Cabo Frio upwelling overrides geographical patterns in the population dynamics of the shrimp *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 (Decapoda: Penaeidae). *Marine Ecology*. 40:e12534. DOI: <https://doi.org/10.1111/maec.1253>
- COSTA, R. C.; CARVALHO-BATISTA, A.; HERRERA, D. R.; PANTALEÃO, J. A. F.; TEODORO, S. S. A.; DAVANSO, T. M. (2016). Carcinofauna acompanhante da pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* em Macaé, Rio de Janeiro, sudeste brasileiro. *Boletim do Instituto de Pesca*. 42(3): 61–624. DOI:10.20950/1678-2305.2016v42n3p611
- DAVANSO, T. M.; HIROSE, G. L.; HERRERA, D. R.; FRANSOZO, A.; COSTA, R. C. (2017). Does the upwelling phenomenon influence the population dynamics and management of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Penaeidae)? *Hydrobiologia*, 795: 295–311. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3152-0>

DecaNet eds. (2023). DecaNet. *Callinectes* Stimpson, 1860. Acessado através de: World Register of Marine Species: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=106921>. Acessado em: 16 de novembro de 2023.

DE GRAVE, S.; PENTCHEFF, N. D.; AHYONG, S. T.; CHAN, T.-Y.; CRANDALL, K. A.; DWORSCHAK, P. C.; FELDER, D. L.; FELDMANN, R. M.; FRANSEN, C. H. J. M.; GOULDING, L. Y. D.; LEMAITRE, R.; LOW, M. E. Y.; MARTIN, J. W.; NG, P. K. L.; SCHWEITZER, C. E.; TAN, S. H.; TSHUDY, D.; WETZER, R. (2009). A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles Bulletin of Zoology*, 21: 1–109.

DI BENEDITTO, A. P. M.; DE SOUZA, G. V. C.; TUDESCO, C. C.; KLÔH, A. D. S. (2010). Records of brachyuran crabs as by-catch from the coastal shrimp fishery in northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Marine Biodiversity Records*, 3: 1-4. DOI:10.1017/s1755267210000679

EMILSSON, I. (1961). The shelf and coastal waters off southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 11(2): 101–112. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0373-55241961000100004>

GOLODNE, P. M.; MATOS, M. C. O.; VIANNA, M. (2012). Sobre a estrutura populacional de *Callinectes danae* e *Callinectes ornatus* (Decapoda, Portunidae), na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Atlântica (Rio Grande)*, 32(2): 151–161. DOI: <https://doi.org/10.5088/atlantica.v32i2.2457>

GONZALEZ-RODRIGUEZ, E.; VALENTIN, J. L.; ANDRÉ, J. L.; JACOB, S. A. (1992). Upwelling and downwelling at Cabo Frio (Brazil): comparison of biomass and primary production responses, *Journal of Plankton Research*, 14(2): 289–306. DOI: <https://doi.org/10.1093/plankt/14.2.289>

HERRERA, D. R.; COSTA, R. C. (2022). Distributional patterns of two sympatric blue crabs (*Callinectes*) and the implications for conservation management at the South-west Atlantic subtropical shelf, *Marine Biology Research*, 18(7-8): 466-476. DOI: 10.1080/17451000.2022.2147950

KEUNECKE, K.; D'INCAO, F.; VERANI, J.; VIANNA, M. (2012). Reproductive strategies of two sympatric swimming crabs *Callinectes danae* and *Callinectes ornatus* (Crustacea: Portunidae) in an estuarine system, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological*

Association of the United Kingdom, 92(2): 343-347. DOI:10.1017/S0025315411000397

MANTELATTO, F. L.; TAMBURUS, A. F.; MAGALHÃES, T.; BURANELLI, R. C.; TEROSSI M.; NEGRI, M.; CASTILHO, A. L.; COSTA, R. C.; ZARA, F. J. (2020). Checklist of decapod crustaceans from the coast of the São Paulo state (Brazil) supported by integrative molecular and morphological data: III. Infraorder Brachyura Latreille, 1802. *Zootaxa*, 4872(1): 1–108.

MANTELATTO, F. L.; FRANSOZO, A. (1999). Characterization of the physical and chemical parameters of Ubatuba Bay, Northern Coast of São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(1): 23–31. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71081999000100004>

MARTINS, B. A.; PEREIRA, R.T.; FRANSOZO, V.; TEIXEIRA, G. M.; FURLAN, M.; FRANSOZO, A. (2014). Environmental factors modulating the abundance and distribution of *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) from two areas of the southeastern coast of Brazil. *Biologia*, 69: 1356–1364. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0440-2>

MELO, G. A. S. (1996). Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo: Plêiade FAPESP.

MUSIELLO-FERNANDES, J.; ZAPPES, C. A.; HOSTIM-SILVA, M. (2018). Small-scale fisheries of the Atlantic seabob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*): Continuity of commercialization and maintenance of the local culture through making public policies on the Brazilian coast. *Ocean & Coastal Management*, 155: 76-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.01.033>.

NEVES, M. C.; VANNUCI-SILVA, M.; MONTANINI, G.; AZEVEDO, A. F.; LAILSON-BRITO, J.; BISI, T. L. (2023). From narrow and overlapped to wide and segregated: The isotopic niche of a tropical cetacean community. *Ecological Indicators*, 154: 110711. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110711>.

PIANTKOSKI, E. L.; COSTA, R. C.; DAVANSO, T. M.; HERRERA, D. R.; SIMÕES, S. M. (2021). Which environmental factors are most relevant to the distribution of *Sicyonia dorsalis* (Penaeoidea: Sicyoniidae) in an upwelling region? *Biologia* 76: 1753–1762. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00676-8>

PINHEIRO, M. A. A.; BOOS, H.; REIGADA, A. L. D.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; ROCHA, S. S.; HEREMAN, M. J.; SOUZA, M. R. (2016) Avaliação dos Caranguejos Portunídeos (Decapoda: Portunoidea: Ovalipidae, Polybiidae e Portunidae). Cap. 26: p. 337-365. In: Pinheiro, M. & Boos, H. (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p.

SANCINETTI, G. S.; AZEVEDO, A.; CASTILHO, A. L.; FRANSOZO, A.; COSTA, R. C. (2015). Population biology of the commercially exploited shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in an upwelling region in the Western Atlantic: comparisons at different latitudes. *Brazilian Journal of Biology*, 75(2): 305–313. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.11813>

SFORZA, R.; NALESSO, R. C.; JOYEUX, J. (2010). Distribution and Population Structure of *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) in a Tropical Brazilian Estuary, *Journal of Crustacean Biology*, 30(4): 597–606. DOI: <https://doi.org/10.1651/09-3223.1>

SOUSA, A. N.; BERNARDES, V. P.; BERNARDO, C. H.; SILVA, T. E.; SANCINETTI, G. S.; COSTA, R. C.; FRANSOZO, A. (2021). Bathymetric distribution of brachyuran crabs: Alpha and beta diversity variation in an upwelling area. *Marine Ecology*, 42:e12650. DOI:10.1111/maec.12650

SUGUIO, K. (1973). Introdução à sedimentologia. São Paulo. ED. Edgard Blucher, EDUSP, 317p.

TUCKER, M. (1988). *Techniques in Sedimentology*. Oxford: Blackwell, Blackwell Scientific Publications, Boston 394p.

TUDESCO, C. C.; FERNANDES, L. P.; DI BENEDITTO, A. P. M. (2012). Population structure of the crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Brachyura: Portunidae) bycatch in shrimp fishery in northern Rio de Janeiro state, Brazil. *Biota Neotropica*, 12(1): 93–98. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032012000100007>

VAN DENDEREN, P. D.; BOLAM, S. G.; HIDDINK, J. G.; JENNINGS, S.; KENNY, A.; RIJNSDORP, A. D.; VAN KOOTEN, T. (2015). Similar effects of bottom trawling and natural disturbance on composition and function of benthic communities across habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 541:31-43. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps11550>

WATANABE, T. T.; SANT'ANNA, B. S.; HATTORI, G. Y.; & ZARA, F. J.. (2014). Population biology and distribution of the portunid crab *Callinectes ornatus* (Decapoda: Brachyura) in an estuary-bay complex of southern Brazil. *Zoologia (curitiba)*, 31(4): 329–336. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-46702014000400004>

ZAR, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Upper Saddle River.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*. 1: 3-14. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>