

**UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ – UNIVALI  
ESCOLA DO MAR, CIÊNCIA E TECNOLOGIA – EMCT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL – PPCTA**



**ECOLOGIA DO SIRI INVASOR *Charybdis hellerii*  
E O POTENCIAL IMPACTO NO CULTIVO DE BIVALVES  
DA ARMAÇÃO DO ITAPOCOROY, PENHA, SC**

**VINÍCIUS SOARES CORREA DA COSTA**

ITAJAÍ

2023

**VINÍCIUS SOARES CORREA DA COSTA**

**ECOLOGIA DO SIRI INVASOR *Charybdis hellerii*  
E O POTENCIAL IMPACTO NO CULTIVO DE BIVALVES  
DA ARMAÇÃO DO ITAPOCOROY, PENHA, SC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.  
Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr.<sup>2</sup> Joaquim Olinto Branco  
Coorientadora: Profa. Dra. Vivian de Mello Cionek

ITAJAÍ  
2023

**VINÍCIUS SOARES CORREA DA COSTA**

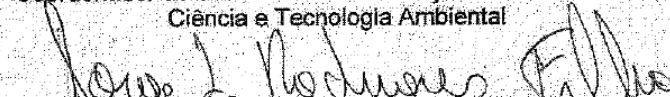
**“ECOLOGIA DO SIRI INVASOR *CHARYBDIS HELLERII* E O  
POTENCIAL IMPACTO NO CULTIVO DE BIVALVES DA  
ARMAÇÃO DO ITAPOCOROY, PENHA, SC”**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em  
Ciência e Tecnologia Ambiental e aprovada pelo Programa de Mestrado  
Acadêmico em Ciência e Tecnologia Ambiental do Curso de  
Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia  
Ambiental da Universidade do Vale do Itajaí –  
Escola Politécnica.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS**



Prof. Dr. Marcus Polette  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em  
Ciência e Tecnologia Ambiental



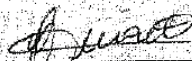
Prof. Dr. Jorge Luiz Rodrigues Filho  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC - Membro Externo



Prof. Dr. André Silva Barreto  
Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI - Membro Interno



Prof. Dr. Paulo Ricardo Schwingel  
Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI - Membro Interno



Prof. Dr. Vivian de Mello Cione  
Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI - Coorientadora



Prof. Dr. Joaquim Olinto Branco  
Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI - Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela dádiva da vida e auxílio na superação dos obstáculos e saúde.

O desenvolvimento deste estudo não teria sido possível sem a ajuda de todas as pessoas que cruzaram meu caminho durante minha formação como biólogo, e principalmente daqueles que se envolveram de alguma forma neste projeto.

Quero agradecer aos meus orientadores Professores: Dr.<sup>2</sup> Joaquim Olinto Branco e Dra. Vivian de Mello Cionek, por toda orientação, apoio, e reconhecimento sem fim do meu potencial como pesquisador. Foi um prazer trabalhar sob vossas orientações.

Branco, você foi extremamente acessível o tempo todo, ajudou muito com os macetes de coleta, com o reconhecimento das estruturas dos siris que até então não havia trabalhado, com as análises dos conteúdos estomacais, e sempre que tive dúvida, o senhor rapidamente me sanava.

“Madre” Vivian, você foi uma mãe mesmo. Em todas as minhas incertezas você esteve presente para me lembrar que sou capaz. Se eu tivesse algum problema, você já marcava uma reunião e conseguíamos rapidamente contorna-lo, o que é profundamente louvável. Sua cabeça, olhos treinados para uma excelente correção e suas dicas me ajudaram a melhorar minha escrita.

Apesar de todos os contratemplos ao longo do caminho, minha meta final foi alcançada graças a vocês orientadores. Muito obrigado!

Gostaria de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por ter concedido a bolsa de estudo, que permitiu a realização deste trabalho sem ter que me preocupar financeiramente.

A todos que me ajudaram nas coletas, Valdemir, Lívia, Vivian, Laís, Laura, Isabel, Natália, Alana, Gabriela, Daphene, Melina, Regiane, Beatriz, sempre pelo menos um de vocês esteve disponível para me acompanhar, mesmo que até tarde da noite, no frio do inverno, ou passando a madrugada triando bichos no laboratório. Fico profundamente agradecido por vocês terem me ajudado nesta etapa!

Valdemir e Vivian, obrigado pela ajuda com as entrevistas com os maricultores. Vocês me ajudaram a vencer a timidez de me comunicar com os entrevistados.

Agradeço aos maricultores que disponibilizaram tempo para responder o questionário de siri invasor e ao Professor Dr. Gilberto Caetano Manzoni por ter me apresentado aos maricultores. O conhecimento que vocês possuem sobre a espécie me ajudou a compreender como o siri interage com o ambiente e com a produção de bivalves.



Agradeço os Professores, Dr. Paulo Ricardo Schwingel por ceder o microscópio óptico, Dr. David Valença Dantas pelo uso do microscópio de luz com sistema de captura, e o Dr. Jorge Luiz Rodrigues Filho pela leitura inicial e discussões do assunto. Agradeço aos técnicos de laboratório da Univali, em especial a Érica que me ajudou com as técnicas histológicas e ao Murilo que produziu o mapa de localização do estudo.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Zoologia, aos colegas de mestrado, aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, obrigado por todos os conselhos, feedback e pequenos bate-papos que me ajudaram a desenvolver minhas ideias. Às secretárias do programa, em especial à Isabela, por responder a tantas perguntas e dúvidas, e por me lembrar de datas de entregas. Ao pessoal da limpeza, que sempre deixaram os corredores, salas e laboratórios limpos e organizados, muito obrigado.

Isabel, você foi uma ótima pessoa para conversar, rir, almoçar, especialmente quando trabalhávamos no Laboratório, compartilhando suas experiências e conselhos sobre tudo e qualquer coisa. Foi uma ótima parceira durante as disciplinas, que até nos rendeu um artigo. Admiro muito seu foco e determinação. Espero que continuemos nos próximos anos.

A todos os meus melhores amigos, Daphene, Camila, Thamara, Brenda, Melina, Nalissa, Fabiana, Julianna que não vi durante a realização deste projeto, ou que viajaram e vieram até minha casa para passar alguns dias comigo, por terem aguentando meu interesse contínuo nos siris, suportando minhas várias falas pelo celular só sobre minha pesquisa. Obrigado Priscila, por ter me ajudado com algumas análises estatísticas.

Minha mãe Valdirene, minha avó Dorvalina, minhas irmãs Vanusa e Viviane, meu irmão Ronaldo, pai. Vocês são ou foram em algum momento minha base sólida para que eu estivesse aqui hoje.

Mãe, a senhora é a mais solidária, prestativa, amorosa e carinhosa da nossa família. Sempre que preciso de qualquer coisa, é a primeira a me ajudar, incentivar e fazer com que minha trajetória seja menos dolorosa. Vanusa, você sempre foi uma inspiração de vida, de pessoa, caráter e ambição. Foi meu espelho desde o ensino básico, e foi por ver você crescer academicamente que quis seguir o que faço hoje. Obrigado!

Finalmente, ao meu parceiro de vida, companheiro de histórias, lamentações, metas, sonhos. Valdemir, seu apoio e amor durante este projeto foram essenciais. Sempre que as coisas ficavam difíceis, ou que meu dia não fosse bom, você esteve presente. Me acompanhou e ajudou desde o início. Te admiro como pessoa e pesquisador, você é incrível! Obrigado por aturar meus questionamentos e falas sobre siris. Obrigado por tudo!

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....  | 5  |
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....  | 7  |
| <b>RESUMO</b> .....  | 8  |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | 9  |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....   | 10 |
| <b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....   | 15 |
| 2.1. Objetivos específicos.....  | 15 |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....  | 16 |
| 3.1. Área de Estudo.....   | 16 |
| 3.2. Delineamento Amostral.....  | 18 |
| 3.3. Processamento das amostras e questionário .....                                       | 20 |
| 3.3.1. Dinâmica populacional.....  | 20 |
| 3.3.2. Desenvolvimento embrionário e fecundidade.....                                      | 21 |
| 3.3.3. Alimentação natural e o potencial impacto de <i>C. hellerii</i> na maricultura..... | 22 |
| 3.4. Análise Estatística.....  | 24 |
| 3.4.1. Dinâmica populacional.....  | 24 |
| 3.4.2. Desenvolvimento embrionário e fecundidade.....                                      | 26 |
| 3.4.3. Alimentação natural e o potencial impacto de <i>C. hellerii</i> na maricultura..... | 27 |
| <b>4. RESULTADOS</b> .....   | 27 |
| 4.1. Dinâmica populacional.....  | 27 |
| 4.2. Desenvolvimento embrionário e fecundidade.....  | 35 |
| 4.3. Alimentação natural e o potencial impacto de <i>C. hellerii</i> na maricultura .....  | 44 |
| 4.3.1. Caracterização dos itens alimentares encontrados nos estômagos.....                 | 44 |
| <b>5. DISCUSSÃO</b> .....  | 54 |
| 5.1. Dinâmica populacional.....  | 54 |
| 5.2. Desenvolvimento embrionário e fecundidade .....                                       | 56 |
| 5.3. Alimentação natural e o impacto de <i>C. hellerii</i> na maricultura.....             | 59 |
| <b>6. CONCLUSÕES</b> .....   | 62 |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....  | 63 |
| <b>ANEXOS</b> .....  | 73 |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: *Charybdis hellerii* capturado em Penha, Santa Catarina (SC), Brasil..... 13
- Figura 2: Local de coleta do estudo. Penha, Santa Catarina (SC), Brasil..... 16
- Figura 3: Local de amostragem de *Charybdis hellerii* em período de maré alta na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). ..... 17
- Figura 4: A) Armadilha Jereré utilizada para captura de *Charybdis hellerii*. B) Armadilha com isca de peixe fresco em saco de nylon instalada no ponto amostral. .... 18
- Figura 5: *Charybdis hellerii* em condições naturais escondido embaixo de uma rocha em Penha (SC) durante uma das saídas de campo. Autora: Vivian Cionek. .... 19
- Figura 6: Distribuição de frequência da largura da carapaça de machos, fêmeas e fêmeas ovíferas de *C. hellerii*, amostrados entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). M= machos, F= fêmeas sem ovos, OF= fêmeas ovíferas..... 29
- Figura 7: Distribuição de frequência da largura da carapaça, por classes de tamanho de machos, fêmeas sem ovos e fêmeas ovíferas de *Charybdis hellerii*, por estação, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). N= 410 indivíduos. M= machos, F= fêmeas sem ovos, OF= fêmeas ovíferas..... 30
- Figura 8: Frequência dos estádios de maturação gonadal estimados para fêmeas de *Charybdis hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). Im = Imaturos, Ma In = Maturação Inicial, Ma Av = Maturação Avançada, Ma = Maduro, D = Desovado. .... 32
- Figura 9: Frequência dos estádios de maturação gonadal estimados para machos de *C. hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). Ru = Rudimentar, ED = Em Desenvolvimento, De = Desenvolvido..... 32
- Figura 10: Curva de tamanho de primeira maturação sexual ( $L_{50}$ ) de machos e fêmeas de *Charybdis hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). Linha tracejada azul = Desvio Padrão..... 33
- Figura 11: Proporção de fêmeas ovíferas e sem ovos de *Charybdis hellerii* ao longo do ano. N= indivíduos. .... 35
- Figura 12: Classificação dos estágios de desenvolvimento embrionário de fêmeas de *Charybdis hellerii* de acordo com a coloração macroscópica dos ovos, morfologia, teor vitelínico e tamanho do diâmetro dos ovos, coletadas na região da Armação do Itapocoroy, Penha, SC. Tamanho do ovo: min = mínimo, máx = máximo)..... 38
- Figura 13: Variação do diâmetro dos ovos conforme o avanço dos estágios de desenvolvimento embrionário em *Charybdis hellerii*. Caixas = média do diâmetro, 'whiskers' = valor médio do diâmetro do ovo por fêmea, e a linha interna = mediana..... 39
- Figura 14: Relação entre fecundidade individual (número total de ovos) e tamanho (A) e peso (B) de fêmeas de *Charybdis hellerii*. .... 42

Figura 15: Fecundidade relativa (número total de ovos/tamanho do corpo) de *Charybdis hellerii* ao longo dos meses. Letras similares denotam ausência de diferença significativa ( $p > 0.05$ ) entre os meses. Letras diferentes denotam diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre os meses.....43

Figura 16: Itens alimentares encontrados no estômago de *Charybdis hellerii* amostrados na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). A) tecido de Polychaeta; B - C) fragmentos de algas; D) Echinodermata; E - H) fragmentos de Crustacea: E) quela do quelípede; F) antena; G) urópodo; H) ovos; I, J e K) fragmento de Mollusca, Bivalvia; L, M e N) fragmento de Mollusca, Gastropoda; O) escama de Perciformes; P) ossos mandibulares de Perciformes; Q) Matéria Orgânica Não Definida (MOND); R - T) fragmentos de rede de pesca. ....45

Figura 17: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos dos machos de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida.....46

Figura 18: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos das fêmeas de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida.....46

Figura 19: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos de indivíduos jovens de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida. ....47

Figura 20: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos de indivíduos adultos de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida. ....47

Figura 21: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos de indivíduos velhos de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida. ....48

Figura 22: Ordenação (NMDS) dos indivíduos de *Charybdis hellerii* em função do sexo. Mol = molusco, ANN = anelídeo, Crust = crustáceo, MOND = Matéria Orgânica Não Definida, Rede = fragmento de redes de pesca.....49

Figura 23: Ordenação (NMDS) dos indivíduos de *Charybdis hellerii* em função da ontogenia. Mol = molusco, ANN = anelídeo, Crust = crustáceo, MOND = Matéria Orgânica Não Definida, Rede = fragmento de redes de pesca.....50

Figura 24: Possíveis causas relacionadas às perdas no cultivo de bivalves observadas pelos maricultores na Armação do Itapocoroy. N= 21.....51

Figura 25: Predadores mais frequentes no cultivo de bivalves observadas pelos maricultores na Armação do Itapocoroy. N= 21. ....52

Figura 26: Estimativa da perda por ciclo de produção segundo os maricultores da Armação do Itapocoroy. N= 21. ....53

Figura 27: Espécies de siris que mais predam o cultivo de bivalves observadas pelos maricultores na Armação do Itapocoroy. N= 21.....53

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Distribuição mensal de <i>Charybdis hellerii</i> , amostrados entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC), e a proporção sexual por mês e total da população. ....   | 28 |
| Tabela 2: Regressão entre o peso e a largura da carapaça de machos e fêmeas de <i>Charybdis hellerii</i> , amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). ....  | 31 |
| Tabela 3: Medidas de tendência central e dispersão para machos e fêmeas de <i>Charybdis hellerii</i> , amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). Em destaque (negrito) estão os valores mínimos e máximos obtidos para machos e fêmeas. N= indivíduos, M= machos, F= fêmeas, DP= desvio padrão. .... | 33 |
| Tabela 4: Descrição da quantidade de fêmeas ovígeras de <i>Charybdis hellerii</i> analisadas por estágio e quantidade de ovos medidos, assim com a descrição biométrica obtida. ....   | 36 |
| Tabela 5: Variação do diâmetro dos ovos em função do estágio de desenvolvimento embrionário (I a VI). n=28 indivíduos. ....  | 39 |
| Tabela 6: Variáveis ambientais coletadas na Armação do Itapocoroy, Penha (SC) no período entre maio de 2021 a abril de 2022. D. Padrão = Desvio Padrão. ....   | 40 |
| Tabela 7: Relação do diâmetro do ovo (corrigido pelo tamanho corporal) com temperatura e salinidade da água em <i>Charybdis hellerii</i> . n=28 indivíduos. GLM com distribuição binomial negativa. As regressões foram calculadas separadamente. ....   | 41 |
| Tabela 8: Relação entre a fecundidade individual (número total de ovos) e o tamanho corporal (largura da carapaça em mm) em indivíduos de <i>Charybdis hellerii</i> . Total n=41 indivíduos; 1ª desova n=17 indivíduos; 2ª desova n= 24 indivíduos. ....   | 42 |
| Tabela 9: Relação entre a fecundidade individual (número total de ovos) e o peso total (em g) em indivíduos de <i>Charybdis hellerii</i> . Total n=41 indivíduos; 1ª desova n=17 indivíduos; desovas subsequentes n= 24 indivíduos. EP = erro padrão. ....   | 43 |
| Tabela 10: Variação da fecundidade individual (número total de ovos) de <i>Charybdis hellerii</i> entre os meses do ano. A análise (GLM com distribuição binomial negativa) avalia a diferença de cada nível (mês) em relação a um nível referência (julho). ....  | 44 |



## RESUMO

As invasões biológicas podem alterar a biodiversidade marinha local pelo crescimento populacional que ocasiona aumento da pressão por competição e predação. O siri *Charybdis hellerii* é uma espécie invasora, que devido à sua história de vida e estratégia reprodutiva, já se encontra estabelecida no litoral de Santa Catarina. Esse estudo analisa a estrutura populacional, caracteriza a morfologia do desenvolvimento embrionário, estima a fecundidade de *C. hellerii* em Penha, SC, bem como avalia o espectro trófico e os potenciais riscos sobre a maricultura local. Entre maio de 2021 a abril de 2022 foram coletados 410 indivíduos, sendo 351 machos, 18 fêmeas e 41 fêmeas ovígeras. Todos os indivíduos foram pesados e registrado a largura da carapaça (CW). A proporção sexual foi testada ao longo do ano e sazonalmente. As gônadas dos machos foram classificadas em três estágios e cinco para fêmeas, além de estimar o tamanho de primeira maturação sexual. Os estágios embrionários foram descritos a partir da morfologia e diâmetro dos ovos, que também serviram para estimar a fecundidade. Os itens alimentares foram identificados e submetidos aos métodos dos pontos e frequência de ocorrência, complementada pelo Índice Alimentar. A dieta foi definida entre sexo e grupos ontogenéticos. Os possíveis impactos na maricultura se deu pela análise comparativa entre a dieta de *C. hellerii* e percepção dos maricultores obtidas por um questionário. O histograma de classes de frequência de tamanho teve uma distribuição unimodal. Machos são maiores e apresentaram crescimento alométrico positivo ( $F=52.86$ ,  $p<0.001$ ,  $IC95\%=3.22-3.35$ ), enquanto as fêmeas isométrico ( $F=1.62$ ,  $p=0.208$ ,  $IC95\%=2.49-3.11$ ). A proporção sexual foi de 5,9:1 machos em relação às fêmeas. A maioria das fêmeas ovígeras apresentaram gônadas maduras. Machos tiveram gônadas apta à reprodução em todos os meses. Macroscopicamente, a coloração dos ovos variou de alaranjado escuro a marrom escuro. Foi possível descrever seis fases embrionárias, sendo os estágios I, II e III caracterizados, principalmente pelo teor vitelínico; e IV, V e VI pelo desenvolvimento ocular e surgimento de estruturas corporais. A fecundidade individual variou entre 20.571 (CW= 38,7 mm) a 178.821 (CW= 51,9 mm) ovos e incrementou com o tamanho corporal das fêmeas (CW= 2.306,  $t= 4.046$ ,  $p<0.001$ ). Foram capturadas fêmeas ovígeras ao longo do ano ( $F_{41,11}= 0.255$ ,  $p= 0.102$ ), evidenciando um padrão reprodutivo constante. *C. hellerii* é um mesopredador onívoro generalista, com preferência a crustáceos, moluscos e poliquetas. Não houve diferença significativa do padrão de consumo alimentar entre machos e fêmeas ( $F=0.999$ ,  $p= 0.375$ ) e nem entre as etapas de desenvolvimento ontogenético ( $F=0.850$ ,  $p=0.575$ ). Segundo os maricultores de Penha, *C. hellerii* está presente na maricultura e é o segundo predador entre os siris que mais consome a produção. *C. hellerii* possui uma população estabelecida e estável em Penha. Apresenta alta e constante fecundidade ao longo do ano, e embora reduzida em julho, ainda se manteve reprodutivamente ativa, com gônadas maduras mesmo quando ovadas, indicando continuidade na reprodução. Seu potencial de estabelecimento pode estar intimamente associado ao sucesso reprodutivo, rapidez de desenvolvimento embrionário e dieta generalista. Há indícios iniciais de prejuízos na qualidade de produção dos bivalves, uma vez que a invasora é vista se alimentando da maricultura da região.

**Palavras-chave:** bioinvasão, reprodução, embriologia, alimentação, maricultura.

## ABSTRACT

Biological invasions can affect the local marine biodiversity, due to population growth, leading to increased pressure for competition and predation. The swimming crab *Charybdis hellerii* is an invasive species which, due to its life history and reproductive strategy, has become established on the coast of the Brazilian state of Santa Catarina. This study analyzes the population structure, characterizes the morphology of embryonic development, and estimates the fertility of *C. hellerii* in Penha, Santa Catarina. It also evaluates the trophic spectrum and potential risks to the local mariculture. Between May 2021 and April 2022, 410 individuals were collected: 351 males, 18 females, and 41 ovigerous females. All the individuals were weighed and the carapace width (CW) was recorded. The sex ratio was tested throughout the year, and seasonally. The male gonads were classified into three stages and the female gonads into five stages, in addition to estimating the size at first sexual maturation. The embryonic stages were described based on the morphology and diameter of the eggs, which also served to estimate fertility. The food items were identified and submitted to the methods of points and frequency of occurrence, complemented by the Food Index. The diet was defined for each sex and ontogenetic group. The possible impacts on mariculture were based on a comparative analysis between the diet of *C. hellerii* and the perceptions of mariculture farmers, which were obtained through a questionnaire. The histogram of size frequency classes had unimodal distribution. Males were larger and showed positive allometric growth ( $F=52.86$ ,  $p<0.001$ ,  $95\%CI=3.22-3.35$ ), while females showed isometric growth ( $F=1.62$ ,  $p=0.208$ ,  $95\%CI=2.49-3.11$ ). The sex ratio of males to females was 5.9:1. Most of the ovigerous females had mature gonads. The males had gonads capable of reproduction throughout the year. Macroscopically, the egg color ranged from dark orange to dark brown. It was possible to describe six embryonic stages, with stages I, II and III characterized mainly by the yolk content; and IV, V and VI by the development of the eye and the emergence of body structures. Individual fecundity ranged from 20,571 (CW= 38.7 mm) to 178,821 (CW= 51.9 mm) eggs and increased with female body size (CW= 2,306,  $t= 4,046$ ,  $p<0.001$ ). Ovigerous females were captured throughout the year ( $F_{41.11}= 0.255$ ,  $p= 0.102$ ), showing a constant reproductive pattern. *C. hellerii* is a generalist omnivorous mesopredator, with a preference for crustaceans, molluscs and polychaetes. There was no significant difference in the pattern of food consumption between males and females ( $F=0.999$ ,  $p= 0.375$ ) or between the stages of ontogenetic development ( $F=0.850$ ,  $p=0.575$ ). According to mariculture farmers in the town of Penha, *C. hellerii* is present in the mariculture and is the second largest predator among the crabs that most consume their production. *C. hellerii* has an established and stable population in Penha. It presents high and constant fertility throughout the year, and although reduced in July, it still remains reproductively active, with mature gonads even when spawned, indicating continuity of reproduction. Its potential to become established may be closely related to its reproductive success, rapid embryonic development, and generalist diet. There are initial indications that this invasive species is causing losses in the quality of shellfish production and in the mariculture of the region.

**Keywords:** Bioinvasion, reproduction, embryology, food, mariculture.

## 1. INTRODUÇÃO

A introdução de uma Espécie Exótica Invasora (EEI) ocorre quando é inserida em um ambiente não nativo, disseminando propágulos larvais para novas áreas de estabelecimento ao longo do tempo (Lockwood et al., 2007). Para isso, a EEI deve vencer a resistência ecológica existente no local inserido, estabelecendo uma população autossustentável, a qual tende a se proliferar e dispersar mantendo um estoque viável (Blackburn et al., 2011). Em geral, o processo de invasão pode ser descrito em quatro etapas: 1) a espécie deve ser transportada de sua área nativa para o novo ecossistema por meio de um vetor (no meio marinho podendo ser por incrustação ou água de lastro de navios, pisciculturas, plataformas de petróleo, etc); 2) a espécie é introduzida no ecossistema, porém sem indícios do aumento de sua abundância e dispersão para outros ambientes; 3) a espécie invasora se estabelece garantindo o sucesso de sobrevivência e reprodução pela capacidade de completar seu ciclo de vida, evidenciando o crescimento populacional; 4) a espécie entra na fase de dispersão, e já pode ser considerada invasora, pois além de estabelecida no ambiente, consegue se dispersar para outros ecossistemas, provocando danos ecológicos e/ou econômicos (Lopes & Villac, 2009; Blackburn et al., 2011). Desta forma, a alta pressão de propágulos e a abundância de indivíduos liberados em um novo ecossistema (Carlton, 1996), apresenta-se como um fator relevante para o sucesso de estabelecimento de uma EEI (Kolar & Lodge, 2001; Lockwood et al., 2005).

Estudos recentes demonstram que o aumento das ocorrências de EEI tem provocado pressões ambientais que afetam a biodiversidade global (Courchamp et al., 2017), sendo considerada a segunda maior causa de extinção do mundo (Keane & Crawley, 2002; Bellard et al., 2022). Isto porque EEI substituem espécies nativas pela competição por abrigo e alimento (O'Donnell et al., 2015), alteram as relações tróficas pela predação (Doherty et al., 2016), e podem introduzir doenças que afetam outros organismos por desequilíbrios nutricionais que elevam a mortalidade (Nuñez et al., 2020). São capazes de causarem impactos deletérios na estrutura da comunidade, pois modificam teias alimentares e processos ecossistêmicos fundamentais, como a ciclagem de nutrientes e sedimentação (Molnar et al., 2008). Além disso, são responsáveis por prejuízos econômicos relevantes. No Brasil, entre 1984 a 2019, estima-se um custo de cerca de 15 bilhões de reais por ano, principalmente com pesquisa, erradicação e prevenção de invasões biológicas (Adelino et al., 2021).

As bioinvasões no meio marinho ocorre naturalmente devido à inexistência de barreiras físicas, mas que, no entanto, tem sido acelerado pelo aumento da intensidade das atividades humanas (Ojaveer et al., 2018). A introdução de espécies mediada pela navegação, por

exemplo, acontece há muito tempo (ver Gaylord & Gaines, 2000). Entretanto, com o avanço das grandes navegações para a importação (Castro et al., 2020) e translocações de plataformas de petróleo (Pajuelo et al., 2016), o transporte de novos propágulos tem se intensificado globalmente. A aquicultura sem manejo possibilita a entrada de novas EEI pela fuga em massa de larvas e juvenis de espécies não nativas, sendo um dos grandes contribuintes para bioinvasão.

Por outro lado, a exploração dos recursos naturais de forma desordenada se caracteriza como um dos grandes agenciadores de novas introduções, pois a elevada degradação dos ecossistemas resulta na lenta recuperação e perda da função e processos ambientais, favorecendo o estabelecimento de EEI por se sobressair às nativas em momento de elevado *stress* ecológico (Halpern et al., 2008). Dentro desse cenário, as mudanças climáticas também geram perturbações do ótimo ecológico para as nativas, o que remove os potenciais filtros ambientais para a dispersão natural dos invasores (Bennett et al., 2021).

Bioinvasões marinhas bem sucedidas podem estar associadas a maior tolerância às características abióticas e ao *stress* que as invasoras possam suportar (Shinen et al., 2009). Por exemplo, a segregação de *habitats* entre espécies exóticas e nativas em diferentes zonas de costão rochoso foi observada entre a ostra nativa *Saccostrea glomerata* e a exótica *Crassostrea gigas*, evidenciando que existe uma resistência maior ao *stress* provocado pelos fatores abióticos que à competição interespecífica (Krassoi et al., 2008).

Interações ecológicas com as espécies nativas também podem favorecer o estabelecimento da população, visto que a predação de espécies nativas por uma EEI pode facilitar o estabelecimento de uma segunda espécie exótica. Grosholz (2005) demonstra que a introdução do caranguejo verde *Carcinus maenas* foi capaz de alterar a abundância de dois bivalves nativos do gênero *Nutricola* e do exótico *Gemma gemma* no litoral dos Estados Unidos. O estudo demonstrou que os bivalves nativos coexistiam com a espécie introduzida por pelo menos desde 1960, sem que a população da espécie introduzida aumentasse em número e impactasse as comunidades nativas.

A introdução de *C. maenas* na década de 90 foi associado ao rápido aumento na abundância da exótica *G. gemma* que coincidiu com o declínio da população nativa de *Nutricola spp.*. Grosholz demonstrou por experimentos em campo que *C. maenas* preferia consumir as espécies de bivalves nativos ao invés das exóticas, contribuindo para o decréscimo das nativas e aumento da densidade da exótica, conferindo assim, *status* de invasora. Assim, as invasoras quando são competidoras mais agressivas podem deslocar populações de espécies nativas, assumindo seu habitat (Ingeman, 2016; DeRoy, 2020).

Em comunidades nativas mais diversas, em geral, evidências demonstram que espécies invasoras possuem menor sucesso de estabelecimento e podem ser controladas por mecanismos biológicos (Kennedy et al., 2002; Hellmann et al., 2008). Características fisiológicas inerentes às invasoras, associadas à *fitness* e reprodução também podem contribuir com o sucesso de invasão. Por exemplo, o peixe-leão *Pterois sp.* possui características anatômicas e fisiológicas que otimizam sua estratégia de alimentação (Green et al., 2019), é predador oportunista de dieta generalista (Peake et al., 2018), possui maturidade precoce (Fogg et al., 2017) desova iterópara, dispersa e altamente fecunda (Morris & Whitfield, 2009) e de longa fase larval com aproximadamente 35 dias, o que permite dispersão larval por grandes distâncias (Ahrenholz & Morris, 2010).

Um caso relevante de EEI marinha é de *Charybdis hellerii* (Decapoda, Portunidae), espécie nativa do Indo-Pacífico (Stephenson & Hudson, 1957), (Figura 1) e que está globalmente difundida (Mantelatto & Dias, 1999; Tavares & Amouroux, 2003; Felder et al., 2009). Supõe-se que sua dispersão larval e introdução no Brasil ocorreu pela água de lastro de navios do Mar Mediterrâneo (Pereira, 2016; Abbud et al., 2018). A espécie foi registrada pela primeira vez no Atlântico Ocidental em 1987, e vem estendendo sua distribuição para o Oceano Atlântico (Al-Kandari et al., 2021). Atualmente encontra-se estabelecida desde os Estados Unidos até o litoral sul do Brasil (Pereira, 2016).

*C. hellerii* apresenta resistência a variações ambientais sendo encontradas em costões rochosos, fundos não consolidados com até 50 metros de profundidade, e em regiões estuarinas (Mantelatto & Dias, 1999). A espécie possui alimentação onívora generalista que permite maior forrageamento e competição com espécies nativas (Sant'anna et al., 2015), e vida larval longa (44 dias), que facilita a rápida disseminação e manutenção de altas densidades onde ocorre (Dineen et al., 2001). Além disso, estima-se que a espécie atinja sua maturidade sexual quando os indivíduos apresentam carapaça entre 30 e 35 mm de largura, e as fêmeas podem ser encontradas com gônada madura durante o ano inteiro, obtendo o pico de desova durante o inverno (Watanabe et al., 2014).





Figura 1: *Charybdis hellerii* capturado em Penha, Santa Catarina (SC), Brasil.

A introdução de *C. hellerii* na costa brasileira tem se tornando preocupante, principalmente por coocorrer no mesmo substrato rochoso que *Cronius ruber* (Sant'anna et al., 2012), tornando-se, assim, uma espécie competidora por espaço, e também, por alimentos com espécies nativas, como *Callinectes ornatus*, *Portunus spinimanus* e o caranguejo *Menippe nodifrons* consideradas importante para o desenvolvimento econômico de populações que sobrevivem da pesca (Bezerra & Almeida, 2005; Sant'Anna et al., 2015). Embora poucas pesquisas abordem os potenciais impactos da bioinvasão na maricultura, *C. hellerii* já foi reportado se alimentando dos cultivos, afetando principalmente a produtividade e qualidade da produção (Frigotto & Serafim-Junior, 2007; Alves, 2010). Além disso, ameaçam a estabilidade de populações de camarões, pois espécies do gênero *Charybdis* em seu ambiente nativo hospedam naturalmente o vírus da mancha-branca (*White Spot Syndrome Virus - WSSV*), o que torna *C. hellerii* potencial vetor da doença, impondo riscos a crustáceos menores, dizimando, por exemplo, populações de camarões (Bezerra & Almeida, 2005).

Neste sentido, estudos que abordem diversas áreas da bioecologia da população de uma EEI se tornam inestimáveis para o monitoramento e controle da espécie. Em geral, estudos pretéritos de *C. hellerii* foram realizados de forma isolada, abordando apenas a sua fase larval, ou estrutura populacional, ou a dieta dos indivíduos, bem como pouco se discute sobre o desenvolvimento embrionário ou mesmo a capacidade reprodutiva de *C. hellerii*, como

potencial fator de favorecimento do estabelecimento no local invadido. Do ponto de vista prático, são escassas as discussões do impacto da espécie sobre sistemas de maricultura.

Estudos sobre a dinâmica populacional de uma EEI estabelecida, como é o caso de *C. hellerii* no Brasil, podem demonstrar como a população se tornou autossustentável. Esse conhecimento é uma excelente ferramenta para ser utilizado no monitoramento e controle para garantir que essas práticas sejam eficazes. A compreensão da história de vida de via análise biométrica possibilita verificar o desenvolvimento da maturidade fisiológica e as mudanças no crescimento alométrico. Conhecimento de tais aspectos dentro das populações podem destacar como a dinâmica populacional é influenciada, através de mudanças nas taxas de recrutamento, reprodução e demografia (Stearns, 1992). Deste modo, a avaliação da estrutura populacional de *C. hellerii* determina a composição do tamanho e a variação sazonal da população no local estudado, além de informações como crescimento relativo, proporção sexual e tamanho da maturidade.

A embriologia de outras espécies do gênero *Charybdis* é melhor estudada em seu ambiente nativo, por tratar-se de espécies de grande importância econômica (Soundarapandian et al., 2013b). No Japão e Índia, local de origem da espécie, *Charybdis feriata* possui alto valor comercial pelo seu tamanho e qualidade da carne, sendo capturada em redes de arrasto e armadilhas (Parado-Esteva et al., 2002). Visto como alvo valioso na aquicultura, em 2000 a espécie contribuiu com cerca de 26% da pesca de siris de Mangalore e Malpe (Manissery & Radhakrishnan, 2003).

Deste modo, estudos completos sobre espécies alvo do comércio são bem explorados, sendo estudados de modo mais completo, compreendendo até mesmo aspectos histológicos e embrionários (Soundarapandian et al., 2013b). A relação entre o tamanho do ovo ao longo das fases de desenvolvimento embrionário permite compreender a estratégia de história de vida que a espécie adota, e de que forma ela favorece a sobrevivência das populações. É possível, ainda, apropriar-se deste conhecimento para entender melhor de que forma podem impactar em seu sucesso de dispersão e invasão. Por exemplo, a compreensão das características embrionárias e fecundidade de *C. hellerii* fornece subsídios para melhor estimar o potencial reprodutivo, locais de desova e ciclo de vida da espécie.

A predação de uma EEI pelo consumo de presas específicas, e a interação trófica no ambiente nativo, afetam a produtividade e a riqueza de espécies, conseqüentemente, forçando predadores a alterarem sua dieta (Ricklefs, 2008; Kotta et al., 2018). Espécies da família *Portunidae* têm sido investigadas pelas profundas mudanças que causam na organização e funcionamento do ecossistema, pois são consideradas espécies-chave capazes de controlar o

fluxo de energia em ambientes invadidos (Lockwood et al., 2007), o que pode ocasionar perdas significativas a biodiversidade (Kraemer et al., 2007; Garbary et al., 2014) e ao contexto econômico (Edgell & Hollander, 2011), como em mariculturas e pesca. Assim, mais do que a relação entre o comportamento reprodutivo e o forrageamento, a dieta também está associada ao sucesso e gravidade da invasão (Zhang et al., 2010).

A capacidade de atingir elevadas densidades populacionais de forma rápida e eficaz pode ser explicada pela facilidade em se adaptar a diferentes fontes alimentares (animais e vegetais) e também, a capacidade de refinar seu comportamento alimentar durante o período de estabelecimento, preferindo alimentos que forneçam melhores fontes de energia. Conhecimentos de moradores locais, pescadores e aquicultores também servem como reconhecedores de impactos associados ao ecossistema e economia. É possível obter informações sobre expansão da EEI através de dados obtidos por meio de questionários voltados a esse grupo, assim como, potenciais impactos na produção e abundância de indivíduos nativos.

Diante do exposto, acredita-se que os aspectos populacionais de *C. hellerii* oriundos da Armação do Itapocoroy, Penha (SC), e a percepção dos envolvidos com os produtos pesqueiros locais, serviram para analisar os aspectos biológicos (estrutura populacional, crescimento, desenvolvimento embrionário, fecundidade e alimentação) da espécie, e os possíveis impactos na maricultura do município de Penha.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Analisar a bioecologia de *Charybdis hellerii* na Armação do Itapocoroy, Penha (SC) e os possíveis impactos na maricultura local.

### **2.1. Objetivos específicos**

- a) Analisar a estrutura populacional de *C. hellerii* em função das flutuações sazonais da abundância, proporção sexual e reprodução, durante um ciclo anual na Armação do Itapocoroy, Penha (SC);
- b) Caracterizar o desenvolvimento embrionário de *C. hellerii* e a capacidade reprodutiva através da estimativa da fecundidade e a relação com as características ambientais na Armação do Itapocoroy, Penha (SC);

- c) Analisar o hábito alimentar de *C. hellerii* e as diferenças sazonais, ontogenéticas e entre sexo no espectro trófico e como esses hábitos alimentares podem gerar riscos para a maricultura na Armação do Itapocoroy, Penha (SC).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado na Armação do Itapocoroy, no município de Penha, Santa Catarina (26°40'-26°47'S e 48°36'-48°38'W), localizada na costa sul do Oceano Atlântico (Figura 2). A região costeira deste município é caracterizada pela presença de diversas baías e enseadas, e que são interligadas pelas praias e costões rochosos (Marenzi, 2002). Uma destas baías é a Armação do Itapocoroy que possui formato semicircular aberta para a nordeste do mar, mas limitada por dois promontórios rochosos: o morro da Penha localizada a oeste, e a ponta da Vigia no leste, que juntamente com a ilha Feia, situada a aproximadamente 2,5 km da costa, protegem a Armação dos ventos provenientes do Sul, Sudeste e Nordeste (Abreu et al., 2006).

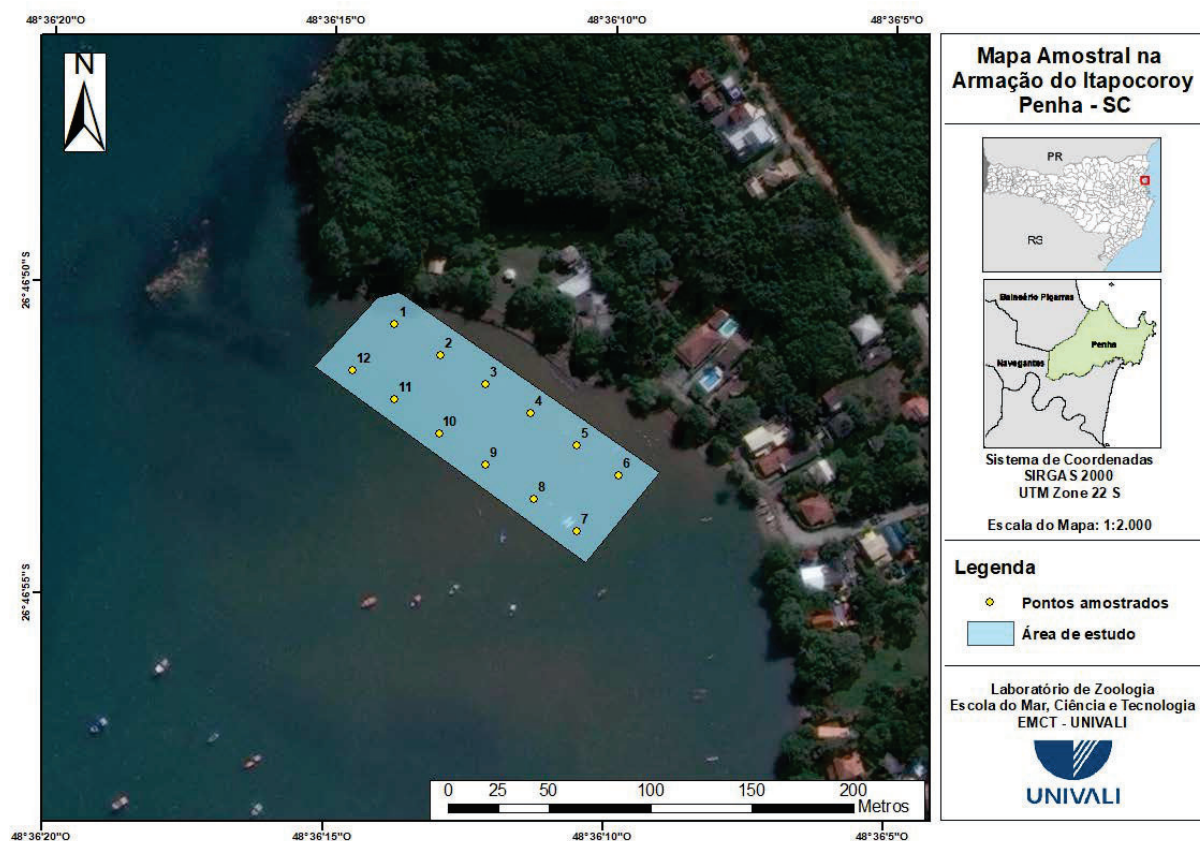


Figura 2: Local de coleta do estudo. Penha, Santa Catarina (SC), Brasil.

As baías da região sofrem variação média de amplitude de maré que se alternam entre 0,6 a 1,2 m, de difícil exposição total do substrato, o qual é composto principalmente por areia, lama e argila. A temperatura média da água varia de 18 °C no inverno e 28 °C no verão. A salinidade média, geralmente, é inferior a 33ppt. Especificamente, na área costeira do estudo observou-se um substrato de sedimento arenoso que se alternavam com rochas não consolidadas associadas a algas (Figura 3).

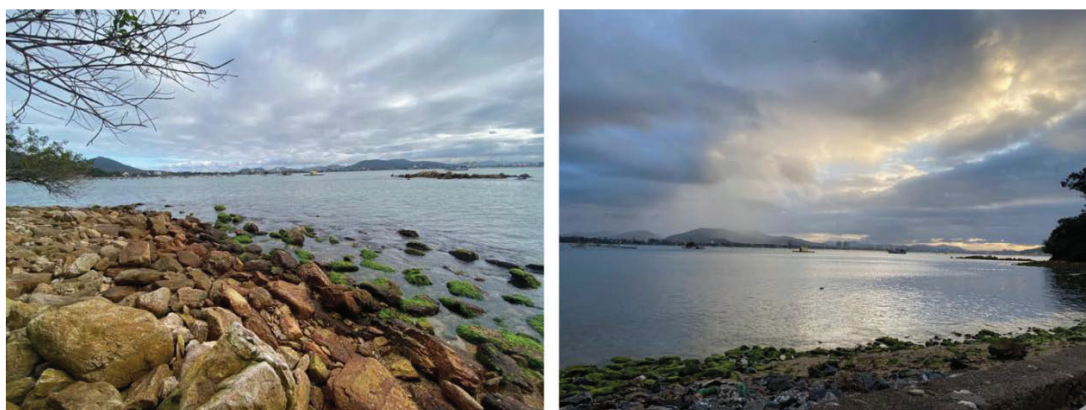


Figura 3: Local de amostragem de *Charybdis hellerii* em período de maré alta na Armação do Itapocoroy, Penha (SC).

A Armação do Itapocoroy é bastante utilizado para pesca artesanal de camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862)) e para o cultivo de moluscos bivalves (mexilhões e ostras), sendo *Perna perna* (Linnaeus, 1758) a mais cultivada (Marenzi, 2002; Acauan et al., 2018). A maricultura local é beneficiada pelo posicionamento dos morros, que impedem ondas e ventos provenientes do quadrante sul adentrarem à região, constituindo-se de um abrigo natural para maricultura. O sistema do cultivo é caracterizado majoritariamente por artesanal, do tipo *Long-line* ou espinel à uma profundidade média de 9 a 12 metros do fundo mar (Manzoni, comunicação pessoal).

O Rio Itajaí-Açu que se localiza a 10 km, e que acaba tendo influência direta na salinidade desta região costeira, dependendo da ação do vento e dos meses mais chuvosos que são março, abril e maio. Por estar localizada em latitude subtropical, a variabilidade no regime hídrico acaba influenciando mais que a variabilidade térmica, a qual possui média anual de 20,2 °C (Araújo et al., 2006).



### 3.2. Delineamento Amostral

Espécimes de *C. hellerii* foram capturados mensalmente, de maio de 2021 a abril de 2022, na zona entre marés de costão rochoso não consolidado. Foram utilizadas doze armadilhas do tipo Jereré com malha de 10 mm, dispostas em dois transectos (Figura 2). As armadilhas foram iscadas com peixe fresco protegidas com saco de Nylon para evitar a ingestão (Figura 4) (Branco & Verani, 1997). A disposição das armadilhas em transectos permitiu amostrar ambientes com menos de meio metro de profundidade a mais profundos, com cerca de dois metros. A coleta do material biológico foi autorizada pelo SISBIO-ICMBio (Licença nº 77938-2) (Anexo 1).



Figura 4: A) Armadilha Jereré utilizada para captura de *Charybdis hellerii*. B) Armadilha com isca de peixe fresco em saco de nylon instalada no ponto amostral.

Tendo em vista que *C. hellerii* é uma espécie críptica (Figura 5), e que o período de maior pico de forrageamento para os decápodes em geral seja no período noturno (Bauer, 1985), as coletas se iniciavam às 17h00m com revisão das armadilhas a cada 30 minutos até às 22h00m. A depender da quantidade de indivíduos coletados até o horário delimitado, as coletadas eram estendidas até que 25 indivíduos, no mínimo, fossem capturados. Além do uso das armadilhas, foram realizadas capturas ativas manuais por exemplares de menor porte,

durante período de maré baixa com esforço amostral de uma hora por duas pessoas, possibilitando a captura de indivíduos menores.



Figura 5: *Charybdis hellerii* em condições naturais escondido embaixo de uma rocha em Penha (SC) durante uma das saídas de campo. Autora: Vivian Cionek.

Os exemplares coletados foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados, mantidos em caixas térmicas com cubos de gelo para diminuir o metabolismo e a digestão enzimática e eutanásia, sendo transportados até o laboratório de Zoologia da Univali, campus Itajaí. Com exceção dos dois primeiros meses em que os indivíduos foram processados em laboratório imediatamente após as coletas, para retirada de fragmentos frescos das gônadas para fixação e posterior processamento histológico, todos os exemplares foram mantidos em *freezer* até serem processados.

Ao final das coletas, a temperatura da água do mar foi registrada utilizando um termômetro químico de mercúrio com escala interna. Para obtenção da salinidade, amostras de água foram coletadas e analisadas no laboratório de Oceanografia Química da UNIVALI com auxílio do medidor de bancada *Thermo Scientific*, modelo *Orion Star A212*.

Com o objetivo de identificar possíveis impactos na maricultura, maricultores do município de Penha responderam ao questionário quanti-qualitativo, sem coleta de dados sensíveis (Anexo 2). O universo amostral fora delineado de acordo com a listagem

disponibilizada pela Associação de Maricultores de Penha (AMAP). O método de coleta de dados se deu de forma presencial. Assim, os maricultores foram convidados a responderem o questionário no momento de uma das reuniões realizadas pela AMAP.

### **3.3. Processamento das amostras e questionário**

#### **3.3.1. Dinâmica populacional**

Para a identificação da estrutura populacional, os siris foram contados e identificados quanto ao sexo utilizando a classificação de Williams (1974). Dentro dos parâmetros evidenciados pelo pesquisador, os machos apresentam abdômen em forma de T invertido e as fêmeas abdômen semicircular. A condição das fêmeas de *C. hellerii* foi identificada entre ovígera (fêmeas carregando ovos em seu pleópodo) e adultas não ovígera (sem ovos nos pleópodos).

O tamanho corporal foi determinado através da largura da carapaça (CW), que compreende o espaço entre as pontas das espinhas laterais, medido com auxílio de paquímetro digital 150mm (MTX 316119) com precisão de 0,01 mm e o peso corporal (BW) foi obtido com balança analítica de precisão 0,01 g (OHAUS - TS4000D).

No que diz respeito a classificação macroscópica da maturação gonadal, os indivíduos foram dissecados e sua gônada exposta pelo cefalotórax. Foram consideradas cinco estágios de maturação para fêmeas: Rudimentar (Ru), Maturação Inicial (Ma In), Maturação Avançada (Ma Av), Madura (Ma), e Desovada (De); e três estágios de maturação para os machos: Rudimentar (Ru), Em Desenvolvimento (ED) e Desenvolvido (DE), adaptadas a partir da cor e das características observadas em outros braquiúros por Abelló (1989), Costa e Negreiros-Franozo (1998), Mantelatto e Franozo (1999) e Barreto et al. (2006). Para determinar o tamanho de primeira maturação sexual ( $L_{50}$ ), fêmeas nos estágios Ru + Ma In + De foram consideradas imaturas, e Ma Av + Ma = maduras. Para machos, apenas os indivíduos em estágio DE foram considerados maduros (Watanabe et al., 2022).

Para validação da classificação macroscópica do desenvolvimento gonadal, os estágios foram confirmados pela análise microscópica das gônadas realizadas nos dois primeiros meses de amostragem, permitindo a comparação dos achados morfológicos a olho desarmado, com as estruturas celulares observadas na microscopia (Anexo 3 e 4), o que possibilitou o refinamento da identificação macroscópica nos meses seguintes. Para isto, os fragmentos frescos das gônadas dos indivíduos foram obtidos imediatamente após as duas primeiras coletas, sendo fixadas em Paraformaldeído 4% por um período aproximado de 48 horas,

garantindo que as estruturas celulares fossem integralmente conservadas. Após o período de fixação, o material foi submetido à desidratação em série alcoólica crescente (70% à álcool absoluto), diafanização em xilol, impregnação em parafina fundida a 60°C e inclusão dos fragmentos na mesma, formando blocos à temperatura ambiente.

O material foi seccionado a 4µm de espessura, utilizando micrótomo manual. As lâminas foram coradas por Hematoxilina de Harris e Eosina (adaptado de Junqueira & Junqueira, 1983) (evidenciando núcleo e substâncias basófilas do citoplasma em roxo e substâncias acidófilas em rosa), analisadas e fotografadas. A caracterização das células germinativas dos machos e fêmeas foi realizada seguindo os critérios observados por Watanabe (2020) e Rotllant et al. (2007) respectivamente.

### **3.3.2. Desenvolvimento embrionário e fecundidade**

As fêmeas de *C. hellerii* foram classificadas em ovígera ou adultas sem ovos, que serviu para descrição quantitativa da distribuição total e mensal no período amostral. As ovígeras foram retiradas do *freezer* aos pares e descongeladas naturalmente em temperatura ambiente por 30 minutos, visando preservar a integridade e hidratação dos ovos.

Para a análise do desenvolvimento embrionário, a massa de ovos foi fotografada, e com pinça e tesoura cirúrgica, removidas dos pleópodos e registrado seu peso total (W) com balança analítica de precisão 0,01 g (OHAUS - TS4000D). Foram registradas também as colorações macroscópicas das massas de ovos. Na sequência, 4 porções de aproximadamente 50 ovos de cada fêmea ovígera, removidos dos pleópodos, foram dispostos em placa de Petri e fotografados com câmera digital (*Optikam® HDMI - 4083-13H*) acoplada ao microscópio estereoscópico utilizando o sistema de captura *Infinity Analyze I* (6.4.1). As imagens serviram como base para descrição morfológica dos ovos e submetidas à análise biométrica pelo software *ImageJ®* (Java), calibradas de acordo com a associação do número de pixels com sua medida em milímetros (mm), sendo convertido em micrometros (µm).

Assim, os estágios de desenvolvimento embrionário foram determinados pela associação da coloração macroscópica da massa de ovos, e morfologia e biometria dos ovos (Henmi, 1989; Tuset et al., 2011), sendo definidos descritivamente pelos achados morfológicos das fotos. Deste modo, a morfologia analisada fora definida a partir da estimativa da proporção do teor vitelínico dos ovos em relação ao seu volume total e da visualização do surgimento do pigmento ocular, dos apêndices torácicos, da formação completa dos olhos e das estruturas corporais.



De cada ovo foi registrado o diâmetro máximo (D em  $\mu\text{m}$ ) e diâmetro mínimo (d em  $\mu\text{m}$ ) (Tuset et al., 2011; Naderi et al., 2018). A razão (D/d) entre as medidas permitiu verificar que os ovos apresentavam formato aproximadamente circular, e, portanto, para as análises subsequentes, utilizou-se apenas o diâmetro máximo.

Para a estimativa da fecundidade considerou-se o número total de ovos carregados por cada fêmea ovígera. Dessa forma, três subamostras de 0,01 g de ovos de cada fêmea foram obtidas da massa de ovos. Essas subamostras foram submersas em água destilada, em placas de Petri com marcação quadricular, sendo contados os ovos (n) pela observação em microscópio estereoscópio (Branco & Avilar, 1992).

O cálculo da fecundidade individual foi obtido de acordo com a equação 1, que consiste em uma regra de três simples, em que W = peso total (g) da massa de ovos de uma fêmea, n = número médio de ovos obtidos da contagem das três subamostras e m = peso médio de três subamostras de ovos = 0,01g.

$$\text{Equação 1: } Fi = W * n/m$$

O número de desovas foi determinado a partir da análise da espermateca. Para isso, no momento em que as fêmeas foram dissecadas para classificação da maturação gonadal, realizou-se a visualização das características desta estrutura. Assim, fêmeas ovadas, mas que ainda apresentava espermateca de aparência bastante robusta, lisa e repleta de pacotes de espermátóforos, indicando que poucos pacotes de espermátóforos foram utilizados, foram classificadas em primeira desova. Fêmeas ovadas cujas espermatecas estavam mais flácidas ou vazias, indicando que os espermátóforos foram utilizados para mais de uma fecundação, foram classificadas em desova subsequente (Branco, comunicação pessoal).

### **3.3.3. Alimentação natural e o potencial impacto de *C. hellerii* na maricultura**

A dinâmica alimentar de *C. hellerii* se deu pelas análises dos itens alimentares analisados dos estômagos dos indivíduos. Os possíveis impactos relacionados aos cultivos de bivalves de Penha foram descritos pela aplicação do questionário semiestruturado aos maricultores da Armação do Itapocoroy. Uma análise comparativa entre as duas abordagens foi utilizada para melhor compreensão dos possíveis impactos à maricultura local.

#### **3.3.3.1. Análise dos estômagos**

Para obtenção da análise do conteúdo estomacal, os estômagos dos indivíduos coletados de maio de 2021 a abril de 2022 foram removidos com o auxílio de tesoura e pinça, e em



seguida pesados. O conteúdo estomacal foi disposto em placa de Petri e analisado a fresco sob um estereomicroscópio. Com objetivo de favorecer a comparação feita entre outros estudos de dieta em relação a espécies invasoras e nativas, os itens alimentares foram classificados a nível de ordem/infraordem em grupos taxonômicos amplos. Quando possível, níveis taxonômicos eram alcançados com maior refinamento. Os itens que não puderam ser identificados, devido ao alto grau de digestão, foram agrupados em matéria orgânica não definida (MOND).

Após a abertura dos estômagos, o grau de repleção foi avaliado visualmente, sendo atribuindo cinco categorias de acordo com Haefner (1990), modificado por Branco & Verani (1997): 1 = estômago vazio, 2 = parcialmente vazio (25% preenchido), 3 = médio (50% preenchido), 4 = parcialmente cheio (75% preenchido) e 5 = cheio (totalmente preenchido). O índice de repleção (IR), que consiste na análise da quantidade de alimento no estômago, expresso em porcentagem, foi determinado de acordo com a equação 2, onde  $W_e$  = peso do estômago (g) e  $W_t$  = peso do indivíduo (g) (Santos, 1978).

$$\text{Equação 2: IR} = (W_e / W_t)$$

A composição da alimentação natural foi determinada utilizando a metodologia proposta por Branco & Verani (1997), empregada também no estudo de Sant'anna et al. (2015), a qual complementa o Método de Ponto (MP) proposto por Williams (1981) e Frequência de Ocorrência (FO) proposto por Hyslop (1980). Para tanto, obteve-se o MP a partir da atribuição de pontos que variou entre 2 a 100 pontos (%), de acordo com o grau de repleção, mas que consistiu na proporção de cada item alimentar dependente da abundância encontrada. Foram desconsiderados os estômagos que não possuíam nenhum item alimentar em seu interior. A FO foi calculada pela equação 3, onde, EA = quantidade de estômagos com o item A, e E = número total de estômagos analisados (Hynes, 1950).

$$\text{Equação 3: FO} = (EA / E) \times 100$$

Com a complementação das duas metodologias descritas acima, foi possível determinar o índice alimentar ( $IA_i$ ) (Kawakami e Vazzoler, 1980), de acordo com a equação 4, em que,  $i$  = item alimentar; FO = frequência de ocorrência (%) do item e P = ponto (%) do item.

$$\text{Equação 4: } IA_i = [(FO_i \times P_i) / \Sigma (FO_i \times P_i)] \times 100$$

A composição da dieta foi definida para o total da população entre sexo (masculino/feminino) e grupos ontogenéticos (jovens/adultos/velhos) definidos de acordo com a estimativa da primeira maturação fisiológica ( $L_{50}$ ), e no indivíduo de maior tamanho registrado. Deste modo, foram considerados “juvenis” as fêmeas com CW < 46,7 mm e machos < 62,1 mm. A categoria “adultos” compreendeu os indivíduos com CW variando entre 46,7 a

56,7 mm para fêmeas e 62,1 a 72,1 para machos. Indivíduos com CW acima de 56,7 e 72,1 mm para fêmeas e machos, respectivamente, foram considerados “adultos velhos” (Triay-Portella et al., 2022). Tal categoria levou em consideração o maior indivíduo capturado para população estudada, CW de 81,5 mm.

### **3.3.3.2. Potenciais riscos de *C. hellerii* sobre a maricultura**

Para a aplicação do questionário, o estudo teve aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) da Universidade de do Vale do Itajaí (número do parecer: 5.165.074) (Anexo 4). Os participantes foram abordados em uma reunião, realizada em março de 2022 na Associação de Maricultura da região. Na ocasião, o Prof. Dr. Gilberto Caetano Manzoni, atual presidente da associação, apresentou o pesquisador ao grupo de maricultores, permitindo uma breve divulgação do presente estudo e pedido para que os maricultores respondesse o questionário. O questionário e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 2) foram distribuídos aos maricultores e recolhidos ao final da reunião. Alguns respondentes preferiram entregar o questionário em outro momento, contactando posteriormente o pesquisador para a entrega do mesmo.

O pesquisador orientou os participantes a ler o TCLE, assiná-lo e só depois responder às questões, bem como, após a leitura e consentimento exposto antes do questionário, podendo os participantes desistirem de participar da pesquisa a qualquer momento.

Os maricultores foram escolhidos como grupo-alvo para responder o questionário a fim de detectar a presença de *C. hellerii* no cultivo de bivalves e investigar as percepções sobre os potenciais impactos no cultivo. A resolução das questões por parte dos participantes ocorreu de forma voluntária.

Foram obtidas informações sobre as possíveis perdas na produção de bivalves, como os maricultores solucionam estes problemas, quais são os predadores naturais presentes nas pencas e lanternas dos bivalves, além de evidenciar se *C. hellerii* está presente na maricultura assim como diagnosticar os possíveis impactos.

## **3.4. Análise Estatística**

### **3.4.1. Dinâmica populacional**

A abundância de machos, fêmeas sem ovos e fêmeas ovígeras foi descrita mensalmente. A fim de testar a hipótese de que proporção sexual da população de *C. hellerii* difere da

proporção esperada (1:1) ao longo do ano, aplicou-se um teste de Chi-quadrado com os dados de ocorrência sazonal de machos e fêmeas.

A distribuição do tamanho dos indivíduos foi feita por segregação em classes de 5mm de tamanho, pré-definido pela aplicação da fórmula de Sturges conforme as equações 5 e 6 (Vieira, 1991).

$$\text{Equação 5: } k = 1 + 3,322 (\log_{10}n)$$

$$\text{Equação 6: } w = R/k$$

Na qual  $k$  representa o número de intervalos,  $n$  o número amostral,  $w$  o tamanho do intervalo, e  $R$  a diferença entre o maior e o menor tamanho registrados na amostra.

A relação do peso úmido pela largura da carapaça ( $P/CW$ ) foi estabelecida para cada sexo, assumindo a equação 7.

$$\text{Equação 7: } \textit{Peso} = aCW^b.$$

Os dados de peso e largura foram log-transformados e o ajuste da relação foi realizado através de uma análise de regressão linear, de acordo com a equação 8.

$$\text{Equação 8: } \textit{Peso} = \ln(a) + b * \ln(CW).$$

A constante  $b$  (coeficiente de alometria) representa a inclinação da relação, ou seja, a taxa de aumento de peso em função do aumento de largura da carapaça. A fim de avaliar se essa taxa de incremento difere do esperado ( $b=3$ ), um teste *t-student* foi utilizado (Hartnoll, 1982).

A determinação da frequência dos estádios de maturação gonadal seu deu com base na abundância relativa de indivíduos em cada fase, por mês, e expressa em porcentagem. A classificação dos estágios das gônadas foi utilizada para determinar o tamanho de primeira maturação sexual ( $L_{50}$ ) pelo método de ajuste da ogiva de Galton, considerando a proporção de machos e fêmeas maduras como a variável ( $Y$ ) e a largura como a variável independente ( $X$ ) (Fonteles-Filho, 1989). Assim, a curva de maturidade fisiológica ( $L_{50}$ ) foi obtida pela equação 9.

$$\text{Equação 9: } L50\% = e[\ln[-\ln 0,50] - \ln A]/b$$

Todas as informações biológicas deste estudo foram registradas e analisadas pelos programas *Microsoft Office Excel*, versão 2016 e por *software* estatístico R (R Core Team, 2021).

### 3.4.2. Desenvolvimento embrionário e fecundidade

A fim de compreender a variação do tamanho dos ovos (variável resposta) ao longo dos estágios de desenvolvimento embrionário (variável categórica), foi aplicado um Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição binomial negativa e função de ligação log, para incorporar a sobredispersão dos dados, utilizando a função `glm.nb` do pacote MASS (Venables; Ripley, 2002; R Core Team, 2021).

Considerando que fatores ambientais podem influenciar o desenvolvimento embrionário das espécies (Kobayashi & Matsuura, 1994), testou-se se o diâmetro dos ovos (corrigido pelo tamanho corporal), varia em função da temperatura e salinidade da água. A relação foi testada com a aplicação de um GLM, com distribuição binomial negativa e função de ligação 'log', uma vez que os dados apresentaram alta sobredispersão. O GLM foi aplicado utilizando a função `glm.nb` do pacote MASS (Venables & Ripley, 2002; R Core Team, 2021). O tamanho dos ovos foi previamente corrigido pois, especialmente nos estágios iniciais de desenvolvimento do ovo (I e II), há incremento significativo do tamanho do ovo em função do tamanho corporal (Pearson  $r = 0.65$ ,  $p = 0.03$ ).

Com vistas a compreender as relações entre as variáveis reprodutivas e somáticas, ajustou-se a fecundidade individual (número total de ovos) em função do tamanho corporal (largura da carapaça) e do peso do corpo dos indivíduos. O número total de ovos foi transformado ( $\ln$ ) e aos dados foi aplicado um modelo de regressão linear. A equação que descreve a fecundidade média total da espécie foi obtida para todo o conjunto de dados, assim como para indivíduos em 1ª desova e desovas subsequentes, separadamente.

Por fim, os dados de fecundidade individual foram regredidos em função dos meses do ano, de forma a avaliar se existe variação mensal da fecundidade na área de estudo. Os modelos selecionados foram do tipo GLM, com distribuição binomial negativa, a fim de lidar com a sobredispersão dos dados, usando a função `glm.nb` do pacote MASS (R Core Team, 2021). Assumiu-se como variável resposta a fecundidade relativa, que corresponde à razão entre o número total de ovos e o tamanho corporal de cada indivíduo, e sua variação frente aos meses do ano (janeiro a dezembro).

A validação dos modelos foi realizada através da inspeção de gráficos de resíduos, conforme Zuur et al. (2009). Todas as análises foram realizadas no *software* R (R Core Team, 2021).

### **3.4.3. Alimentação natural e o potencial impacto de *C. hellerii* na maricultura**

#### **3.4.3.1. Análise dos estômagos**

A fim de visualizar a variação da composição da dieta (IAI) da população estudada entre diferentes sexos e fases ontogenéticas, aplicou-se aos dados uma Análise de Escalonamento Não-Métrico (NMDS), separadamente para cada fator, assumindo como variável resposta os valores de Importância Alimentar (IAI) de cada item, e como variáveis categóricas o sexo e ontogenia. Os valores de IAI de cada nível das categorias investigadas foram calculados mensalmente, e considerados como réplicas. A avaliação dos itens mais importantes para a separação dos grupos foi realizada da função *envfit*. Com o objetivo de testar se a variação observada na ordenação é significativa, aplicou-se aos dados análises de variância permutacional multivariada (PERMANOVA, com 999 permutações), separadamente para sexo e ontogenia (Anderson et al., 2008). Assumiu-se como variáveis resposta os valores do Índice de Importância Alimentar (IAI) de cada item, e como fatores fixos, sexo (machos e fêmeas) e fases ontogenéticas (jovem, adulto e velho). Os valores de IAI foram utilizados para a construção de uma matriz de semelhança usando o Índice de Semelhança de Bray-Curtis (Clarke e Gorley, 2006).

#### **3.4.3.2. Questionário aplicado aos maricultores**

As possíveis causas da perda da produtividade, a estimativa de perda por ciclo de produção, a contribuição relativa das causas de perda do cultivo (p.ex.: espécie predadora) foram avaliadas através de representações gráficas, assim como a contribuição de cada espécie para a perda do cultivo.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Dinâmica populacional**

Dos 410 siris capturados, 351 eram machos e 59 fêmeas (18 fêmeas sem ovos e 41 ovígeras) entre maio/21 a abril/22 (Tabela 1). Mesmo que as capturas foram dominadas por machos, evidenciou-se que fêmeas ovígeras apresentaram frequência elevada durante todos os meses, sendo que outubro/21 e fevereiro/22 só foram amostrados ovígeras (Tabela 1).

A proporção de machos para fêmeas foi de 5,9: 1 para o total da população. Houve variação considerável quando comparado mensal (3,6: 1 a 14,5: 1) (Tabela 1), e pouca variação

por estação do ano (5,65: 1 a 6,31: 1) (Anexo 5). A menor fêmea ovígera capturada tinha de 38,7mm de largura (junho/21).

Tabela 1: Distribuição mensal de *Charybdis hellerii*, amostrados entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC), e a proporção sexual por mês e total da população.

| Ano   | Mês       | Machos | Fêmeas   |         | Total | Proporção sexual (M: F) |
|-------|-----------|--------|----------|---------|-------|-------------------------|
|       |           |        | sem ovos | Ovígera |       |                         |
| 2021  | Maio      | 39     | 02       | 04      | 45    | 6,5: 1                  |
|       | Junho     | 28     | 01       | 05      | 34    | 4,6: 1                  |
|       | Julho     | 24     | 03       | 02      | 29    | 4,8: 1                  |
|       | Agosto    | 35     | 01       | 03      | 39    | 8,7: 1                  |
|       | Setembro  | 28     | 02       | 04      | 33    | 4,6: 1                  |
|       | Outubro   | 29     | -        | 02      | 31    | 14,5: 1                 |
|       | Novembro  | 24     | 01       | 02      | 27    | 8,0: 1                  |
|       | Dezembro  | 33     | 04       | 05      | 42    | 3,6: 1                  |
| 2022  | Janeiro   | 32     | 01       | 04      | 37    | 6,4: 1                  |
|       | Fevereiro | 29     | -        | 03      | 31    | 9,6: 1                  |
|       | Março     | 21     | 01       | 04      | 26    | 4,2: 1                  |
|       | Abril     | 29     | 02       | 03      | 34    | 5,8: 1                  |
| Total |           | 351    | 18       | 41      | 410   | 5,9: 1                  |

A largura de carapaça dos machos, fêmeas sem ovos e ovígeras apresentou distribuição unimodal (Figura 6). Padrão semelhante foi observado quando as amostras foram reunidas por estação do ano, mas quando separados por sexos, uma distribuição com tendência a bimodal foi observada na primavera, com picos em 55mm e 65mm (Figura 7). É possível observar uma clara prevalência de indivíduos de *C. hellerii* medindo entre 55 a 70mm de CW. As fêmeas ovígeras tiveram um CW na faixa de 38,7 a 59,9mm e eram maiores do que as sem ovos (Figura 6).



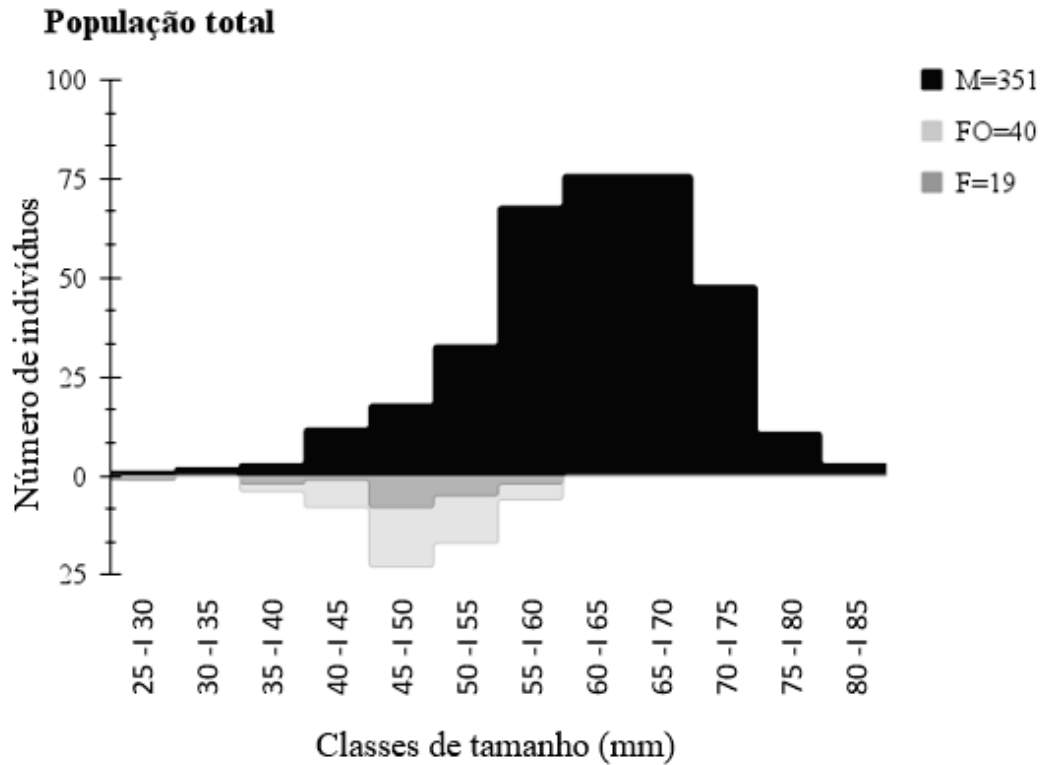


Figura 6: Distribuição de frequência da largura da carapaça de machos, fêmeas sem ovos e fêmeas ovígeras de *Charybdis hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). M= machos, F= fêmeas sem ovos, OF= fêmeas ovígeras.

As fêmeas ovígeras capturadas apresentaram largura de carapaça variando entre 45 e 50mm, exceto nos meses de inverno que foram registradas ovígeras entre 35 a 40mm (Figura 7). Os machos apresentaram pouca variação sazonal na largura da carapaça, já que foram amostrados números similares de indivíduos.

No entanto, os machos capturados nos meses de outono e inverno possuem uma faixa de largura de carapaça maiores que nas demais estações, alcançando o tamanho de 85mm. Apenas no outono foi possível observar a presença de indivíduos em todas as classes de tamanho amostradas (considerando machos e fêmeas).

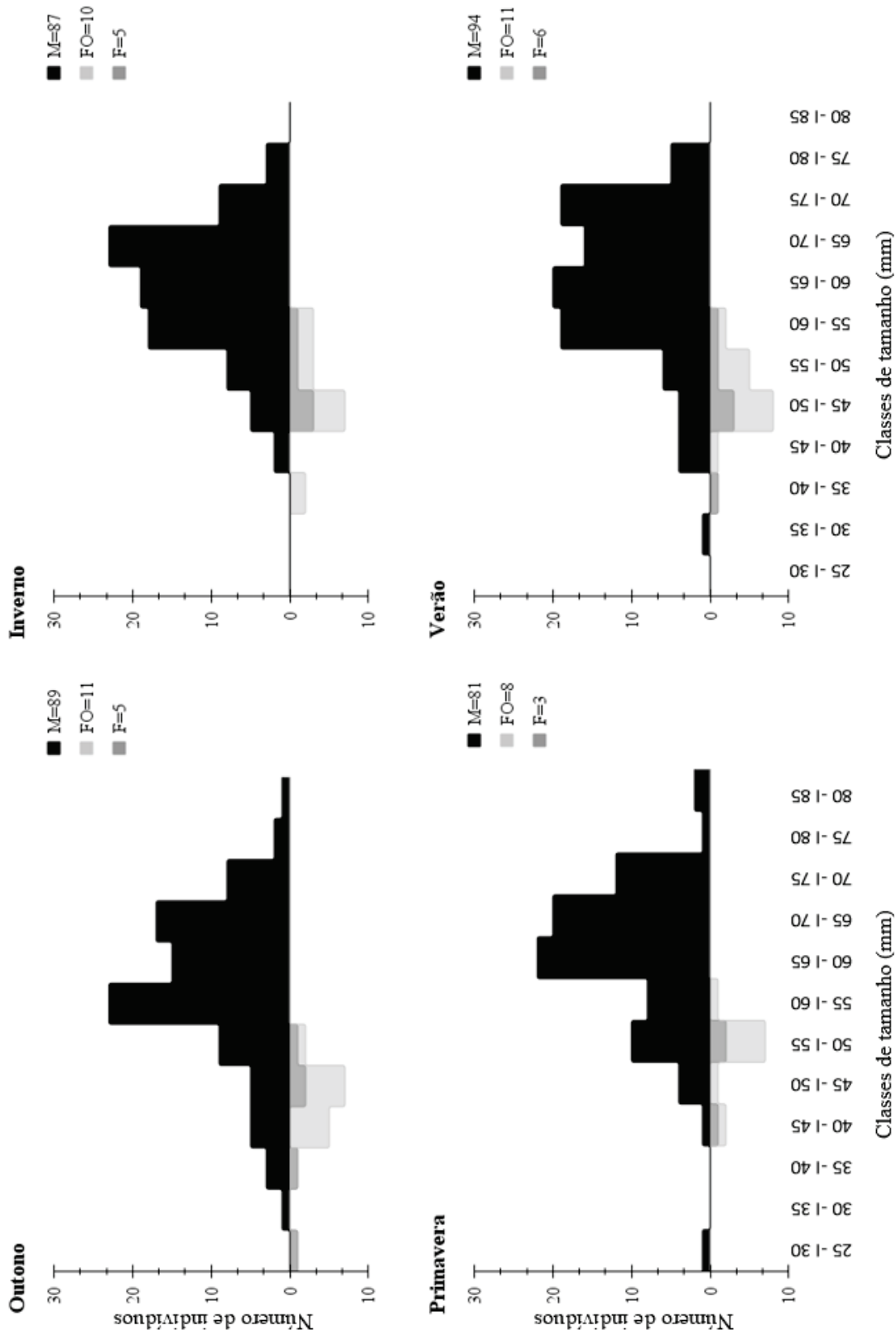


Figura 7: Distribuição de frequência da largura da carapaça, por classes de tamanho de machos, fêmeas sem ovos e fêmeas ovígeras de *Charybdis hellerii*, por estação, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). N= 410 indivíduos. M= machos, F= fêmeas sem ovos, OF= fêmeas ovígeras.

Em geral, os machos de *C. hellerii* foram mais pesados e maiores que as fêmeas e apresentaram crescimento alométrico positivo ( $F=52.86$ ,  $p<0.001$ ,  $IC95\%=3.22-3.35$ ), enquanto nas fêmeas foram registrados crescimento isométrico ( $F=1.62$ ,  $p=0.208$ ,  $IC95\%=2.49-3.11$ ) (Tabela 2).

Apesar dos machos atingirem CW e peso maior que as fêmeas, não há um claro dimorfismo sexual de *C. hellerii* em Penha, porém, diferenças no crescimento relativo são presentes.

Tabela 2: Regressão entre o peso e a largura da carapaça de machos e fêmeas de *Charybdis hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC).

| Categoria | N   | Equação   | $\alpha$ | b    | $R^2$ |
|-----------|-----|---|----------|------|-------|
| Fêmea     | 59  | $\ln(\text{Peso}) = - 7.83 + 2.80 \ln(\text{CW})$ | 0.0004   | 2.80 | 0.85  |
| Macho     | 351 | $\ln(\text{Peso}) = - 9.75 + 3.31 \ln(\text{CW})$ | 0.00005  | 3.31 | 0.94  |

Com relação à maturação gonadal, em três fêmeas não foi possível visualizar as gônadas sendo classificadas como imaturas. Todas as fêmeas analisadas tiveram espermateca parcialmente ou totalmente cheia de pacotes de espermátóforo. Foram amostradas fêmeas em maturação avançada ou maduras, com exceção de outubro que foram coletadas apenas em início da maturação e desovada (Figura 8). Nos meses de abril, setembro e novembro não foram capturadas fêmeas com gônada desovada e imatura (Figura 8).

A análise microscópica dos testículos de *C. hellerii* demonstrou que em todos os estágios de maturação foram encontrados espermatozoides nas gônadas dos machos (Figura 9). Ao longo do ano foi capturada uma proporção relevante de indivíduos com gônadas em desenvolvimento e desenvolvido, enquanto em maio e junho correu as menores frequências do estágio rudimentar e esteve ausente em março (Figura 9).

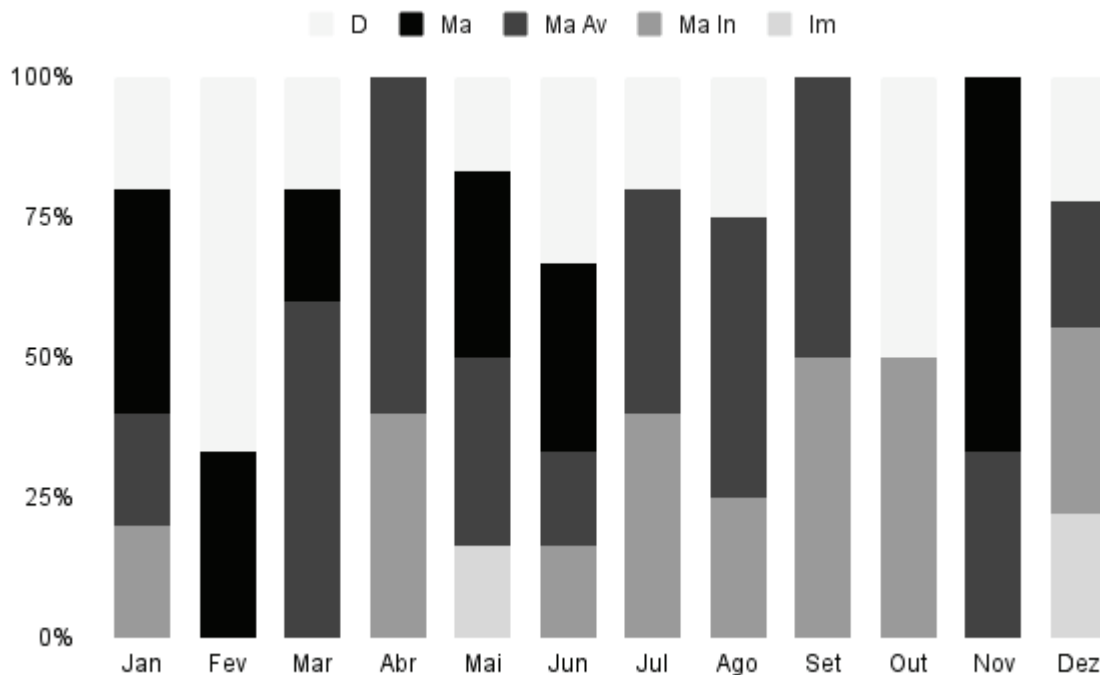


Figura 8: Frequência dos estádios de maturação gonadal estimados para fêmeas de *Charybdis hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). Im = Imaturos, Ma In = Maturação Inicial, Ma Av = Maturação Avançada, Ma = Maduro, D = Desovado.

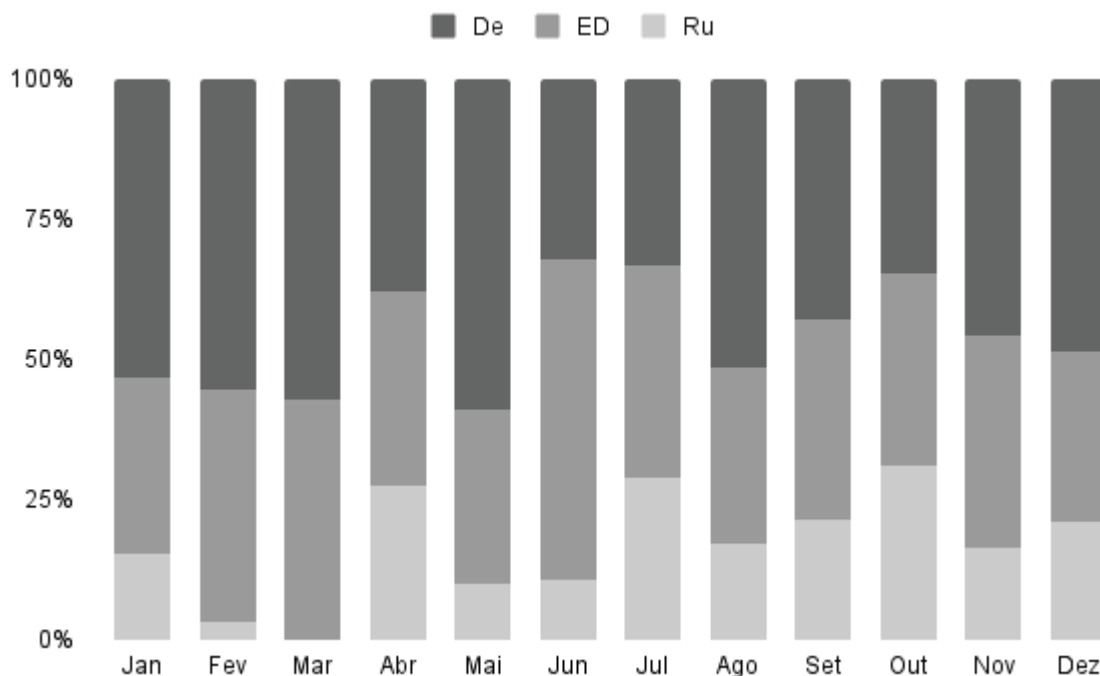


Figura 9: Frequência dos estádios de maturação gonadal estimados para machos de *Charybdis hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). Ru = Rudimentar, ED = Em Desenvolvimento, De = Desenvolvido.

O tamanho de primeira maturação das fêmeas foi estimado em 46,7 mm e dos machos em 62,1 mm (Figura 10).

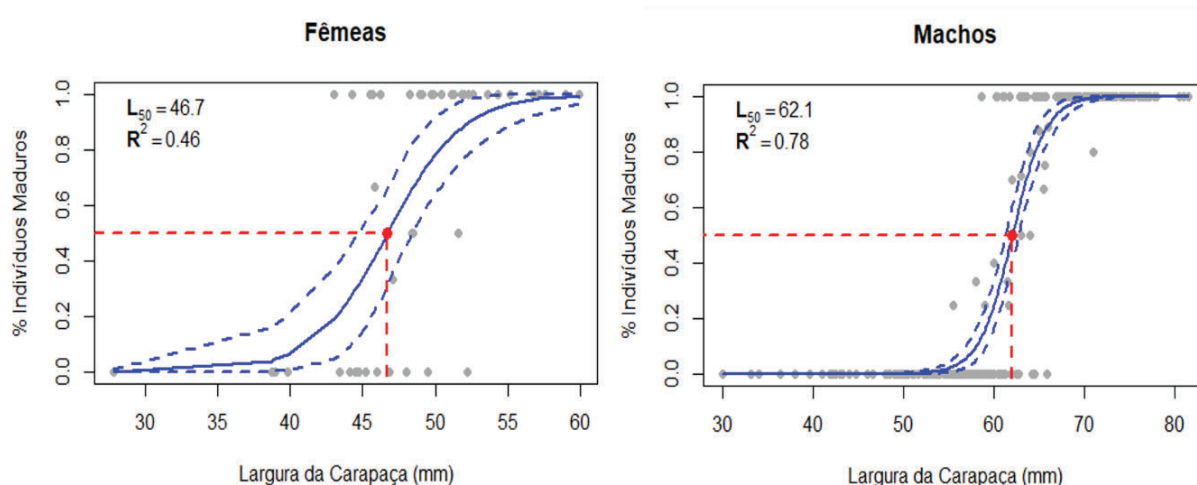


Figura 10: Curva de tamanho de primeira maturação sexual ( $L_{50}$ ) de machos e fêmeas de *Charybdis hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). Linha tracejada azul = Desvio Padrão.

Os machos apresentaram largura de carapaça variando entre 30 e 81,5 mm ( $61,3 \pm 6,65$  mm) e peso úmido de 4,49 a 128,63 g ( $49,65 \pm 24,23$ ), enquanto nas fêmeas esteve entre 27,8 e 59,9 mm ( $60,8 \pm 9,7$  mm) e peso de 3,90 a 37,93 g ( $48,41 \pm 24,28$ ) (Tabela 3).

Tabela 3: Medidas de tendência central e dispersão para machos e fêmeas de *Charybdis hellerii*, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). Em destaque (negrito) estão os valores mínimos e máximos obtidos para machos e fêmeas. N= indivíduos, M= machos, F= fêmeas, DP= desvio padrão.

| Meses         | N  |    |         | Máximo |       | Mínimo |              | Média $\pm$ DP    |                  |
|---------------|----|----|---------|--------|-------|--------|--------------|-------------------|------------------|
|               | M  | F  |         | M      | F     | M      | F            | M                 | F                |
| Maio/<br>2021 | 39 | 06 | CW (mm) | 75,00  | 45,70 | 34,00  | <b>27,80</b> | $59,94 \pm 9,80$  | $40,91 \pm 6,73$ |
|               |    |    | BW (g)  | 103,82 | 19,19 | 7,80   | <b>3,90</b>  | $53,87 \pm 24,63$ | $14,51 \pm 5,76$ |
| Junho         | 28 | 06 | CW (mm) | 77,00  | 48,50 | 48,00  | 38,70        | $63,28 \pm 7,50$  | $44,16 \pm 4,36$ |
|               |    |    | BW (g)  | 93,41  | 17,78 | 23,51  | 12,57        | $56,94 \pm 20,94$ | $15,47 \pm 2,99$ |
| Julho         | 24 | 05 | CW (mm) | 76,00  | 57,10 | 42,00  | 45,80        | $60,79 \pm 8,81$  | $51,00 \pm 4,08$ |
|               |    |    | BW (g)  | 102,44 | 30,78 | 15,84  | 17,42        | $53,50 \pm 22,83$ | $23,88 \pm 5,79$ |

(continua)



| (continuação)    |    |    |         |               |              |              |       |               |              |
|------------------|----|----|---------|---------------|--------------|--------------|-------|---------------|--------------|
| Meses            | N  |    |         | Máximo        |              | Mínimo       |       | Média ± DP    |              |
|                  | M  | F  |         | M             | F            | M            | F     | M             | F            |
| Agosto           | 35 | 04 | CW (mm) | 78,00         | <b>59,90</b> | 48,50        | 49,90 | 64,09 ± 6,97  | 55,10 ± 5,08 |
|                  |    |    | BW (g)  | 104,27        | <b>37,93</b> | 17,56        | 22,48 | 59,78 ± 22,17 | 29,30 ± 7,58 |
| Setembro         | 28 | 06 | CW (mm) | 80,50         | 57,60        | 58,60        | 43,40 | 66,91 ± 5,63  | 51,63 ± 4,64 |
|                  |    |    | BW (g)  | <b>128,63</b> | 37,80        | 37,38        | 14,55 | 66,30 ± 22,25 | 26,04 ± 7,70 |
| Outubro          | 29 | 02 | CW (mm) | 81,10         | 50,40        | 44,10        | 48,20 | 60,85 ± 8,64  | 49,30 ± 1,55 |
|                  |    |    | BW (g)  | 84,30         | 23,94        | 14,94        | 22,18 | 46,44 ± 20,43 | 23,06 ± 1,24 |
| Novembro         | 24 | 03 | CW (mm) | 72,90         | 52,20        | <b>30,00</b> | 44,70 | 59,98 ± 10,22 | 49,56 ± 4,21 |
|                  |    |    | BW (g)  | 89,37         | 20,14        | <b>4,49</b>  | 16,09 | 48,97 ± 24,43 | 19,97 ± 3,79 |
| Dezembro         | 33 | 09 | CW (mm) | 77,30         | 48,40        | 42,60        | 45,80 | 59,25 ± 9,69  | 47,41 ± 4,69 |
|                  |    |    | BW (g)  | 87,46         | 20,35        | 16,66        | 18,84 | 47,35 ± 22,21 | 20,44 ± 7,33 |
| Janeiro/<br>2022 | 32 | 05 | CW (mm) | 76,40         | 55,20        | 33,20        | 49,10 | 64,60 ± 8,07  | 52,52 ± 2,37 |
|                  |    |    | BW (g)  | 103,07        | 34,90        | 6,62         | 22,83 | 58,07 ± 21,52 | 27,95 ± 4,49 |
| Fevereiro        | 29 | 03 | CW (mm) | 74,80         | 51,90        | 52,90        | 44,60 | 64,34 ± 7,87  | 47,33 ± 3,98 |
|                  |    |    | BW (g)  | 91,42         | 28,15        | 30,34        | 14,81 | 58,89 ± 25,05 | 21,24 ± 6,68 |
| Março            | 21 | 05 | CW (mm) | 74,30         | 51,60        | 36,40        | 43,00 | 59,62 ± 9,70  | 47,64 ± 3,09 |
|                  |    |    | BW (g)  | 99,07         | 15,86        | 8,87         | 22,52 | 50,14 ± 24,98 | 21,80 ± 5,40 |
| Abril            | 24 | 05 | CW (mm) | <b>81,50</b>  | 39,70        | 52,60        | 44,10 | 59,40 ± 9,69  | 48,48 ± 3,15 |
|                  |    |    | BW (g)  | 121,30        | 12,37        | 23,69        | 16,17 | 46,38 ± 25,82 | 20,64 ± 3,30 |

## 4.2. Desenvolvimento embrionário e fecundidade

Durante o ano amostrado, foram coletadas 59 fêmeas de *C. hellerii*. Destas, 41 eram ovígeras com largura de carapaça variando entre 38,7 e 59,9 mm, e 18 sem ovos, medindo entre 27,8 e 54,3 mm.

A proporção de fêmeas ovígeras foi superior à de sem ovos ao longo do ano (Figura 11), com exceção de julho que apresentou 40% de ovígeras coletadas. Nos meses de fevereiro e outubro, 100% com das fêmeas capturadas estavam ovadas.

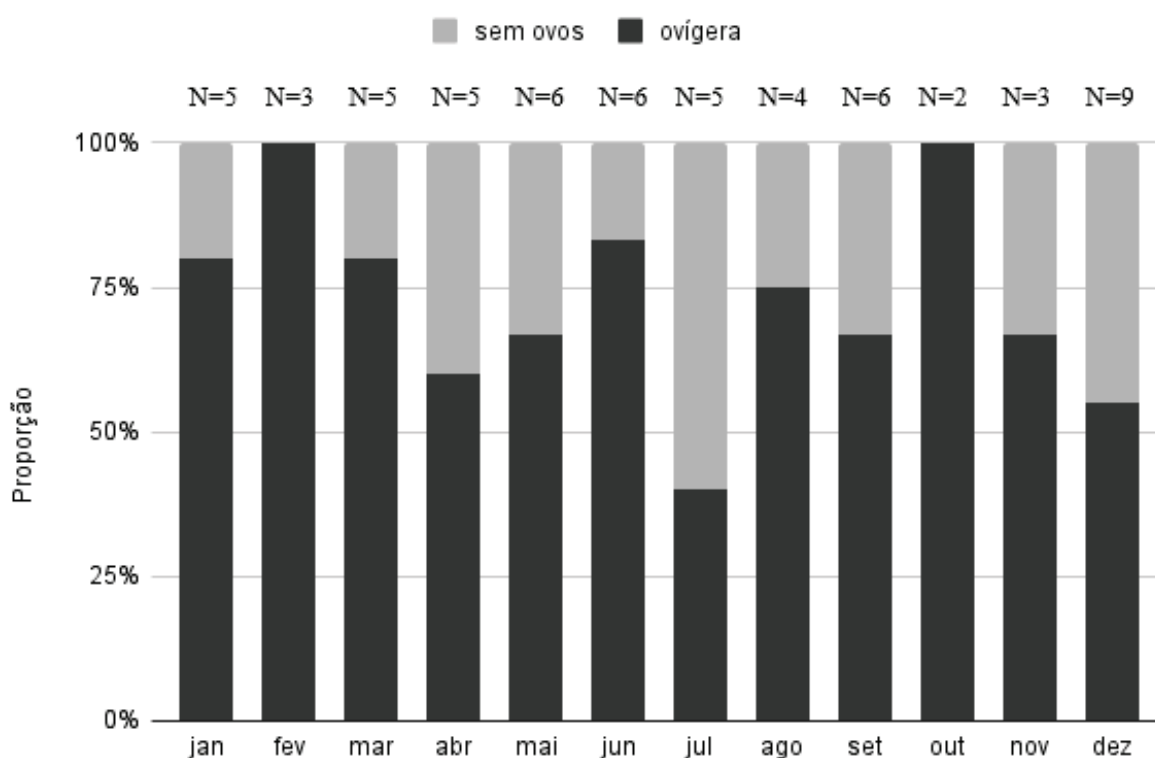


Figura 11: Proporção de fêmeas ovígeras e sem ovos de *Charybdis hellerii* ao longo do ano. N= indivíduos.

A variação da morfologia e biometria da massa de ovos de 28 fêmeas (Tabela 4) serviram para desenvolver modelos entre diâmetros dos ovos e possíveis variáveis explicativas (estágios e tamanho do corpo).

Tabela 4: Descrição da quantidade de fêmeas ovígeras de *Charybdis hellerii* analisadas por estágio e quantidade de ovos medidos, assim com a descrição biométrica obtida.

| Estágio | Nº de fêmeas analisadas | Nº de ovos | Diâmetro menor (D) (µm) | Diâmetro maior (d) (µm) | Proporção dos diâmetros (D/d) |
|---------|-------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| I       | 5                       | 1187       | 271±24,4                | 277±24,6                | 1,024                         |
| II      | 7                       | 1377       | 286±21,3                | 293±21,5                | 1,023                         |
| III     | 9                       | 1569       | 314±17,0                | 321±18,0                | 1,022                         |
| IV      | 2                       | 448        | 312±12,3                | 319±12,2                | 1,021                         |
| V       | 3                       | 678        | 322±16,6                | 333±16,4                | 1,033                         |
| VI      | 2                       | 502        | 328±22,7                | 334±24,5                | 1,018                         |

A partir da mudança da coloração da massa de ovos, surgimento e desenvolvimento dos olhos e apêndices torácicos, estimativa do teor vitelínico e aumento no tamanho do diâmetro dos ovos de 28 fêmeas foi possível descrever seis estágios de desenvolvimento embrionário. Os estágios são descritos abaixo, em ordem sequencial e os detalhes sumarizados na Figura 12.

**Estágio I** – Corresponde ao momento após a fecundação e postura dos ovos, onde a massa ovígera apresenta cor alaranjado escuro viçoso. Os ovos possuem duas membranas, uma interna e outra externa, que cobrem o ovo, cujo volume é 100% ocupado por vitelo, não apresentando características de divisão celular (diâmetro do ovo 265-275µm).

**Estágio II** – Massa de ovos com coloração alaranjado claro. O volume vitelínico se aglomera para um lado do ovo, formando uma meia lua periférica transparente. Entre os vitelos, percebe-se invaginações característico de divisão celular. Portanto, o primórdio embrionário torna-se evidente como uma protuberância translúcida na superfície do ovo no pólo animal, que representa a região ventral do embrião em desenvolvimento. O teor de vitelo representa aproximadamente 90% do volume do ovo (diâmetro do ovo 285-290µm).

**Estágio III** – Massa de ovos com cor amarela. É possível observar o melhor pronunciamento do desenvolvimento embrionário pelo aumento das invaginações e diminuição do teor de vitelo que fica em aproximadamente 70% do volume total do ovo. O estágio é demarcado pelo surgimento dos três primeiros pares de apêndices (antênulas, antenas e mandíbula). Assim, estruturas em desenvolvimento representam aproximadamente 30% do volume do ovo (diâmetro do ovo 315-320µm).

**Estágio IV** – Massa de ovos com cor amarelo escuro opaco. Pequenos pontos de cor marrom são visíveis pela primeira vez, caracterizando o surgimento da pigmentação dos olhos. O abdômen cresce continuamente incorporando segmentos. Ao final, as reservas de vitelo são

significativamente reduzidas para aproximadamente 50% do volume do ovo (diâmetro do ovo 320-322 $\mu$ m).

**Estágio V** – Massa de ovos de cor castanho. O desenvolvimento embrionário é bem demarcado e ocupa mais da metade do volume interno do ovo, sendo que aproximadamente 45% é de vitelo. A cabeça e as principais partes do corpo podem ser diferenciadas pela pigmentação que ainda se encontra pouco evidente e desordenada. É notável o desenvolvimento dos olhos, evidenciado pelas estruturas pigmentadas de formato semicircular (diâmetro do ovo 325-330 $\mu$ m).

**Estágio VI** – Massa de ovos com coloração marrom escuro. Os olhos estão completamente formados e pigmentados. O embrião ocupa quase todo o volume interno do ovo, e nessa fase o ovo está pronto para eclodir. Apesar da quantidade de vitelo diminuir significativamente, os aproximadamente 25% restantes devem ser incorporados ao cefalotórax após a eclosão dos ovos (diâmetro do ovo 335-340 $\mu$ m).


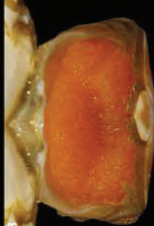




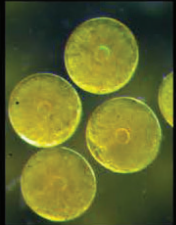
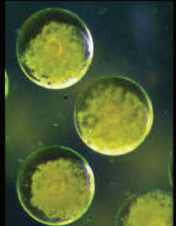
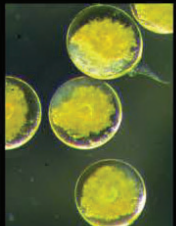
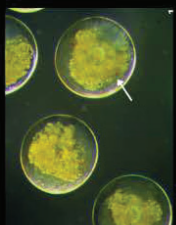
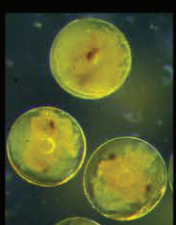
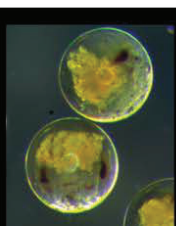



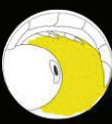


|                                      | Estágio I   | Estágio II  | Estágio III   | Estágio IV  | Estágio V   | Estágio VI  |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Coloração a olho nu da massa ovígera |  |  |  |  |  |  |
| Morfologia do ovo                    |  |  |  |  |  |  |
| Ilustração morfológica do ovo        |  |  |  |  |  |  |
| Teor vitelínico                      | 100%  | 90%   | 70%   | 50%   | 45%   | 25%   |
| Tamanho min - max do ovo (µm)        | 265-275   | 285-290   | 315-320   | 320-322   | 325-330   | 335-340   |
| Aspecto principal da embriologia     | Presença total de vitelo  | Divisão celular   | Surgimento de apêndices   | Surgimento do pigmento ocular   | Diferenciação da cabeça e apêndices   | Formação do embrião   |

Figura 12: Classificação dos estágios de desenvolvimento embrionário de fêmeas de *Charybdis hellerii* de acordo com a coloração macroscópica dos ovos, morfologia, teor vitelínico e tamanho do diâmetro dos ovos, coletadas na região da Armação do Itapocoroy, Penha, SC. Tamanho do ovo: min = mínimo, máx = máximo).



O diâmetro do ovo aumenta com o avanço do desenvolvimento embrionário, porém, entre os estágios I e II não existe diferença estatística significativa, bem como não existe distinção estatística entre os estágios III, IV, V e VI (Tabela 5). Tais resultados demonstram um crescimento gradual e distinto entre os estágios I e II; e entre III, IV, V e VI (Figura 13).

Tabela 5: Variação do diâmetro dos ovos em função do estágio de desenvolvimento embrionário (I a VI). n=28 indivíduos.

|                        | Estimate | SE    | z       | P      |
|------------------------|----------|-------|---------|--------|
| <i>Diâmetro do ovo</i> |          |       |         |        |
| Intercepto             | 5.630    | 0.026 | 210.155 | <0.001 |
| Estágio II             | 0.058    | 0035  | 1.631   | 0.102  |
| Estágio III            | 0.142    | 0.032 | 4.437   | <0.001 |
| Estágio IV             | 0.149    | 0.047 | 3.145   | 0.001  |
| Estágio V              | 0.180    | 0.041 | 4.359   | <0.001 |
| Estágio VI             | 0.210    | 0.046 | 4.518   | <0.001 |

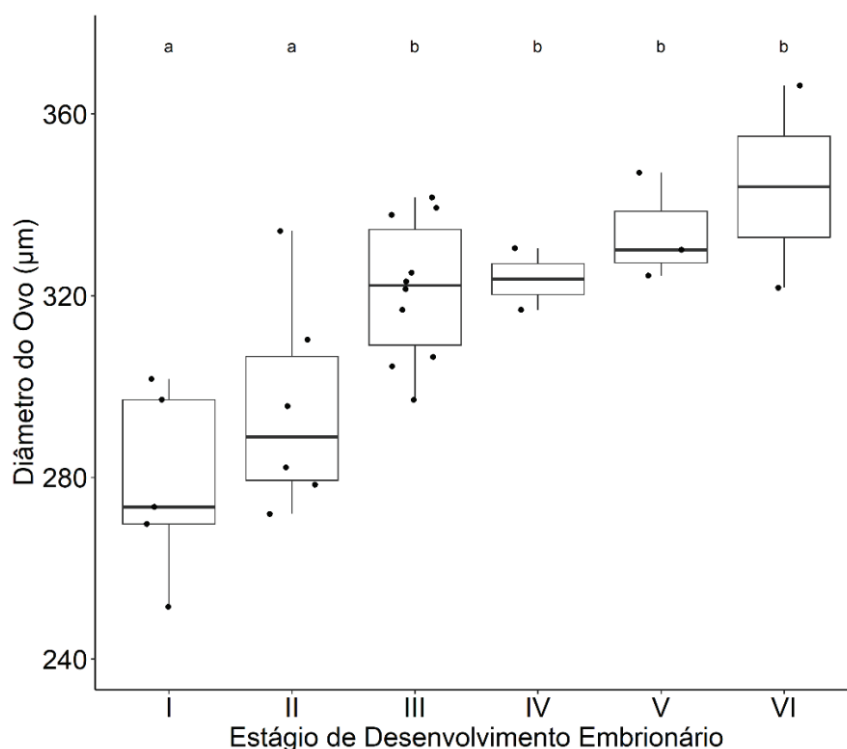


Figura 13: Variação do diâmetro dos ovos conforme o avanço dos estágios de desenvolvimento embrionário em *Charybdis hellerii*. Caixas = média do diâmetro, 'whiskers' = valor médio do diâmetro do ovo por fêmea, e a linha interna = mediana.

O diâmetro dos ovos nos estágios iniciais de desenvolvimento (I e II) aumenta significativamente com o aumento do tamanho do corpo (CW) (Pearson  $r=0.66$ ,  $p=0.02$ ). Contudo, essa relação deixa de ser significativa nos estágios finais de desenvolvimento (III, IV, V e VI) (Pearson  $r=0.24$ ,  $p=0.35$ ). Cabe destacar um indivíduo no primeiro estágio de maturação, com tamanho corporal pequeno (51,6mm), e tamanho de ovo bem maior que a média (189 $\mu$ m).

Para compreender a variação no diâmetro dos ovos, foram testados a relação do diâmetro dos ovos nos referidos estágios embrionário e as variáveis ambientais.

Assim, no período decorrido entre maio de 2021 a abril de 2022, na Armação do Itapocoroy, Penha (SC), em maré baixa, a temperatura do local de coleta variou de 16 a 27°C (31,68  $\pm$  1,44°C) e a salinidade variou de 28,72 a 34,40 (21,54  $\pm$  3,65) (Tabela 6).

Tabela 6: Variáveis ambientais coletadas na Armação do Itapocoroy, Penha (SC) no período entre maio de 2021 a abril de 2022. D. Padrão = Desvio Padrão.

| <b>Mês</b>   | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>Salinidade (PSU)</b> |
|--------------|-------------------------|-------------------------|
| Maio/2021    | 22,90                   | 34,40                   |
| Junho        | 20,60                   | 32,90                   |
| Julho        | 17,00                   | 30,17                   |
| Agosto       | 16,00                   | 31,79                   |
| Setembro     | 19,00                   | 31,59                   |
| Outubro      | 19,00                   | 31,98                   |
| Novembro     | 19,00                   | 28,72                   |
| Dezembro     | 26,00                   | 31,90                   |
| Janeiro/2022 | 26,00                   | 30,70                   |
| Fevereiro    | 27,00                   | 32,59                   |
| Março        | 23,00                   | 30,97                   |
| Abril        | 23,00                   | 32,50                   |
| Mínimo       | 16,00                   | 28,72                   |
| Máximo       | 27,00                   | 34,40                   |
| Média        | 31,68                   | 21,54                   |
| D. Padrão    | 1,44                    | 3,65                    |

A variação do diâmetro do ovo (corrigido pelo tamanho corporal) de *C. hellerii* não decorre da influência da temperatura nem da salinidade da água (Tabela 7).

Tabela 7: Relação do diâmetro do ovo (corrigido pelo tamanho corporal) com temperatura e salinidade da água em *Charybdis hellerii*. n=28 indivíduos. GLM com distribuição binomial negativa. As regressões foram calculadas separadamente.

|                        | Coeficiente | Erro padrão | t     | p      |
|------------------------|-------------|-------------|-------|--------|
| <i>Diâmetro do ovo</i> |             |             |       |        |
| Intercepto             | 1,711       | 0,491       | 3,481 | <0,001 |
| Temperatura            | 0,007       | 0,023       | 0,310 | 0,756  |
| <hr/>                  |             |             |       |        |
| Intercepto             | 1,717       | 1,667       | 1,030 | 0,303  |
| Salinidade             | 0,004       | 0,052       | 0,087 | 0,931  |

Para estimativa da fecundidade de *C. hellerii*, 41 fêmeas ovígeras tiveram suas massas de ovos analisadas. Verificou-se que a fecundidade individual aumentou significativamente em função do aumento do tamanho do corpo (CW) e do peso dos indivíduos (BW) (Figura 14), variando entre 20.571 (CW = 38,7 mm) a 178.821 (CW = 51,9 mm) ovos. A fecundidade média para população foi de  $106.179,00 \pm 27.688,51$ .

O aumento do número de ovos é gradual em ambas as relações (peso e largura). A equação que descreve a fecundidade individual de *C. hellerii* em função do tamanho do indivíduo é  $F = 12.40 CW^{2.30}$ , enquanto a relação que descreve a fecundidade em função do peso é  $F = 8822 BW^{0.774}$ .

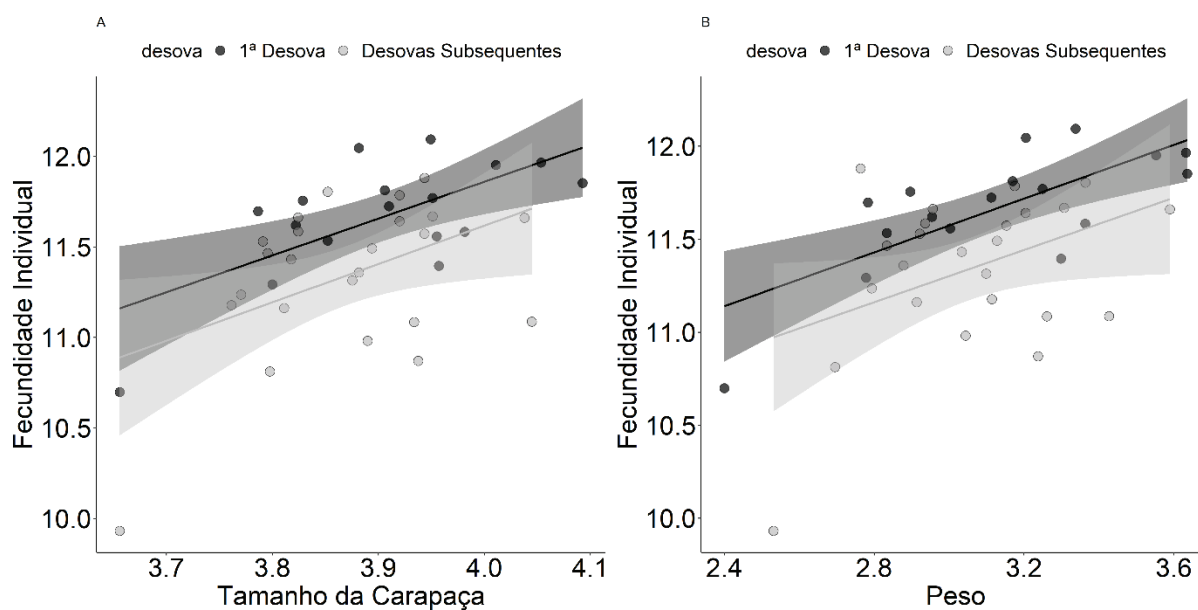


Figura 14: Relação entre fecundidade individual (número total de ovos) e tamanho (A) e peso (B) de fêmeas de *Charybdis hellerii*.

A relação de aumento do número de ovos, com aumento do tamanho do corpo (CW) (Tabela 8) e peso (BW) (Tabela 9) foi mantida mesmo quando a relação foi calculada para a 1ª desova e desovas subsequentes separadamente. Embora seja possível notar que o número de ovos tende a ser sempre maior na primeira desova, bem como a força da relação é mais forte para as fêmeas em 1ª desova.

Tabela 8: Relação entre a fecundidade individual (número total de ovos) e o tamanho corporal (largura da carapaça em mm) em indivíduos de *Charybdis hellerii*. Total n=41 indivíduos; 1ª desova n=17 indivíduos; 2ª desova n= 24 indivíduos.

|                             | Coeficientes | Erro Padrão | Z     | p      | R <sup>2</sup> |
|-----------------------------|--------------|-------------|-------|--------|----------------|
| <i>Total</i>                |              |             |       |        |                |
| Intercepto                  | 2.518        | 2.215       | 1.137 | 0.262  | 0.27           |
| Tamanho do corpo            | 2.306        | 0.570       | 4.046 | <0.001 |                |
| <i>1ª desova</i>            |              |             |       |        |                |
| Intercepto                  | 3.730        | 2.325       | 1.604 | 0.129  | 0.40           |
| Tamanho do corpo            | 2.032        | 0.595       | 3.414 | 0.003  |                |
| <i>Desovas subsequentes</i> |              |             |       |        |                |
| Intercepto                  | 3.155        | 3.466       | 0.910 | 0.372  | 0.16           |
| Tamanho do corpo            | 2.115        | 0.895       | 2.362 | 0.027  |                |

Tabela 9: Relação entre a fecundidade individual (número total de ovos) e o peso total (em g) em indivíduos de *Charybdis hellerii*. Total n=41 indivíduos; 1ª desova n=17 indivíduos; desovas subsequentes n= 24 indivíduos. EP = erro padrão.

|                             | Coeficiente | EP    | z      | P      | R2   |
|-----------------------------|-------------|-------|--------|--------|------|
| <i>Total</i>                |             |       |        |        |      |
| Intercepto                  | 9.085       | 0.612 | 14.83  | <0.001 | 0.26 |
| Peso                        | 0.774       | 0.197 | 3.92   | <0.001 |      |
| <i>1ª desova</i>            |             |       |        |        |      |
| Intercepto                  | 9.404       | 0.549 | 17.116 | <0.001 | 0.50 |
| Peso                        | 0.723       | 0.174 | 4.141  | <0.001 |      |
| <i>Desovas subsequentes</i> |             |       |        |        |      |
| Intercepto                  | 9.195       | 1.016 | 9.047  | <0.001 | 0.14 |
| Peso                        | 0.702       | 0.331 | 2.118  | 0.045  |      |

A fecundidade relativa variou ao longo do ano, com aumento na produção de ovos de dezembro a maio, compreendendo os meses mais quentes do ano (Figura 15). Além disso, houve redução significativa na fecundidade relativa nos meses de junho e julho, em relação aos demais (Tabela 10).

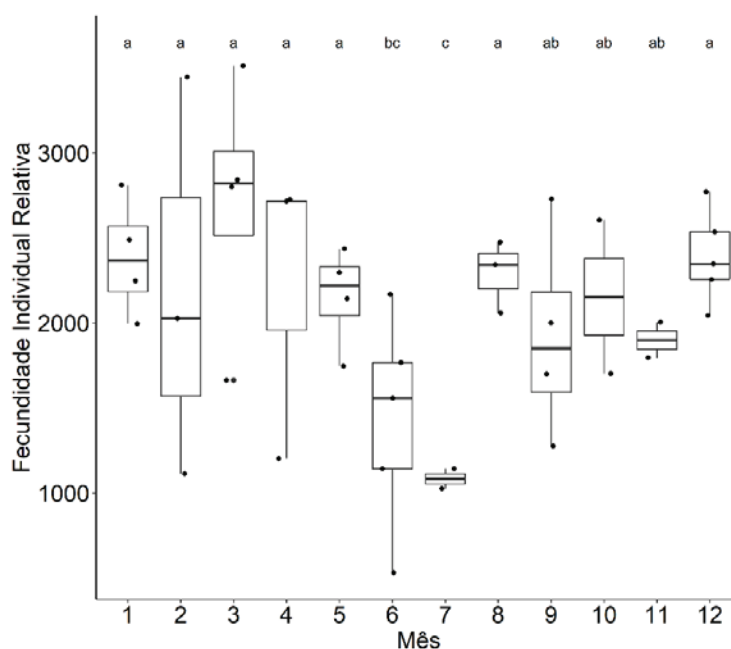


Figura 15: Fecundidade relativa (número total de ovos/tamanho do corpo) de *Charybdis hellerii* ao longo dos meses. Letras similares denotam ausência de diferença significativa ( $p > 0.05$ ) entre os meses. Letras diferentes denotam diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre os meses. 1 = janeiro... 12 = dezembro.

Tabela 10: Variação da fecundidade individual (número total de ovos) de *Charybdis hellerii* entre os meses do ano. A análise (GLM com distribuição binomial negativa) avalia a diferença de cada nível (mês) em relação a um nível referência (julho).

|            | Estimate | SE    | z      | P      |
|------------|----------|-------|--------|--------|
| Intercepto | 6.988    | 0.187 | 37.208 | <0.001 |
| Janeiro    | 0.788    | 0.229 | 3.430  | <0.001 |
| Fevereiro  | 0.705    | 0.242 | 2.912  | 0.003  |
| Março      | 0.913    | 0.229 | 3.976  | <0.001 |
| Abril      | 0.713    | 0.242 | 2.947  | 0.003  |
| Mai        | 0.686    | 0.229 | 2.988  | 0.002  |
| Junho      | 0.279    | 0.222 | 1.256  | 0.209  |
| Agosto     | 0.748    | 0.242 | 3.090  | 0.002  |
| Setembro   | 0.574    | 0.229 | 2.500  | 0.012  |
| Outubro    | 0.686    | 0.265 | 2.587  | 0.009  |
| Novembro   | 0.560    | 0.265 | 2.113  | 0.034  |
| Dezembro   | 0.790    | 0.222 | 3.561  | <0.001 |

### 4.3. Alimentação natural e o potencial impacto de *C. hellerii* na maricultura

#### 4.3.1. Caracterização dos itens alimentares encontrados nos estômagos

Para a caracterização dos itens alimentares, foram analisados estômagos de 410 indivíduos de *C. hellerii*, sendo que 115 (28,04%) estavam vazios, sendo assim, desconsiderados para caracterização dos itens alimentares.

Dos 295 estômagos que tiveram o conteúdo estomacal analisado, 51 foram oriundos de fêmeas e 244 de machos, desse total, 142 eram juvenis (Fêmeas CW menor que 46,7 mm e para machos menor que 62,1 mm) e 123 de adultos (CW variando entre 46,7 a 56,7 mm para fêmeas e 62,1 a 72,1 mm para machos) e 30 eram estômagos de indivíduos considerados “velhos” (Fêmeas com CW acima de 56,7 mm e machos acima de 72,1 mm).

Nos estômagos analisados foram registrados itens não digestivos como areia e redes de pesca, e digestivos: anelídeos, crustáceos, equinodermos, esponjas, moluscos, peixes e MOND (Figura 16). A identificação taxonômica resultou na caracterização de 13 táxons entre classe, ordem e infraordem (Figura 17, 18, 19, 20 e 21).



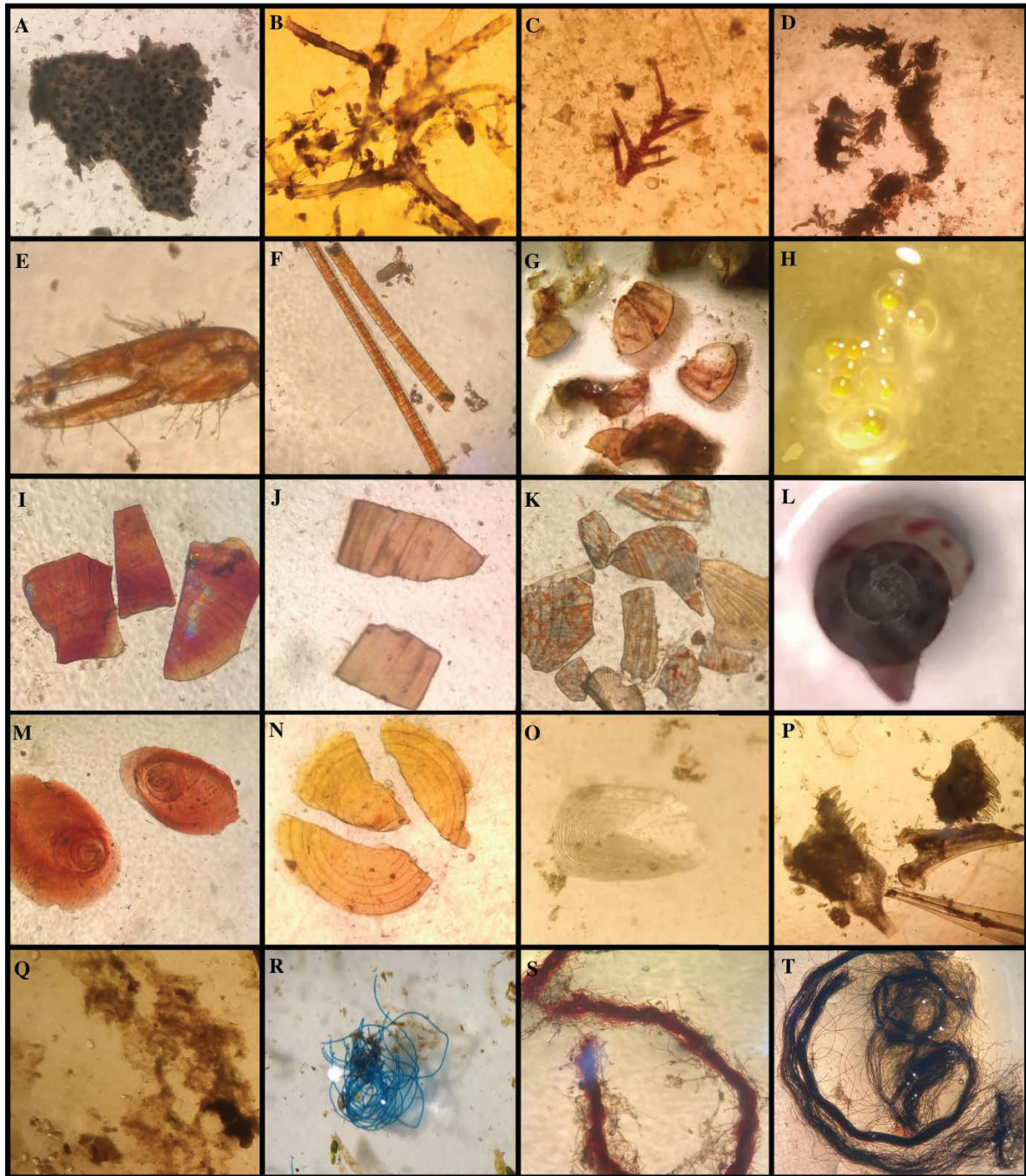


Figura 16: Itens alimentares encontrados no estômago de *Charybdis hellerii* amostrados na Armação do Itapocoroy, Penha (SC). A) tecido de Polychaeta; B - C) fragmentos de algas; D) Echinodermata; E - H) fragmentos de Crustacea: E) quela do quelípede; F) antena; G) urópodo; H) ovos; I, J e K) fragmento de Mollusca, Bivalvia; L, M e N) fragmento de Mollusca, Gastropoda; O) escama de Perciformes; P) ossos mandibulares de Perciformes; Q) Matéria Orgânica Não Definida (MOND); R - T) fragmentos de rede de pesca.

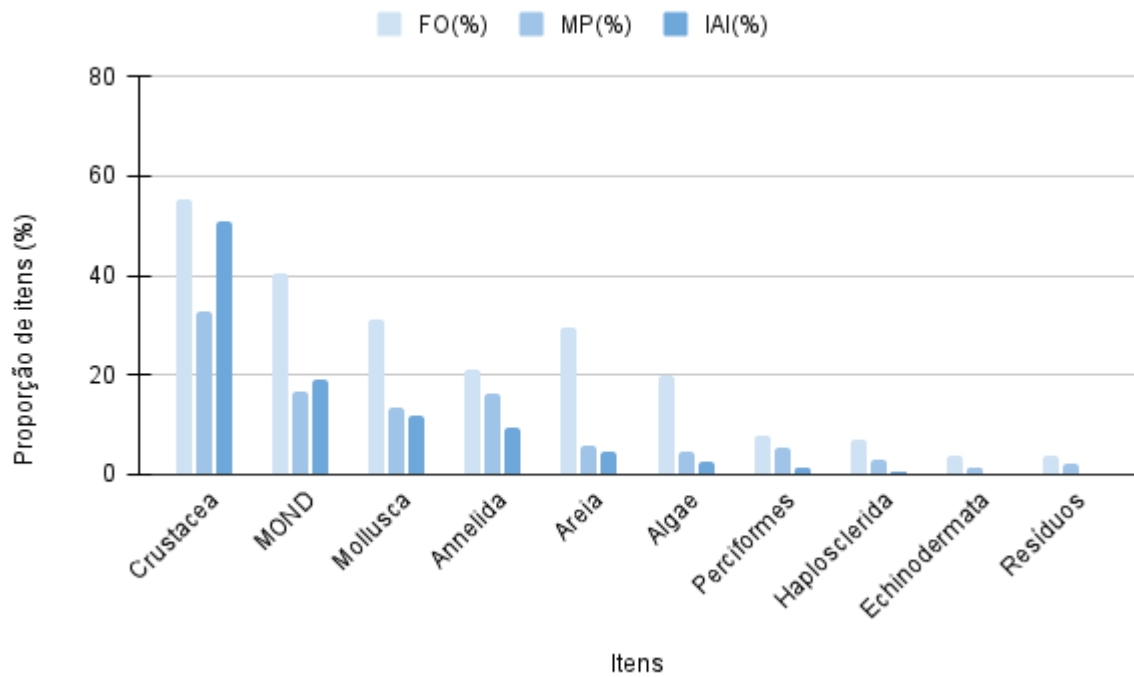


Figura 17: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos dos machos de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida.

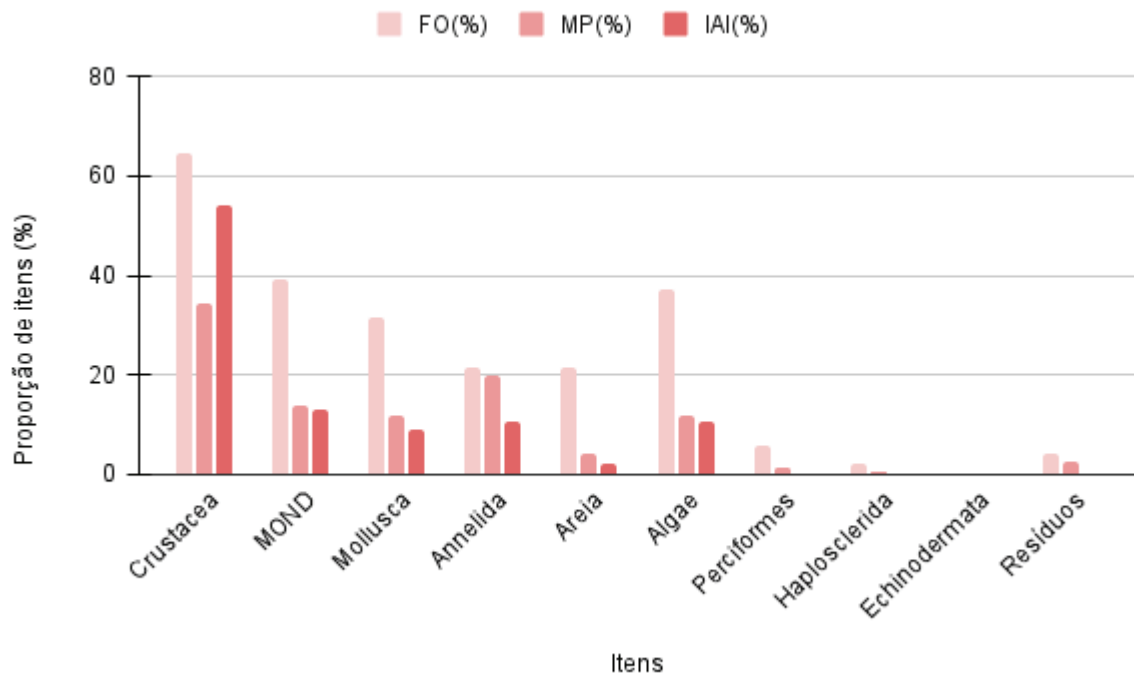


Figura 18: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos das fêmeas de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida.

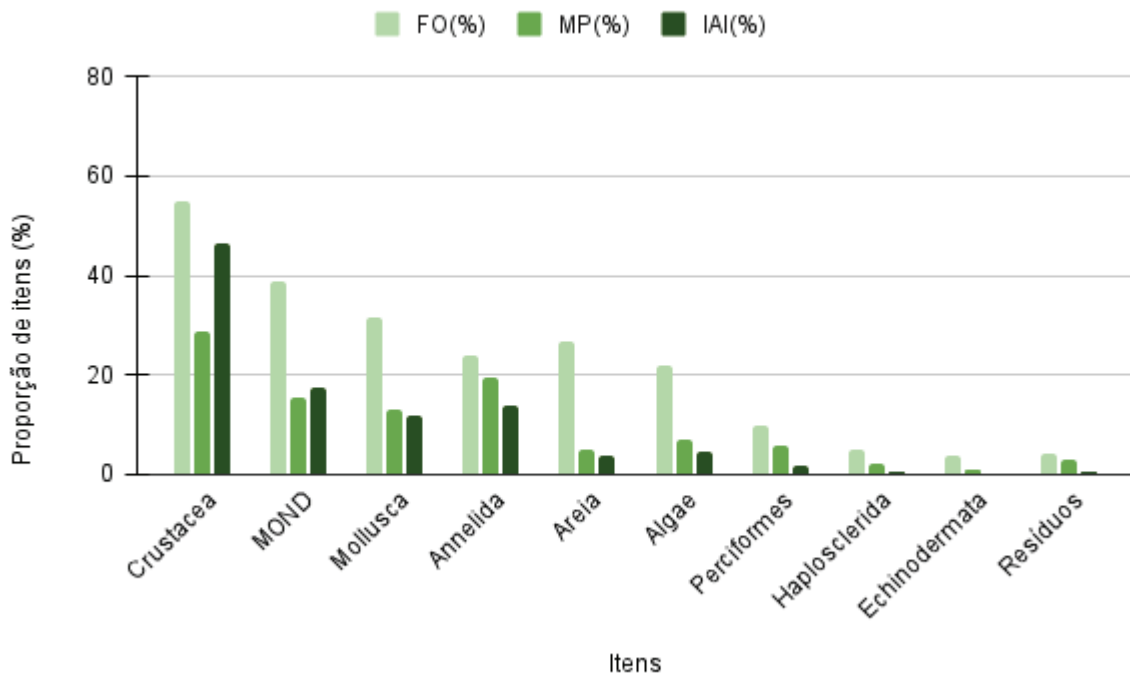


Figura 19: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos de indivíduos jovens de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida.

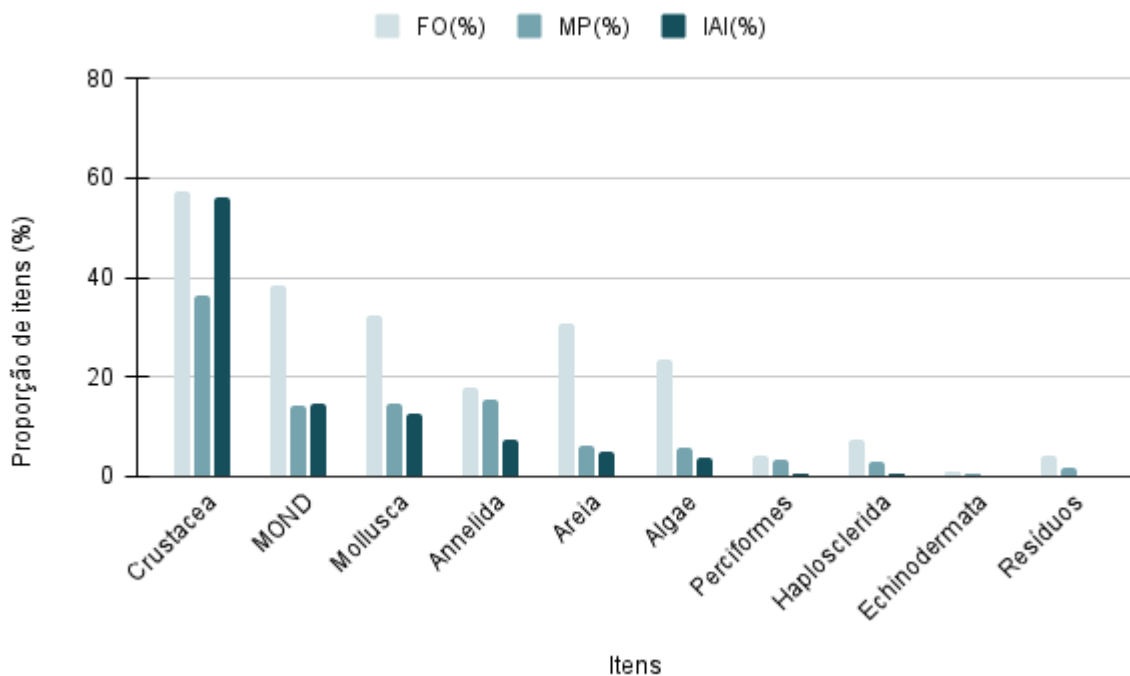


Figura 20: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos de indivíduos adultos de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida.

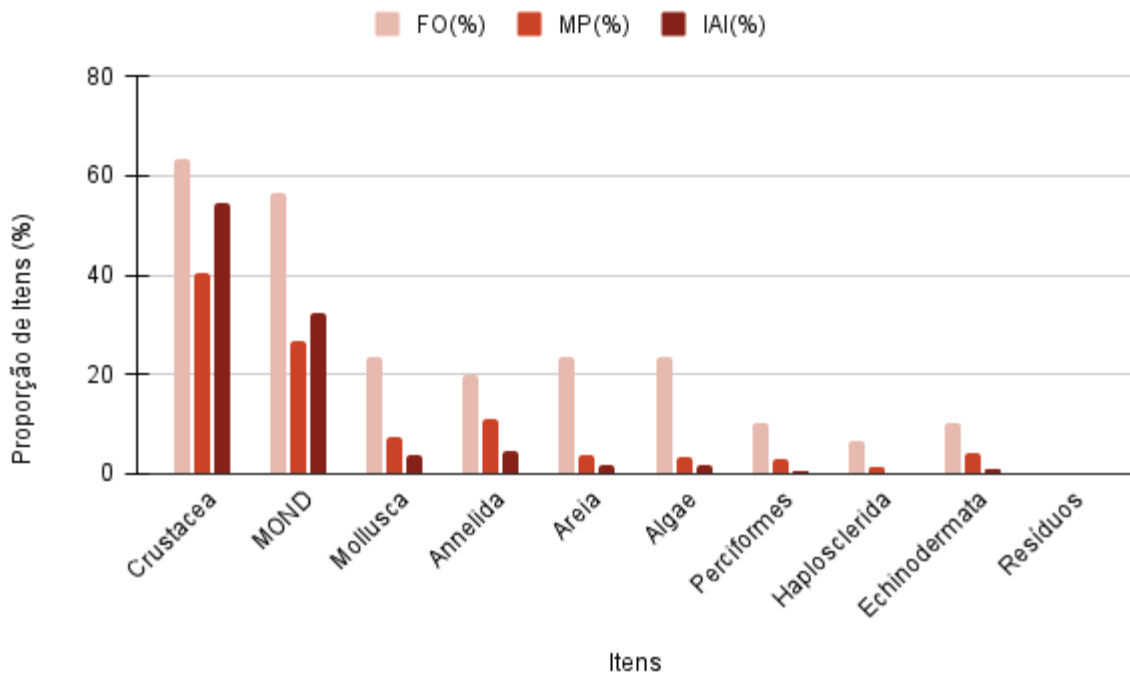


Figura 21: Frequência de Ocorrência (FO), Método de Pontos (MP) e Índice de Importância Alimentar (IAI) dos itens alimentares encontrados nos estômagos de indivíduos velhos de *Charybdis hellerii*. MOND = Matéria Orgânica Não Definida.

Com base nos dados acima, nota-se que *C. hellerii* apresentou preferência pela ingestão dos crustáceos, principalmente os Brachyura, seguido pela ingestão de bivalves (Figura 17, 18, 19, 20 e 21).

Não foram registradas diferenças significativas no padrão de consumo alimentar entre machos e fêmeas ( $F=0.999$ ,  $p= 0.375$ ) (Figura 17, Anexo 7) e nem entre as etapas de desenvolvimento ontogenético ( $F=0.850$ ,  $p=0.575$ ) (Figura 18, Anexo 8).

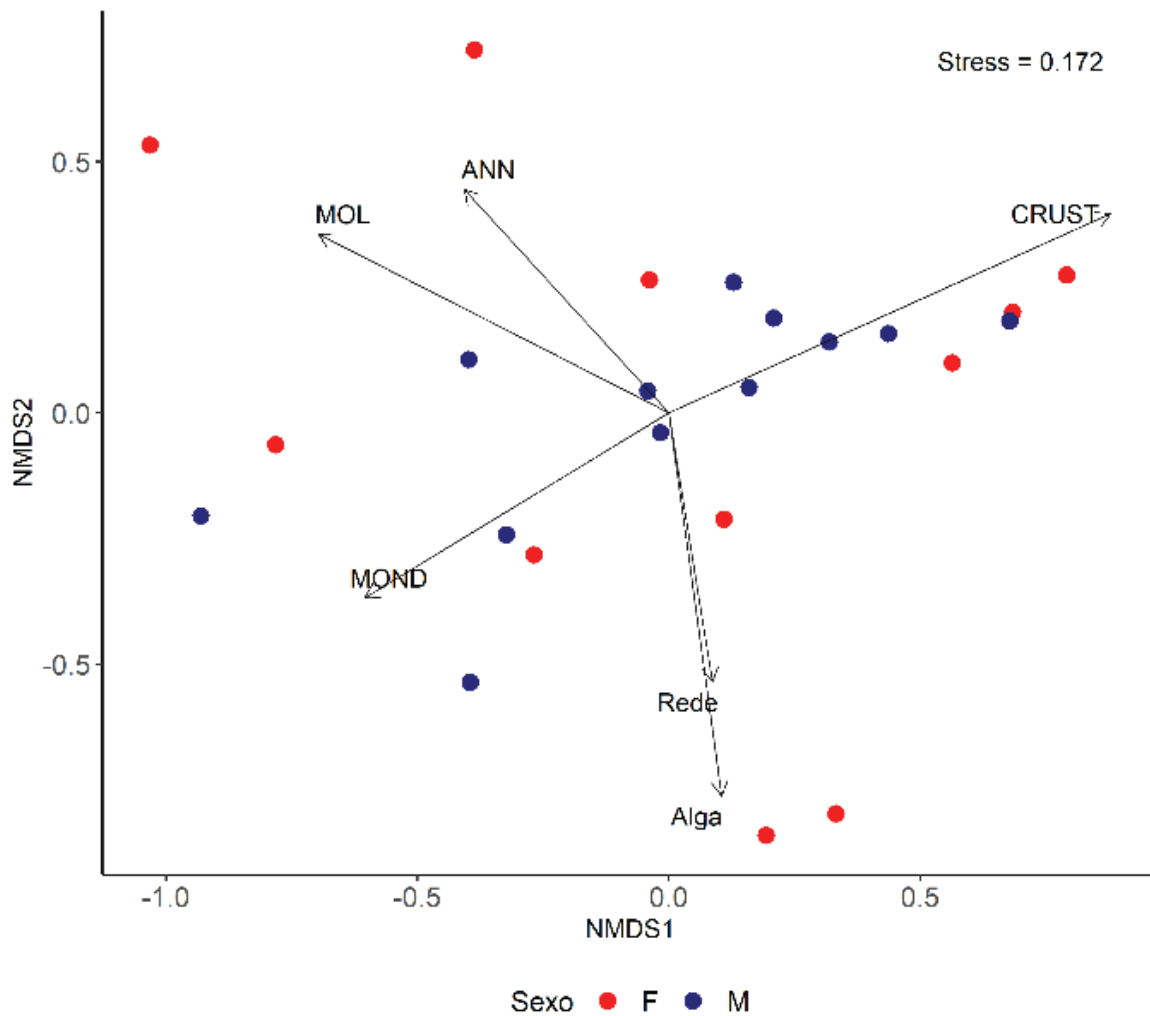


Figura 22: Ordenação (NMDS) dos indivíduos de *Charybdis hellerii* em função do sexo. Mol = molusco, ANN = anelídeo, Crust = crustáceo, MOND = Matéria Orgânica Não Definida, Rede = fragmento de redes de pesca.

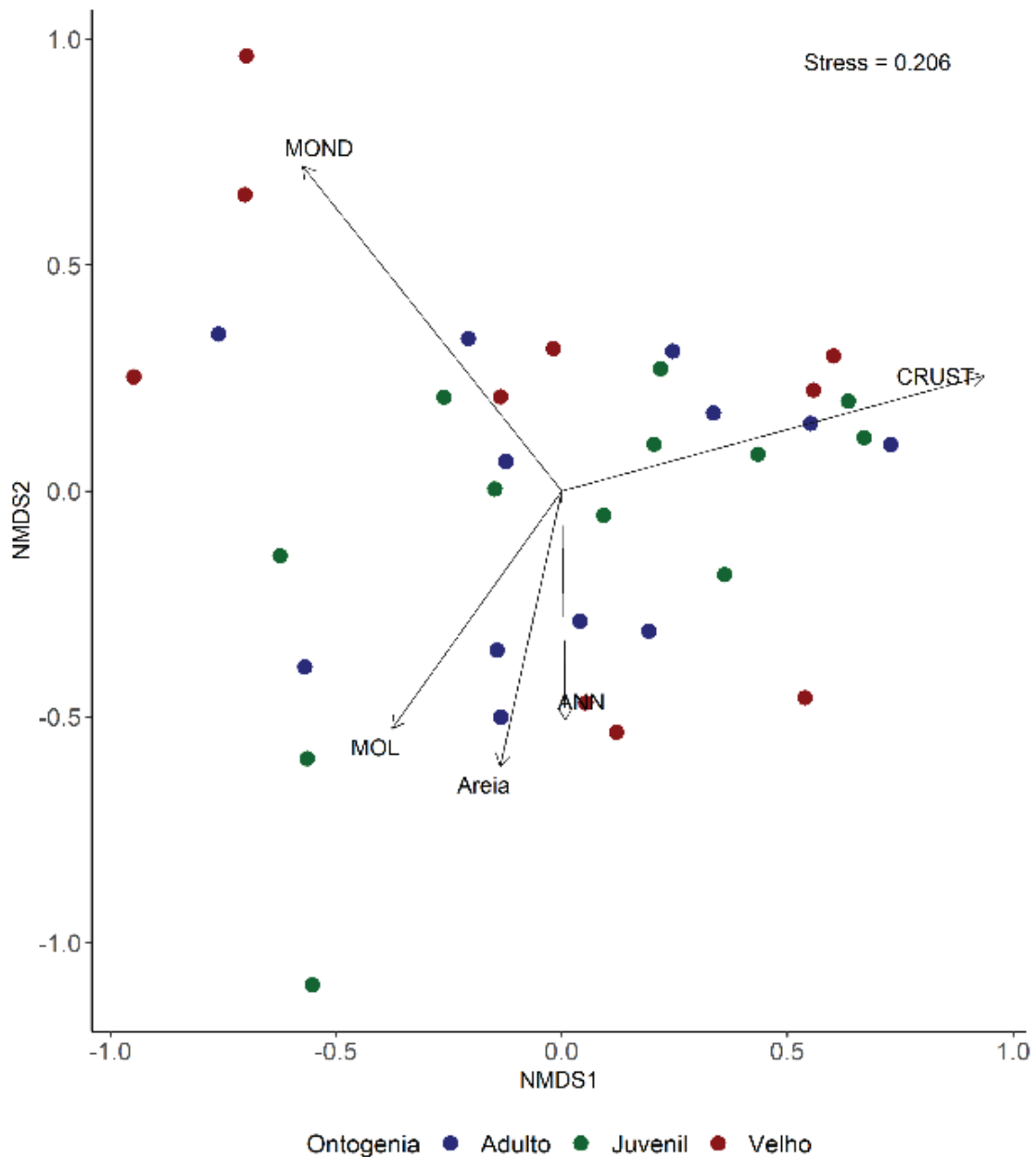


Figura 23: Ordenação (NMDS) dos indivíduos de *Charybdis hellerii* em função da ontogenia. Mol = molusco, ANN = anelídeo, Crust = crustáceo, MOND = Matéria Orgânica Não Definida, Rede = fragmento de redes de pesca.

Embora não haja diferença significativa na importância alimentar entre os grupos testados, os siris juvenis e adultos consumiram mais moluscos, em especial presas da família Bivalvia (Figura 19 e 20). Já indivíduos velhos demonstram preferência pelos Brachyura (Figura 21); enquanto os juvenis utilizaram presas mais diversificadas. Os machos apresentaram maior espectro trófico que as fêmeas, embora essa diferença não tenha sido significativa.



### Percepção dos maricultores sobre os impactos de *C. hellerii* no cultivo de bivalves

Dos 21 maricultores entrevistados, todos mencionaram que ocorrem prejuízos significativos nos cultivos, principalmente ocasionado por predadores naturais (100%) e/ou doenças e parasitas (80%) (Figura 19).

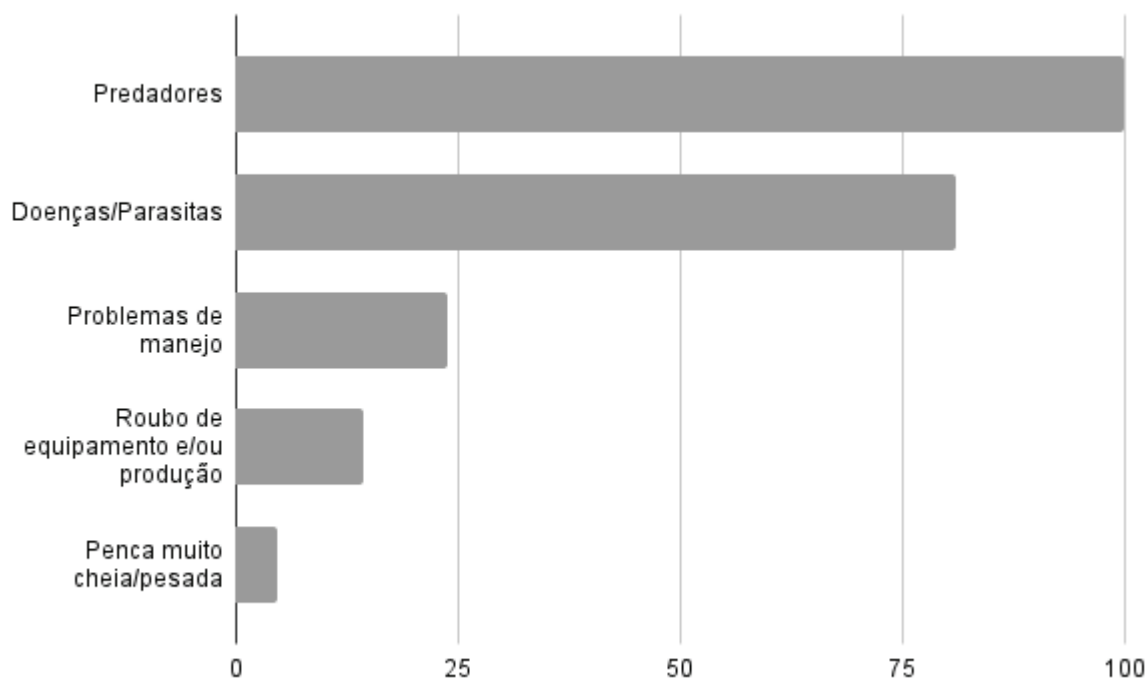


Figura 24: Possíveis causas relacionadas às perdas no cultivo de bivalves observadas pelos maricultores na Armação do Itapocoroy. N= 21.

Dentre os predadores naturais, os peixes foram citados como os que causam as maiores perdas na maricultura (80%), seguido dos siris (34%) (Figura 20), especialmente no verão. Enquanto que a ação dos gastrópodes é mais evidente nos meses de outono e primavera, enquanto as tartarugas atuam ao longo do ano e baixa frequência.

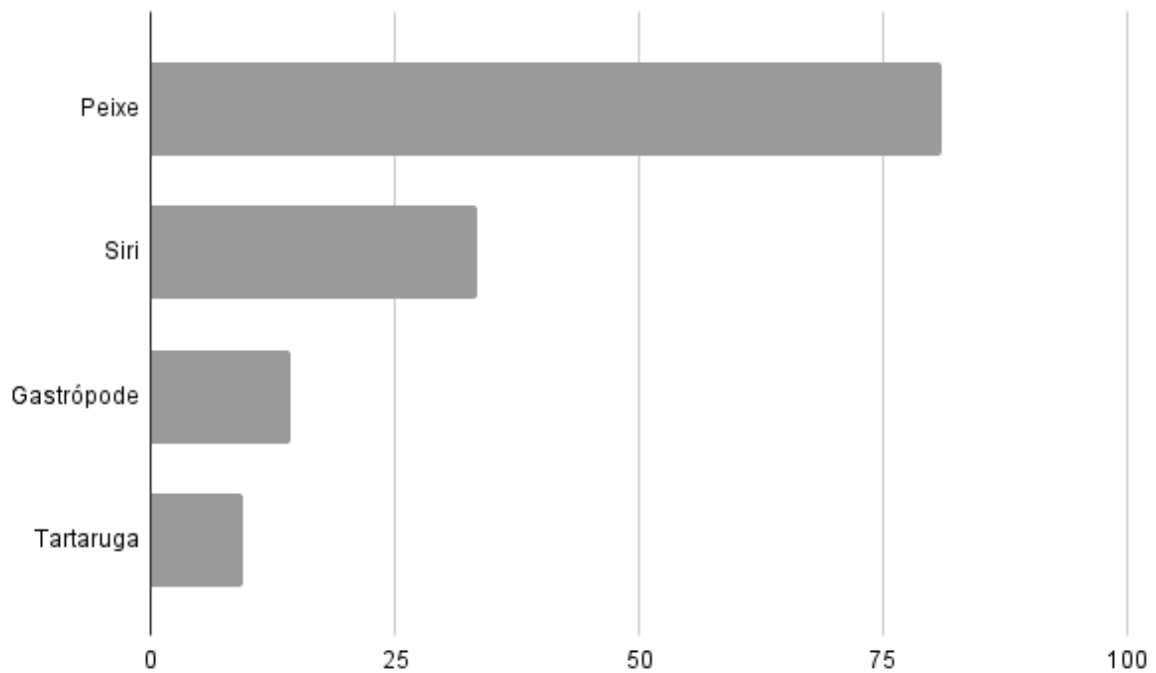


Figura 25: Predadores mais frequentes no cultivo de bivalves observadas pelos maricultores na Armação do Itapocoroy. N= 21.

A maioria dos maricultores (47,6%) acreditam que metade da produção seja afetada por uma das causas indicadas na Figura 19, enquanto para 33,4% dos entrevistados, menos de 10% é afetada por alguma das causas investigadas (Figura 21).

Cerca de 57% dos entrevistados afirmaram utilizar redes de emalhe para envolver a produção, evitando danos e perdas nos cultivos, além de manejar constantemente a produção. Outros 43% acreditam que não existem métodos alternativos, e no caso dos siris, mesmo nas pencas e lanternas de cultivo protegidas, os siris muito pequenos ou na forma larval conseguem adentrar, crescer e se alimentar do cultivo.

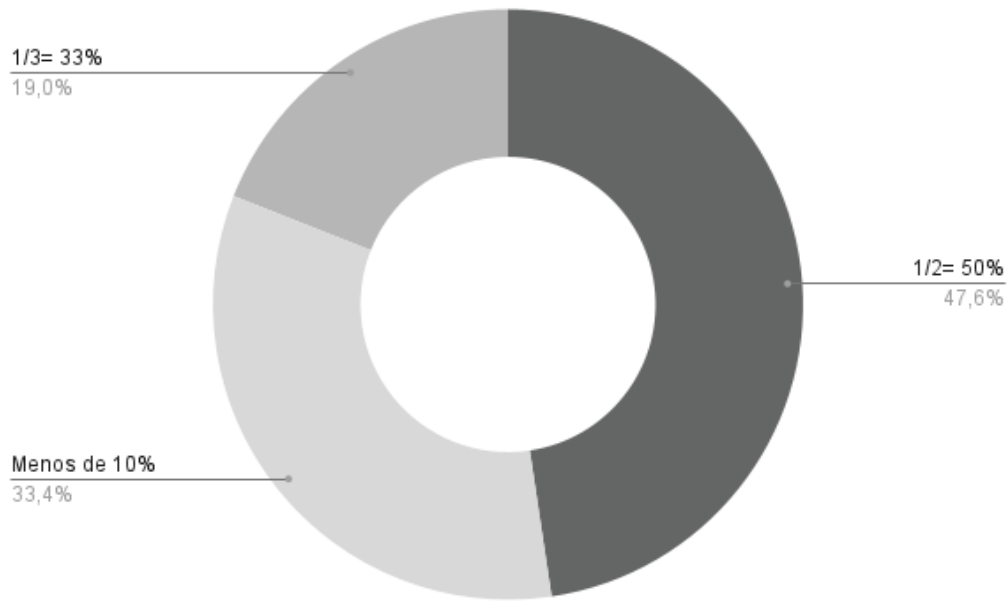


Figura 26: Estimativa da perda por ciclo de produção segundo os maricultores da Armação do Itapocoroy. N= 21.

Questionados sobre as espécies encontradas no cultivo, os maricultores foram indagados sobre a presença desses indivíduos com o auxílio de uma prancha contendo seis espécies diferentes mais relatadas na região. Os dados indicam que a espécie de siri mais presente no cultivo é a invasora *C. hellerii* (71%), seguido das espécies nativas *Cronius ruber* (61%), *Arenaeus cribrarius* (52%), *Callinectes ornatus* (47%) e o caranguejo *Menippe nodifrons* (42%) (Figura 22).

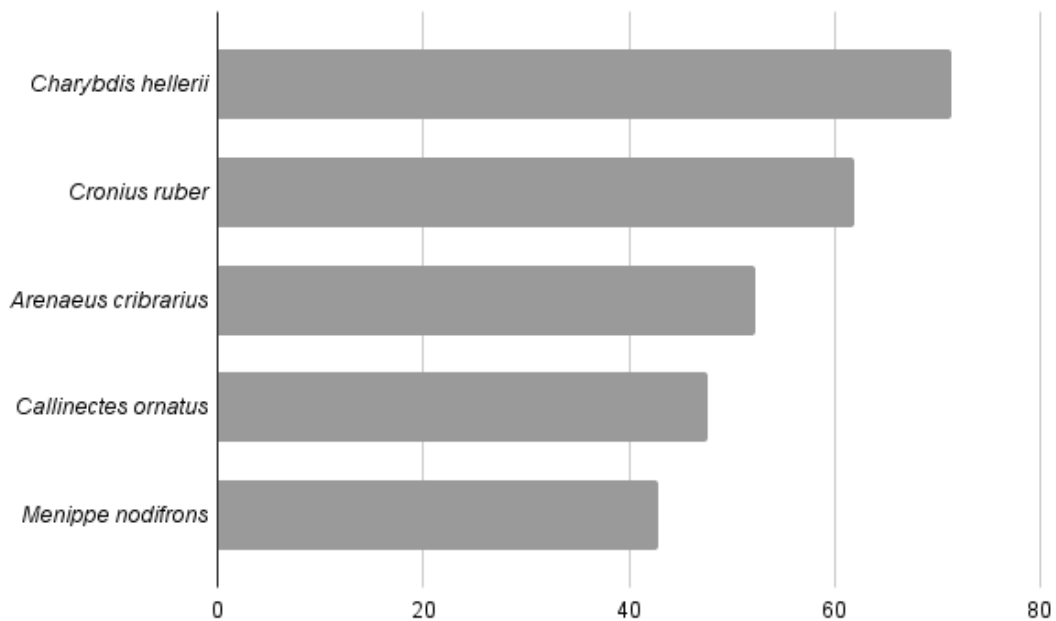


Figura 27: Espécies de siris que mais predam o cultivo de bivalves observadas pelos maricultores na Armação do Itapocoroy. N= 21.

## 5. DISCUSSÃO

A presença de diversas classes de tamanhos de fêmeas adultas, ovígeras e altas densidades de machos jovens, adultos e velhos ao longo de todo ciclo anual amostrado, demonstram que *C. hellerii* apresenta uma população autossustentável e bem estabelecida na região de Penha, superando a barreira de estabelecimento identificada no estudo de Sant'anna et al. (2015) há uma década.

No local estudado, *C. hellerii* compete por espaço com *Cronius ruber* e *Menippe nodifrons*, uma vez que todas são crípticas, ocupando locais com substratos rochosos (Le Loeuff & Intès, 1968; Bert, 1992). Já *Callinectes ornatus* e *Portunus spinimanus* não sofrem esta pressão por preferirem ambientes arenosos (Branco et al., 2002; Branco & Fracasso, 2004).

Por ser alvo da pesca extrativista para consumo local, moradores se queixam que poucos indivíduos de *M. nodifrons* tem sido capturado, e que só *C. hellerii* tem sido abundante nos últimos anos, evidenciando uma possível queda na abundância de espécies nativas, observado também pela captura de poucos exemplares de *M. nodifrons* e *C. ruber*.

Em relatos de ocorrência da invasora no Paraná, *C. hellerii* também têm deslocado e reduzindo a população de *M. nodifrons*. Na Baía de Todos os Santos (BA) estima-se que *C. hellerii* seja mais abundante que a nativa *Callinectes larvatus* (Carqueija, 2000). Aparentemente, o efeito que a ampla variação na distribuição dos estágios de vida da espécie invasora em consonância com relatos de moradores, maricultores e pescadores locais, de que poucos indivíduos nativos têm sido encontrados, parece influenciar diretamente na diminuição das espécies nativas dentro da área amostrada.

### 5.1. Dinâmica populacional

A população de *C. hellerii* no local estudado apresenta aproximadamente cinco vezes mais machos que fêmeas. A proporção sexual pode variar a partir das características físicas do ambiente (profundidade da água, temperatura e salinidade), e depende do período, local onde a amostragem é realizada (Baeta, 2006).

De acordo com as amostragens, o deslocamento e exploração do habitat tende a ser diferente entre sexos, fases ontogênicas e estágio de reprodução. Assim o predomínio dos machos de *C. hellerii* pode estar relacionado com a oviposição das fêmeas, que reduzem a ingestão de alimentos e se deslocam para ambientes mais salinos (Sant'Anna et al., 2012), mantendo-se ocultas no substrato (Hines et al., 1987; Sant'anna et al., 2012). Esse

comportamento, provavelmente fornece uma melhor proteção das fêmeas contra predadores, maximizando o sucesso da prole (Pita et al., 1985; Branco & Masunari, 2000). Embora menos ativas, a proporção de fêmeas ovígeras ao longo do ano na área de estudo foi elevada, possivelmente influenciadas pelas características do habitat.

Dentre as características que parecem favorecer o estabelecimento de *C. hellerii* no litoral sul do Brasil, destaca-se o recrutamento contínuo de jovens em decorrência da presença de fêmeas ovígeras ao longo do ano. Além disso, em levantamento anterior na Penha (2009 – 2010), a população de *C. hellerii* apresentou uma largura média de carapaça de 65mm (Sant’anna et al., 2015). Esse tamanho se manteve inalterado no presente estudo, indicando que a população havia superado a fase de latência na década passada, permitindo abrigar indivíduos adultos, maduros, e juvenis ao mesmo tempo. Condição essa que propicia a disseminação de propágulos para novas áreas, ampliando sua distribuição geograficamente, dificultando as chances de controle e erradicação (Lockwood et al., 2005).

Espécies do gênero *Charybdis* na sua área nativa, geralmente são maiores que nas regiões invadidas, apresentando largura de carapaça entre 30,7 a 98,2mm (machos) e 36,3 a 81,8mm (fêmeas) na Baía de Hakata no Japão (Kobayashi & Vazquez-Archdale, 2018). No entanto, as médias registradas para *C. hellerii* no presente estudo, e em outras regiões do litoral brasileiro são menores (Bolños et al., 2012, Sant’anna et al., 2015). Invasões biológicas têm evidenciado o decréscimo no tamanho dos invertebrados marinhos invasores (Grosholz & Ruiz, 2003). Esse parece ser o caso quando indivíduos de populações de *C. hellerii* amostrados no Brasil são comparados com indivíduos do mesmo gênero nos seus ambientes nativos.

Machos de *C. hellerii* apresentaram crescimento alométrico positivo, enquanto que as fêmeas isométrico ( $b=3$ ), e tendem alcançar tamanho superior ao das fêmeas, já que a maturação dos testículos demanda menor gasto de energia (Noori et al., 2015). As fêmeas estão aptas a reproduzir com tamanhos de  $\geq 34$  mm, além do desenvolvimento dos ovários, investem na formação dos gametas e proteção da massa de ovos até fase final de desenvolvimento embrionário (Llodra, 2002), quando as gônadas já estão prontas para uma nova fecundação.

Pela análise da proporção de fêmeas nos diversos estádios de desenvolvimento gonadal pode-se considerar que *C. hellerii* está ativo reprodutivamente durante todo o período amostrado. As 59 fêmeas amostradas estavam com o abdômen livre dos externitos torácicos, indicando que morfologicamente todas estavam em condições reprodutivas (Sant’anna et al., 2015).

As fêmeas de *C. hellerii* realizam múltiplas desovas, podendo num evento de cópula armazenar espermatóforos para fecundação de até cinco desovas (Watanabe et al., 2022). Além

disso, essa espécie invasora pode ser inseminada com a carapaça rígida, se opondo as nativas que necessitam de período de muda para cópula (Branco et al., 1990; Pinheiro & Fransozo, 2002).

O maior número de fêmeas maduras no verão revela que a estação seja provavelmente o período de maior atividade reprodutiva, como para espécies nativas de siri (Branco & Masunari, 2000). Ao amostrar fêmeas ovígeras no mesmo local de estudo há 12 anos, Sant'anna et al. (2015) encontraram picos de abundância nos meses mais quentes, estatisticamente relacionados com altas temperaturas. Este achado se opõe ao padrão descrito no presente estudo, tendo em vista que foram encontradas fêmeas de *C. hellerii* reproduzindo ao longo do ano. Com base nesta constatação, após uma década da realização do primeiro estudo na região, a biologia reprodutiva da espécie parece mudar, evidenciando a tendência de ampliação na constância de liberação de larvas.

## 5.2. Desenvolvimento embrionário e fecundidade

A população de *C. hellerii* estudada apresentou potencial reprodutivo ao longo do ano, independente das condições ambientais (temperatura e salinidade), sazonalidade, além de desenvolvimento embrionário bastante eficiente e rápido. É possível que essa estratégia tenha evoluído após a invasão local, uma vez que há uma década, ainda apresentava variações sazonais de ocorrência de fêmeas ovígeras (Sant'anna et al., 2015), assim como no local de origem, a espécie apresentava reprodução sazonal (Stephenson et al., 1957; Crosnier, 1962). Essa constatação auxilia na compreensão dos mecanismos biológicos que favorecem o processo de estabelecimento de espécies invasoras e lança uma preocupação com relação a esta espécie.

O desenvolvimento embrionário de espécies economicamente importantes como *C. feriata*, *C. japonica* e *C. bimaculata* foi previamente descrito (Xu et al., 2013; Soundarapandian et al., 2013; Nawer et al., 2022). Esses estudos são necessários, uma vez que as espécies invasoras exibem uma grande variedade de estilos de vida, sistemas de acasalamento, comportamentos sociais e parcerias simbióticas (Baeza & Fuentes, 2013; Alves et al., 2019). Assim, os estágios de desenvolvimento embrionário I e II de *C. hellerii* foram caracterizados pela diferenciação celular, que em embriões de crustáceos começa logo após a gastrulação e requer um enorme gasto de energia (Soundarapandian et al., 2013b).

No presente estudo, é possível visualizar uma membrana adicional nos ovos de *C. hellerii*, que provavelmente deva proteger ainda mais o crescimento dos ovos, permitindo que



sobrevivam em condições ambientais estressantes. Foram visualizados uma estrutura e ornamentação externa das membranas circundantes nos ovócitos vitelogênicos de *C. hellerii* investigados no estudo de Al-Kandari et al. (2021), evidenciando que estas estruturas são desenvolvidas antes da fecundação dos ovos da espécie.

Os vários estágios embrionários encontrados no mesmo mês em Penha aparentam um rápido desenvolvimento até a eclosão, necessitando de experimentos para confirmar se chega ser mais rápido que os 13 dias demonstrados por Dineen et al. (2001), o que favorece um acelerado e contínuo ciclo reprodutivo.

Além disso, no presente estudo, a partir do estágio VI foi possível verificar que os ovos de *C. hellerii* eclodem com reservas de vitelo. Acredita-se que haja uma reserva vitelínica de aproximadamente 10% do volume de vitelo inicial. Este resultado sugere que as larvas possuam uma independência de alimentos exógenos após a eclosão. Esta estratégia combinada com os ovos relativamente grandes de *C. hellerii*, como em outros *Charybdis* sp., faz com que a espécie produza larvas maiores e com mais reserva energética (Dineen et al., 2001; Doi et al., 2008). Deste modo, as larvas possuem vantagem em não precisar forragear no momento imediato em que são expostas ao ambiente, o que permite uma independência parcial de fontes externas de suprimentos, podendo responder de forma rápida e eficaz às mudanças temporais e espaciais (Rabalais & Gore, 2017), influenciando assim sua capacidade de invadir novos ambientes.

As fêmeas de *C. hellerii* atingiram a maturidade sexual em tamanhos pequenos em Penha ( $\geq 34$  mm CW) e geraram mais de 150.000 ovos por ninhada. Esse elevado volume de ovos é similar a *Portunus segnis* em ambientes invadidos, e pode contribuir com o sucesso de invasão (Hamida et al., 2022). O aumento do peso da massa de ovos com o aumento do peso e tamanho corporal das fêmeas, reflete a disponibilidade de espaço para o crescimento e armazenamento dos ovos pelas fêmeas. Isso tem implicações diretas na quantidade de ovos que uma fêmea pode carregar. Além disso, sabendo que *C. hellerii* pode produzir até cinco ninhadas por cópula (Watanabe et al., 2022), o número de ovos possivelmente diminua com a redução da reserva espermática conforme as desovas subsequentes acontecem.

Nossos resultados sugerem que o desenvolvimento dos ovos de *C. hellerii* acontece de forma acelerada, aproximadamente a cada três dias evoluam de um estágio para outro até a eclosão, visto que experimentos de laboratório foram necessários cerca de 13 dias para a eclosão dos ovos (Dineen et al., 2001). Fatores como temperatura e salinidade da água não afetaram o tamanho dos ovos da espécie na região estudada. Resultado similar foi encontrado para *Ovalipes trimaculatus* (Martelli & Baron, 2021) enquanto *Callinectes sapidus*, *Necora*

*puber* e *Portunus trituberculatus* apresentaram influência dessas variáveis (Costlow & Bookhout 1959; Hamasaki et al., 2003; Valdes et al., 2009).

A fecundidade de crustáceos decápodes tem uma correlação positiva com o tamanho e peso corporal (Erdman & Blake, 1988), mas podem sofrer variações devido ao número desovas na temporada reprodutiva (Wu et al., 2010), variação natural (Doi et al., 2008), condições de armazenamento das capturas no momento da amostragem ou estágio de desenvolvimento embrionário (Branco & Ávila, 1992). Neste estudo, verificamos que a fecundidade apresentou fortes correlações com BW e CW, mas com elevadas variações no número de ovos por fêmeas de mesma classe de tamanho.

Sob condições ambientais constantes, a variabilidade no tamanho do ovo e biomassa do caranguejo *Chasmagnathus granulata* teve correlação positiva com o tamanho da fêmea (Gimenez & Anger, 2001), impedindo maiores variações em sua fecundidade. No caranguejo *Eriocheir japonica* o tamanho dos ovos varia dentro da época de reprodução; ovos grandes são gerados e desenvolvidos em baixa temperatura e ovos pequenos em alta temperatura (Kobayashi & Matsuura, 1994), evidenciando claramente que o pico de maior fecundidade se encontra nos períodos de calor.

O aumento no diâmetro dos ovos ao longo do período embrionário como em outros portunídeos é decorrente do desenvolvimento dos apêndices torácicos e olhos (Nawer et al., 2022). A variação de tamanho de ovos de *C. hellerii* no ambiente invadido foi evidente entre os estágios iniciais e finais, porém, nem a relação do tamanho corporal com o diâmetro do ovo, nem os fatores abióticos tiveram influência na variação da fecundidade durante os meses amostrados, provavelmente pela capacidade de realizar múltiplas desovas (Watanabe et al., 2022), reduzido com esgotamento da reserva espermática de cada fêmea (Wu et al., 2010).

Em baixas latitudes, com temperaturas mais elevadas e constantes, a sobrevivência larval tende a ser maior (Lardies & Castela, 2001), porém, sofrem maior mortalidade por predação estando em um ambiente de maior diversidade e com indivíduos mais ativos. Assim, apesar de espécies invasoras vindas de altas latitudes serem beneficiadas com esse ambiente, acabam sendo prejudicadas pela alta predação, porém, no caso específico de *C. hellerii*, os vários eventos de desovas poliandricos parecem compensar esta barreira predatória, fornecendo larvas constante ao ambiente e de maior variabilidade genética.

### 5.3. Alimentação natural e o impacto de *C. hellerii* na maricultura

Espécies da família Portunidae têm sido investigadas pelas profundas mudanças que causam na organização e funcionamento dos ecossistemas, visto que espécies-chave capazes de controlar o fluxo de energia em ambientes invadidos (Lockwood et al., 2007). Mais do que a relação entre o comportamento reprodutivo e o forrageamento, a dieta também está associada ao sucesso e gravidade da invasão (Zhang et al., 2010). A capacidade de atingir elevadas densidades populacionais de forma rápida e eficaz pode ser explicada pela facilidade em se adaptar a diferentes fontes alimentares (animais e vegetais) e a capacidade de refinar seu comportamento alimentar durante o período de estabelecimento, preferindo alimentos que forneçam melhores fontes de energia.

Fêmeas de *C. hellerii* apresentaram maior proporção de estômagos cheios que os machos, especialmente as ovígeras que podem estocar energia para a reprodução (Tuomi et al., 1983). Esta estratégia estaria sustentada por duas hipóteses relacionadas à disponibilidade de alimento. A primeira seria de que a alimentação da fêmea acontece de forma contínua enquanto ovada (Brown, 2009), o que parece ser o caso em Penha, permitindo que a fêmea obtenha energia suficiente para fecundar e desenvolver seus ovos. Já a segunda hipótese estaria relacionada com intervalo de tempo entre as desovas, de forma que maiores intervalos permitiriam que a fêmea obtivesse energia suficiente para depositar seus ovos nos pleópodos com sucesso, sem necessidade de ir à procura de alimento enquanto ovada (McLay & Becker, 2015).

*C. hellerii* teve sua dieta caracterizada como mesopredador onívoro generalista, se alimentando principalmente de crustáceos, moluscos e anelídeos. Dietas semelhantes foram observadas em outros portunídeos invasores pelo mundo, como em *Carcinus maenas* (Siegenthaler et al., 2022), *Callinectes sapidus* (Prado et al., 2022) e *Cronius ruber* (Triay-Portella et al., 2022). Essas espécies são capazes de provocar uma pressão ecológica nos ecossistemas marinhos devido aos impactos associados ao estabelecimento, que envolve a predação de presas específicas, e interação trófica com diversas espécies que afetam a produtividade e riqueza de espécies, conseqüentemente, forçando predadores nativos a alterarem sua dieta (Ricklefs, 2008; Kotta et al., 2018).

Além de conhecer as importantes relações entre as ligações de rede alimentar presentes nos ecossistemas costeiros e passagem de energia entres os níveis tróficos, a análise do conteúdo estomacal atrelado às variações sazonais possibilita a melhor compreensão da

dinâmica geral do ambiente e possibilita elaborar estratégias de manejo e, principalmente, executá-las em períodos de baixo forrageamento (Triay-Portella et al., 2022).

De acordo com o presente estudo não foi observada diferença significativa entre a dieta machos e fêmeas, nem ao longo do desenvolvimento ontogenético, embora seja possível verificar maior importância de consumo de crustáceos e bivalves para a população em geral. Esses resultados indicam uma homogeneidade na dieta com a ontogenia, ou seja, jovens e adultos que se alimentam dos mesmos recursos que os portunídeos nativos (Branco et al., 2002, Madambashi et al., 2005), o que se torna preocupante, considerando a potencial sobreposição de nicho trófico, que podem causar impactos diretos e indiretos em populações nativas e no equilíbrio ecossistêmico local.

A uma década atrás, algas configuravam como o terceiro item alimentar preferido de *C. hellerii* em Penha (Sant'anna et al., 2015). No presente estudo, esta preferência se dá por poliqueta, que anteriormente era o quinto item mais abundante. A presença de algas, embora com importância intermediária, pode refletir o consumo acidental em razão da forma de exploração de habitat pela espécie. Resultados similares foram encontrados para *Cronius ruber* e atribuídos ao tipo de habitat ocupado e preferência de locais para forrageamento (Triay-Portella et al., 2022). *Liocarcinus puber* e *L. holsatus* também apresentaram consumo elevado de algas, sendo considerado como fonte alimentar principalmente nos meses mais quentes, relacionado ao período de muda (Choy, 1986). Ao longo do ano amostral não foi coletado ou visualizado indivíduos de *C. hellerii* em período de muda. Isso pode reforçar a hipótese de que a população ocupe locais diferentes durante as fases de desenvolvimento e reprodução.

Apesar de não ocorrer diferenças significativas na dieta ao longo do desenvolvimento ontogenético, nota-se que os siris de maior de tamanho tendem a consumir menos moluscos, preferindo mais os crustáceos, fazendo com que o consumo de presas diminua, por predação de itens mais energéticos. Já os indivíduos menores, forrageiam bivalves, provavelmente por consumir menos energia na manipulação, sabendo que os juvenis necessitam se alimentar mais para seu crescimento.

Maricultores de Penha identificam pequenos indivíduos de *C. hellerii* se alimentando do cultivo de bivalves, e estimam que possam trazer prejuízos de cerca de 50% de sua produção. Embora não seja possível estimar a contribuição específica da espécie invasora sobre os cultivos, através do questionário, é possível acompanhar potenciais problemas associados a essa interação. Frigotto e Serafim-Junior (2007) relatam encontrar pequenos indivíduos de *C. hellerii* na produção de ostra, medindo entre 20 e 30mm.

Em Penha, os produtores relatam que os indivíduos adentram a lanterna ainda em forma de larva, se alimentando e crescendo até o período de manejo no verão. Pescadores comerciais na Nova Zelândia relataram a captura de grandes números da invasora *C. japonica*, sendo a maioria dos indivíduos significativamente menores durante o inverno (Hilliam & Tuck, 2022). Dentre as alternativas para diminuir as perdas, os maricultores afirmam que a melhor forma é manejar com mais frequência e envolver a produção com redes de emalhe, já que a presença dessa espécie em grande quantidade nos cultivos resulta na baixa qualidade dos bivalves e queda da produtividade.

No presente estudo, foram observados 11 indivíduos com elevada quantidade de fragmentos filamentosos de rede de pesca, sendo alguns deles grandes o suficiente para preencher a cavidade estomacal dos indivíduos. A região apresenta incidência elevada de pescadores e maricultores, e muitas redes de pesca são perdidas ou abandonadas submersas quando enroscadas em rochas. Como a invasora possui hábitos crípticos e se aloja embaixo de rochas, há aumento do potencial de ingestão acidental destes itens.

A ingestão de microplásticos afeta tanto a saúde quanto a aptidão dos organismos marinhos, normalmente por meio da redução da aptidão por alimentos, diminuição da síntese de nutrientes e inanição (Galgani et al., 2010). Wójcik-Fudalewska et al. (2016) encontraram filamentos de rede de pesca em cerca de 13% dos estômagos analisados do caranguejo *Eriocheir sinensis* das águas costeiras do Báltico na Polónia e do estuário do Tejo em Portugal. Crooks et al. (2019) sugere que a ingestão de microplásticos resulta em altas taxas de adsorção de compostos tóxicos - hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, que podem bioacumular em organismos (McLeod et al., 2015).

Apesar de *C. hellerii* não necessitar de preocupação quanto sua preservação, evidências de consumo de fragmentos de redes e plásticos demonstram que a área esteja sob pressão de uso antrópico relacionado ao turismo e pesca, com grande potencial de afetar animais marinhos nativos e a própria população que consome os produtos derivados da pesca. Os impactos causados por estes poluentes, ainda são pouco estudados, mas é importante que as pessoas preservem melhor os ambientes, principalmente os turistas, moradores e pescadores que frequentam as praias, reduzindo os impactos causados no oceano e em vários níveis tróficos em decorrência da poluição (Browne et al., 2015).

## 6. CONCLUSÕES

A população da invasora *C. hellerii* encontra-se estabelecida em Penha, e com indícios iniciais de efeitos sobre as populações de siris nativas e com potencial de prejuízos sobre a maricultura da região. A compreensão da dinâmica populacional da espécie permitiu diagnosticar seu potencial reprodutivo e de desenvolvimento, bem como entender que a região possa ser utilizada por apenas uma parcela da população durante as etapas de desenvolvimento e crescimento populacional. A presença de fêmeas com ovos ao longo de todo o ano demonstra que a espécie possa reproduzir mesmo com a carapaça dura, e que o desenvolvimento de seus ovos não tenha influência forte das características ambientais (salinidade e temperatura da água), evidenciando seu potencial de crescimento intrínseco.

A ampla composição da dieta onívora generalista de *Charybdis hellerii* demonstra que a espécie é um mesopredador que pode gerar impactos significativos em populações locais, sendo os crustáceos, moluscos e poliquetas os grupos mais vulneráveis evidenciados neste estudo. Crustáceos que dividem o mesmo hábito alimentar e vivem em ambientes similares acabam sofrendo pressão ambiental por predação e competição. Populações de moluscos podem declinar por predação, gerando efeito em cascata trófica à níveis tróficos superiores, o que pode limitar o crescimento populacional de outros invertebrados da Armação do Itapocoroy.

Aliado ao fato de que a espécie parece estar modificando seus hábitos alimentares e suas características reprodutivas com relação ao estudo realizado há uma década atrás na região, destaca-se que é preciso monitorar a população na região frente ao potencial de interferência em processos ecológicos e interações biológicas com espécies nativas. Efeitos futuros de seu estabelecimento podem incluir a competição por alimento e espaço, deslocando espécies nativas com interesse comercial, e perturbando o equilíbrio ecossistêmico na região. Recomenda-se estudos futuros que incluam a investigação dos efeitos da invasora sobre populações de siris nativos e sobre os cultivos da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbud, T.; Scalco, A.; Santos, R. & Boos, H. 2018. Registro do siri invasor *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Decapoda, Portunidae) na área de proteção ambiental do Anhatomirim, Santa Catarina, Brasil. Revista CEPSUL: Biodiversidade e conservação marinha, 7: e2018002.
- Abelló, P. 1989. Reproduction and moulting in *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Portunidae) in the northwestern Mediterranean Sea. Scientia Marina, 53(1): 127-134.
- Abreu, J. G. N.; Menezes, J. T. & Rosa, F. D. 2006. Morfologia submarina e sedimentologia da Armação do Itapocoroy, Penha, SC., 37-46p. In: Joaquim Olinto Branco & Adriano W. C. Marenzi (Org.). Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC. Editora da UNIVALI, Itajaí, SC., 292p.
- Acauan, R. C.; Branco, J. O.; Teixeira, B.; Rodrigues Filho, J. L. & Polette, M. 2018. A pesca artesanal no município de Penha (SC): uma releitura do contexto socioeconômico da atividade e da capacidade adaptativa do setor. Desenvolvimento e Meio Ambiente, 49: 150-166.
- Adelino, J. R. P.; Heringer, G.; Diagne, C.; Courchamp, F.; del Bianco Faria, L. & Zenni, R. D. 2021. The economic costs of biological invasions in Brazil: a first assessment. NeoBiota, 67: 349-374.
- Ahrenholz, D. W. & Morris, J. A. 2010. Larval duration of the lionfish, *Pterois volitans* along the Bahamian Archipelago. Environmental biology of fishes, 88(4): 305-309.
- Al-Kandari, S.; El-Sherif, S. & Hamed, S. 2021. Scanning electron microscopy of vitellogenic oocytes and spawned eggs of the portunid crab *Charybdis hellerii* (Crustacea-Brachyura) (Milne Edwards, 1867). The Journal Microscopy and Ultrastructure, 9(2): 61-66.
- Alves, D. F. R.; Lopez Greco, L. S.; Barros-Alves, S. D. P. & Hirose, G. L. 2019. Sexual system, reproductive cycle and embryonic development of the red-striped shrimp *Lysmata vittata*, an invader in the western Atlantic Ocean. PloS One, 14(1): e0210723.
- Alves, R. 2010. Biologia de *Pteria hirundo*, ostra perlífera nativa do Brasil: *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867) (Decapoda: Portunidae), um siri exótico em estruturas de cultivo de *Pteria hirundo* na Ilha de Santa Catarina/ SC/ Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 64p.
- Araújo, S. A. A.; Haymussi, H.; Reis, F. H. & Silva, F. E. 2006. Caracterização climatológica do município de Penha, SC. In: Branco, J. O. & Marenzi, A. W. C. (Org.). Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudo de caso em Penha, SC. Itajaí: Editora da UNIVALI. 11-28p.
- Baeta A.; Marques J.; Cabral H. & Pardal M. 2006. Feeding ecology of the green crab, *Carcinus maenas* (L., 1758) in a temperate estuary, Portugal. Crustaceana, 79: 1181-1193.
- Baeza, J. A. & Fuentes, M. S. 2013. Phylogeography of the shrimp *Palaemon floridanus* (Crustacea: Caridea: Palaemonidae): A partial test of meta-population genetic structure in the wider Caribbean. Marine Ecology, 34(4): 381-393.



- Barreto, A. D. V.; Batista-Leite, L. D. M. A. & Aguiar, M. C. 2006. Maturidade sexual das fêmeas de *Callinectes danae* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, Itamaracá, PE, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 96: 141-146.
- Bauer, R. T. 1985. Diel and seasonal variation in species composition and abundance of caridean shrimps (Crustacea, Decapoda) from seagrass meadows on the north coast of Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science*, 36(1): 150-162.
- Bellard, C.; Marino, C. & Courchamp, F. 2022. Ranking threats to biodiversity and why it doesn't matter. *Nature Communications*, 13(1): 2616.
- Bennett, K. L.; McMillan, W. O.; Enríquez, V.; Barraza, E.; Díaz, M.; Baca, B.; ... & Loaiza, J. R. 2021. The role of heterogenous environmental conditions in shaping the spatiotemporal distribution of competing *Aedes mosquitoes* in Panama: implications for the landscape of arboviral disease transmission. *Biological Invasions*, 23(6): 1933-1948.
- Bert, T. M. 1992. Proceedings of a Symposium on Stone Crab (Genus *Menippe*) Biology and Fisheries. Florida Marine Research Publications, 50:1-118.
- Bezerra, L. E. A. & Almeida, A. O. 2005. Primeiro registro da espécie Indo-Pacífica *Charybdis hellerii* (A. Milne- Edwards, 1867) (Crustacea: Decapoda: Portunidae) para o litoral do Estado do Ceará. *Tropical Oceanography*, 33(1): 33-38.
- Blackburn, T. M.; Pyšek, P.; Bacher, S.; Carlton, J. T.; Duncan, R. P.; Jarošík, V.; Wilson, J. R. U. & Richardson, D. M. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in ecology & evolution*, 26(7): 333-339.
- Bolaños, J. A.; Baeza, J. A.; Hernandez, J. E.; Lira, C. & López, R. 2012. Population dynamics and reproductive output of the non-indigenous crab *Charybdis hellerii* in the south-eastern Caribbean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92(3): 469-474.
- Branco, J. O. 1990. Aspectos ecológicos dos Brachyura (Crustácea: Decapoda) no manguezal do Itacorubi, SC-Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 7: 165-179.
- Branco, J. O. & Avilar, M. G. 1992. Fecundidade em *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 9(3): 167-173.
- Branco, J. O. & Fracasso, H. A. A. 2004. Biologia populacional de *Callinectes ornatus* (Ordway) na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21: 91-96.
- Branco, J. O. & Masunari, S. 2000. Reproductive ecology of the blue crab, *Callinectes danae* Smith 1869, in the Conceição Lagoon System, Santa Catarina Isle, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 60: 17-27.
- Branco, J. O. & Verani, J. R. 1997. Dinâmica da alimentação natural de *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) na Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14(4): 1003-1018.

- Branco, J. O.; Lunardon-Branco, M. J. & Souto, F. X. 2002. Estrutura populacional de *Portunus spinimanus* Latreille (Crustacea, Portunidae) na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia*, 19: 731-738.
- Brown, C. E. 2009. Ovarian morphology, oogenesis, and changes through the annual reproductive cycle of the female blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in Tampa Bay. Tese de Doutorado. University of South Florida, St. Petersburg, 58p.
- Carlton, J. T. 1996. Biological invasions and cryptogenic species. *Ecology*, 77: 1653-1655.
- Carqueija, C. R. G. 2000. Situação atual e impactos da introdução da espécie exótica *Charybdis hellerii* (Decapoda, Brachyura, Portunidae) na costa da Bahia. In: Congresso Brasileiro Sobre Crustáceos, Resumo. 66p.
- Castro, K. L.; Giachetti, C. B.; Battini, N.; Bortolus, A. & Schwindt, E. 2020. Cleaning by beaching: introducing a new alternative for hull biofouling management in Argentina. *Aquatic Invasions*, 15: 63-80.
- Choy, S. C. 1986. Natural diet and feeding habits of the crabs *Liocarcinus puber* and *L. holsatus* (Decapoda, Brachyura, Portunidae). *Marine Ecology Progress Series*, 31(6): 87-99.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. 2006. Primer. PRIMER-e, Plymouth, 866.
- Costa, T. M. & Negreiros-Fransozo, M. L. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana*, 71(6): 615-627.
- Costlow Jr, J. D. & Bookhout, C. G. 1959. The larval development of *Callinectes sapidus* Rathbun reared in the laboratory. *The Biological Bulletin*, 116(3): 373-396.
- Courchamp, F.; Fournier, A.; Bellard, C.; Bertelsmeier, C.; Bonnaud, E.; Jeschke, J. M. & Russell, J. C. 2017. Invasion biology: specific problems and possible solutions. *Trends in ecology & evolution*, 32(1): 13-22.
- Crooks, N.; Parker, H. & Pernetta, A. P. 2019. Brain food? Trophic transfer and tissue retention of microplastics by the velvet swimming crab (*Necora puber*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 519: 151187.
- Crosnier, A. 1962. Crustacea Decapodes Portunidae. *Faune de Madagascar*, 16: 1-154.
- DeRoy, E. M.; Hussey, N. E. & MacIsaac, H. J. 2020. Behaviourally-mediated learning ability in an invasive marine fish. *Biological Invasions*, 22(11): 3357-3369.
- Dineen, J. F.; Clark, P. F.; Hines, A. H.; Reed, S. A. & Walton, H. P. 2001. Life History, Larval Description, and Natural History of *Charybdis hellerii* (Decapoda, Brachyura, Portunidae), an Invasive Crab in the Western Atlantic. *Journal of Crustacean Biology*, 21(3): 774-805.
- Doherty, T. S.; Glen, A. S.; Nimmo, D. G.; Ritchie, E. G. & Dickman, C. R. 2016. Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(40): 11261-11265.

- Doi, W.; Yokota, M.; Strüssmann, C. A. & Watanabe, S. 2008. Growth and reproduction of the portunid crab *Charybdis bimaculata* (Decapoda: Brachyura) in Tokyo Bay. *J Crustacea Biol.*, (28): 641-651.
- Edgell, T. C. & Hollander, J. 2011. The evolutionary ecology of European green crab, *Carcinus maenas*, in North America. In: *In the Wrong Place-Alien Marine Crustaceans: Distribution, Biology and Impacts*. Springer, Dordrecht, pp. 641-659.
- Erdman, R. B. & Blake, N. J. 1988. Reproductive ecology of female golden crabs, *Geryon fenneri* Manning and Holthuis, from southeastern Florida. *Journal of Crustacean Biology*, 8(3): 392-400.
- Felder, D. L.; Dworschak, P. C.; Robles, R.; Bracken, H. D.; Windsor, A. M.; Felder, J. M. & Lemaitre, R. 2009. Obvious invaders and overlooked infauna: unexpected constituents of the decapod crustacean fauna at Twin Cays, Belize. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, (38).
- Fogg, A. Q.; Brown-Peterson, N. J. & Peterson, M. S. 2017. Reproductive life history characteristics of invasive red lionfish (*Pterois volitans*) in the northern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 93(3): 791-813.
- Fonteles-Filho, A. A. 1989. Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional. Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará, 296p.
- Frigotto, S. F. & Serafim-Junior, M. 2007. Primeiro registro de *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867) (Crustacea) no litoral do estado do paran . *Estudos de Biologia*, 29(67): 227-230.
- Galgani, F.; Fleet, D.; Van Franeker, J. A.; Katsanevakis, S.; Maes, T.; Mouat, J.; ... & Janssen, C. 2010. Marine Strategy Framework Directive-Task Group 10 Report marine litter do not cause harm to the coastal and marine environment. Office for Official Publications of the European Communities. 48p.
- Garbary, D. J.; Miller, A. G.; Williams, J. & Seymour, N. R. 2014. Drastic decline of an extensive eelgrass bed in Nova Scotia due to the activity of the invasive green crab (*Carcinus maenas*). *Marine biology*, 161(1): 3-15.
- Gaylord, B. & Gaines, S. D. 2000. Temperature or transport? Range limits in marine species mediated solely by flow. *The American Naturalist*, 155 (6): 769-789.
- Gimenez, L. & Anger, K. 2001. Relationships among salinity, egg size, embryonic development, and larval biomass in the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 260(2): 241-257.
- Green, S. J.; Dilley, E. R.; Benkwitt, C. E.; Davis, A. C.; Ingeman, K. E.; Kindinger, T. L.; ... & Hixon, M. A. 2019. Trait-mediated foraging drives patterns of selective predation by native and invasive coral-reef fishes. *Ecosphere*, 10(6): e02752.
- Grosholz, E. D. 2005. Recent biological invasion may hasten invasional meltdown by accelerating historical introductions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(4): 1088-1091.

- Grosholz, E. D. & Ruiz, G. M. 2003. Biological invasions drive size increases in marine and estuarine invertebrates. *Ecology Letters*, 6(8): 700-705.
- Hadj Hamida, O. B. A. B.; Hadj Hamida, N. B.; Chaouch, H.; Nafkha, B.; Ben Ali, N.; Abidi, D. & Missaoui, H. 2022. Reproductive biology of the blue swimming crab *Portunus segnis* (Forskål, 1775) (Brachyura: Portunidae) in the Gulf of Gabes (southeastern Tunisia, central Mediterranean Sea). *African Journal of Marine Science*, 44(1): 11-20.
- Haefner Junior, P. A. 1990. Natural diet of *Callinectes ornatus* (Brachyura: Portunidae) in Bermuda. *Journal of Crustacean Biology*, 10(1): 236-46.
- Halpern, B. S.; Walbridge, S.; Selkoe, K. A.; Kappel, C. V.; Micheli, F.; d'Agrosa, C.; ... & Watson, R. 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865): 948-952.
- Hamasaki, K.; Fukunaga, K. & Maruyama, K. 2003. Egg development and incubation period of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (Decapoda: Portunidae) reared in the laboratory. *Crustacean Research*, 32: 45-54.
- Hamid, A.; Wardiatno, Y.; Batu, D. T. F. L. & Riani, E. 2016. Distribution, body size, and eggs of ovigerous swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus 1758) at various habitats in Lasongko Bay, Central Buton, Indonesia. *International Journal of Aquatic Biology*, 4(2): 108-116.
- Hartnoll, R. G., 1982. Growth. In Bliss, D. E. & L. G. Abele (eds), *The Biology of Crustacea*, 2, Embryology, Morphology and Genetics. Academic Press, New York: 1: 11-196.
- Hellmann, J. J.; Byers, J. E.; Bierwagen, B. G. & Dukes, J. S. 2008. Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation biology*, 22(3): 534-543.
- Henmi, Y. 1989. Reproductive ecology of three ocypodid crabs. II. Incubation sites and egg mortality. *Ecological Research*, 4: 261-269.
- Hilliam, K. & Tuck, I. D. 2022. Range expansion of the invasive portunid crab *Charybdis japonica* in New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 1-17.
- Hines, A. H.; Lipcius, R. N. & Haddon, A. M. 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a sub estuary of central Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 36: 55-64.
- Hynes, H. B. N. 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of method used in studies of the food fishes. *Jour. Anim. Ecol.* 19(1): 36-51.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of fish biology*, 17(4): 411-429.
- Ingeman, K. E. 2016. Lionfish cause increased mortality rates and drive local extirpation of native prey. *Marine Ecology Progress Series*, 558: 235-245.
- Junqueira, L. C. U. & Junqueira, L. M. M. S. 1983. *Técnicas básicas de citologia e histologia*. São Paulo: Santos.

- Kawakami, E. & Vazzoler, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29(1): 205-07.
- Keane, R. M. & Crawley, M. J. 2002. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. *Trends in ecology & evolution*, 17(4): 164-170.
- Kennedy, T. A.; Naeem, S.; Howe, K. M.; Knops, J. M.; Tilman, D. & Reich, P. 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature*, 417(6889): 636-638.
- Kobayashi, S. & Matsuura, S. 1994. Occurrence Pattern and Behavior of the Japanese Mitten Crab *Eriocheir japonicus* DE HAAN in the Marine Environment. *Benthos Research*, 1994(46): 49-58.
- Kobayashi, S. & Vazquez-Archdale, M. 2018. Growth and reproductive ecology of the portunid crab *Charybdis japonica* in an open seacoast and an inland bay in Fukuoka, Japan. *Journal of Sea Research*, 142: 52-65.
- Kolar, C. S. & Lodge, D. M. 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in ecology & evolution*, 16(4): 199-204.
- Kraemer, G. P.; Sellberg, M.; Gordon, A. & Main, J. 2007. Eight-year record of *Hemigrapsus sanguineus* (Asian shore crab) invasion in western Long Island Sound estuary. *Northeastern Naturalist*, 14(2): 207-224.
- Krassoi, F. R.; Brown, K. R.; Bishop, M. J.; Kelaher, B. P. & Summerhayes, S. 2008. Condition-specific competition allows coexistence of competitively superior exotic oysters with native oysters. *Journal of Animal Ecology*: 5-15.
- Lardies, M. & Castilla, J. 2001. Variação latitudinal na biologia reprodutiva do caranguejo comensal *Pinnaxodes chilensis* (Decapoda: Pinnotheridae) ao longo da costa chilena. *Biologia Marinha* 139: 1125-1133.
- Le Loeuff, P. & Intès A. 1967. La faune benthique du plateau continental de Côte d'Ivoire, récoltes au chalut, abondancerépartition-variations saisonnières (Mars 1966-Février 1967). *Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, Doc. Scient. Provisoire*, 25: 1-78.
- Llodra, E. R. 2002. Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. *Advances in Marine Biology*, Academic Press, 43: 87-170p.
- Lockwood, J. L.; Cassey, P. & Blackburn, T. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends in ecology & evolution*, 20(5): 223-228.
- Lockwood, J. L.; Hoopes, M. F. & Marchetti, M. P. 2007. *Invasion ecology*. Blackwell Publishing, 304 pp.
- Lopes, R. M. & Villac, M. C. 2009. Métodos. In: Lopes, R.M. (Org.). Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Brasília: MMA/SBF. 19-28p.
- Marenzi, A. W. C. 2002. A influência do Cultivo de Mexilhões sobre o habitat bentônico na Enseada da Armação do Itapocoroy, Penha, SC. Tese de Doutorado, Centro de Aquicultura – CAUNESP, Universidade do Estado de São Paulo, 264p.

- McLay, C. L. & Becker, C. 2015. Reproduction in Brachyura. In Treatise on Zoology-Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea, Volume 9, Part C, 185-243pp.
- Madambashi, A. M.; Christofolletti, R. A. & Pinheiro, M. A. A. 2005. Natural diet of the crab *Menippe nodifrons* Stimpson, 1859 (Brachyura, Menippidae) in Paranapuã Beach, São Vicente (SP), Brasil. Nauplius, 13(1): 77-82.
- Manissery, M. K. & Radhakrishnan, E.V. 2003. Marine crabs. In: Mohan Joseph. M and Jayaprakash, A. A. (Eds.). Status of exploited marine fisheries resources of India. Central Marine Fisheries Research Institute, Kochi, p. 188-194.
- Mantelatto, F. L. M. & Dias, L. L. 1999. Extension of the known distribution of *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Decapoda, Portunidae) along the western tropical south Atlantic. Crustaceana, 72(6): 617-620.
- Mantelatto, F. L. M. & Fransozo, A. 1999. Reproductive biology and moulting cycle of the crab *Callinectes ornatus* (Decapoda, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. Crustaceana, 72(1): 63-76.
- Mantelatto, F. L. M. & Garcia, R. B. 2001. Biological aspects of the nonindigenous portunid crab *Charybdis hellerii* in the western tropical South Atlantic. Bulletin of Marine Science 68(3): 469-477.
- Marenzi, A. W. C. 2002. Influência do cultivo de mexilhões sobre o habitat bentônico na Enseada da Armação do Itapocoroy, Penha, SC. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. 120p.
- Martelli, A. & Baron, P. J. 2021. Effects of temperature and salinity on the development and survival of the embryos and zoeae I from the southern surf crab *Ovalipes trimaculatus* (Brachyura: Portunidae). Anais da Academia Brasileira de Ciências, 93.
- McLeod, A. M.; Arnot, J. A.; Borgå, K.; Selck, H.; Kashian, D. R.; Krause, A.; ... & Drouillard, K. G. 2015. Quantifying uncertainty in the trophic magnification factor related to spatial movements of organisms in a food web. Integrated environmental assessment and management, 11(2): 306-318.
- Molnar, J. L.; Gamboa, R. L.; Revenga, C. & Spalding, M. D. 2008. Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. Frontiers in Ecology and the Environment, 6(9): 485-492.
- Morris Jr, J. A. & Whitfield, P. E. 2009. Biology, ecology, control and management of the invasive Indo-Pacific lionfish: an updated integrated assessment. NOAA Tech. Memor, p. 57.
- Naderi, M.; Hosseini, S.; Pazooki, J.; Hedayati, A.; Zare, P. & Lastra, M. 2018. Reproductive biology of the ghost crab, *Ocypode rotundata* Miers, 1882 (Decapoda, Ocypodidae) at Qeshm Island, Persian Gulf. Crustaceana, 91(9): 1039-1059.
- Nawer, F.; Doi, W. & Ohtomi, J. 2022. Oocyte and embryonic development, size at sexual maturity, and spawning season of *Charybdis bimaculata*. Fish Sci 88: 449-459.



- Noori, A.; Moghaddam, P.; Kamrani, E.; Akbarzadeh, A.; Neitali, B. K. & Pinheiro, M. A. A. 2015. Condition factor and carapace width versus wet weight relationship in the blue swimming crab *Portunus segnis*. *Animal Biology*, 65(2): 87-99.
- Nuñez, M. A.; Chiuffo, M. C.; Seebens, H.; Kuebbing, S.; McCary, M. A.; Lieurance, D.; Zhang, Bo.; Simberloff, D. & Meyerson, L. A. 2022. Two decades of data reveal that Biological Invasions needs to increase participation beyond North America, Europe, and Australasia. *Biological Invasions*, 24(2): 333-340.
- O'Donnell, C. F.; Clapperton, B. K. & Monks, J. M. 2015. Impacts of introduced mammalian predators on indigenous birds of freshwater wetlands in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 39(1): 19-33.
- Ojaveer, H.; Galil, B. S.; Carlton, J. T.; Alleway, H.; Gouletquer, P.; Lehtiniemi, M.; Marchini, A.; Miller, W.; Occhipinti-Ambrogi, A.; Peharda, M.; Ruiz, G. M.; Williams, S. L. & Zaiko, A. (2018). Historical baselines in marine bioinvasions: Implications for policy and management. *PloS one*, 13(8): e0202383.
- Pajuelo, J. G.; González, J. A.; Triay-Portella, R.; Martín, J. A.; Ruiz-Díaz, R.; Lorenzo, J. M. & Luque, Á. 2016. Introduction of non-native marine fish species to the Canary Islands waters through oil platforms as vectors. *Journal of Marine Systems*, 163: 23-30.
- Parado-Esteva, F. D., Rodriguez, E. & Qunitio, E. T. 2002. Seed production of the crucifix crab *Charybdis feriata*. *Aquaculture Asia*, 7(3): 37-44.
- Peake, J.; Bogdanoff, A. K.; Layman, C. A.; Castillo, B.; Reale-Munroe, K.; Chapman, J.; ... & Morris, J. A. 2018. Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans* and *Pterois miles*) in the temperate and tropical western Atlantic. *Biological Invasions*, 20(9): 2567-2597.
- Pereira, M. 2016. Histórico de introdução do siri invasor *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Decapoda, Portunidae) na costa americana: ferramentas moleculares e morfologia comparativa. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo - USP. 164p.
- Pinheiro, M. A. A. & Fransozo, A. 2002. Reproduction of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Brachyura: Portunidae) on the Brazilian coast near 23 30' S. *Journal of Crustacean Biology*, 22(2): 416-428.
- Pita, J. B.; Severino-Rodrigues, E.; Graça-Lopes, R. & Coelho J. A. P .1985. Observações bioecológicas sobre o siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae), no Complexo Baía-Estuário de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 12: 35-43.
- Prado, P.; Ibáñez, C.; Chen, L. & Caiola, N. 2022. Feeding Habits and Short-Term Mobility Patterns of Blue Crab, *Callinectes sapidus*, Across Invaded Habitats of the Ebro Delta Subjected to Contrasting Salinity. *Estuaries and Coasts*, 45(3): 839-855.
- Rabalais, N. N. & Gore, R. H. 2017. Abbreviated development in decapods. In *Crustacean Issues 2*. Routledge 67-126pp.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.



- Rotllant, G.; González-Gurriarán, E.; Fernández, L.; Benhalima, K. & Ribes, E. 2007. Ovarian maturation of the multi-spawning spider crab *Maja brachydactyla* (Decapoda: Majidae) with special reference to yolk formation. *Marine Biology*, 152(2): 383-394.
- Sant'anna, B. S.; Branco, J. O.; Oliveira, M. M.; Boos, H. & Turra, A. 2015. Diet and population biology of the invasive crab *Charybdis hellerii* in southwestern Atlantic waters. *Marine Biology Research*, 11(8): 814-823.
- Sant'anna, B. S.; Turra, A. & Zara, F. J. 2012. Reproductive migration and population dynamics of the blue crab *Callinectes danae* in an estuary in southeastern Brazil. *Marine Biology Research*, 8: 354-62.
- Santos, E. P. dos. 1978. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo, HUCITEC, EDUSP, 129p.
- Shinen, J. S.; Morgan, S. G. & Chan, A. L. 2009. Invasion resistance on rocky shores: direct and indirect effects of three native predators on an exotic and a native prey species. *Marine ecology progress series*, 378: 47-54.
- Siegenthaler, A.; Wangenstein, O. S.; Benvenuto, C.; Lollobrigidi, R. & Mariani, S. 2022. Niche separation between two dominant crustacean predators in European estuarine soft-bottom habitats. *Ecological Indicators*, 138: 108839.
- Soundarapandian, P.; Ilavarasan, N.; Varadharajan, D.; Kumar, J. & Suresh, B. 2013. Embryonic development of commercially important Portunid crab *Charybdis feriata* (Linnaeus). *J Marine Sci Res Dev*, 3: 122.
- Stearns, S. C. 1992. The evolution of life histories (Vol. 249, p. xii). Oxford: Oxford university press.
- Stephenson, W.; Hudson, J. J. & Campbell, B. 1957. The Australian portunids (Crustacea: Portunidae). II. The genus *Charybdis*. *Marine and Freshwater Research*, 8(4): 491-508.
- Tavares, M. & Amouroux, J. M. 2003. First record of the nonindigenous crab, *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) from French Guyana (Decapoda, Brachyura, Portunidae). *Crustaceana*, 76(5): 625-630.
- Triay-Portella, R.; Martín, J. A.; Luque, L. & Pajuelo, J. G. 2022. Relevance of feeding ecology in the management of invasive species: Prey variability in a novel invasive crab. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 274: 107949.
- Tuomi, J.; Hakala, T. & Haukioja, E. 1983. Alternative concepts of reproductive effort, costs of reproduction, and selection in life-history evolution. *American Zoologist*, 23(1): 25-34.
- Tuset, V.; Espinosa, D.; García-Mederos, A.; Santana, J. & González, J. 2011. Egg development and fecundity estimation in deep-sea red crab, *Chaceon affinis* (Geryonidae), off the Canary Islands (NE Atlantic). *Fisheries Research*, 109(2-3): 373-378.
- Valdes L.; Alvarez-Ossorio M. & Gonzalez-Gurriarán E. 1991. Incubation of eggs of *Necora puber* (L., 1767) (Decapoda, Brachyura, Portunidae). Volume and biomass changes in embryonic development, *Crustaceana*, 60: 163-177.

- Venables, W. N. & Ripley, B. D. 2002. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York.
- Vieira, S. 1991. Introdução à bioestatística. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- Xu, X.; Liu, X. & Tao, J. 2013. Changes in biochemical composition and digestive enzyme activity during the embryonic development of the marine crab, *Charybdis japonica* (Crustacea: Decapoda). *Zoological Science*, 30(3): 160-166.
- Watanabe, T. T. 2020. Caracterização do sistema reprodutor, comportamento reprodutivo e paternidade em *Charybdis hellerii*: pode o sucesso deste siri invasor estar relacionado a um padrão de biologia reprodutiva diferente do conhecido para Portunidae? Tese de Doutorado. Universidade do Estadual Paulista - Unesp. 184p.
- Watanabe, T. T.; López-greco, L. & Zara, F. 2022. Seminal fluid and spermatophore production in a western Atlantic invasive swimming crab, *Charybdis hellerii*, reveals a different pattern to Portunoidea. *Arthropod Structure & Development*, 66: 101-137.
- 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*, 31: 329-336.
- Williams, A. B. 1974. The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). *Fish. Bull.*, 72(3): 685-798.
- Williams, M. J. 1981. Methods for analysis of natural diet in portunid crabs. (Crustacea: Decapoda: Portunidae). *Jour. expl mar. Biol. Ecol.* (52): 103-113.
- Wójcik-Fudalewska, D.; Normant-Saremba, M. & Anastácio, P. 2016. Occurrence of plastic debris in the stomach of the invasive crab *Eriocheir sinensis*. *Marine pollution bulletin*, 113(1-2): 306-311.
- Wu, X.; Cheng, Y.; Zeng, C.; Wang, C. & Cui, Z. 2010. Reproductive performance and offspring quality of the first and the second brood of female swimming crab, *Portunus trituberculatus*. *Aquaculture*, 303(1-4): 94-100.
- Zhang, Z.; Mammola, S.; McLay, C. L.; Capinha, C. & Yokota, M. 2020. To invade or not to invade? Exploring the niche-based processes underlying the failure of a biological invasion using the invasive Chinese mitten crab. *Science of the Total Environment*, 728: 138815.
- Zuur, A. F.; Ieno, E. N.; Walker, N. J.; Saveliev, A. A. & Smith, G. M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R (Vol. 574). New York: Springer.

# ANEXOS

## Anexo 1: Licença para coleta de material biológico.



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

|  |                                      |                                  |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Número: 77938-1  | Data da Emissão: 18/03/2021 17:57:40 | Data da Revalidação*: 18/03/2022 |
| De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. |                                      |                                  |

#### Dados do titular

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Nome: VINICIUS SOARES CORREA DA COSTA   | CPF: 042.485.091-56      |
| Título do Projeto: ESTRUTURA POPULACIONAL DO SIRI INVASOR Charybdis hellerii E SEU POTENCIAL IMPACTO NO CULTIVO DE BIVALVES DA ARMAÇÃO DO ITAPOCOROY, PENHA, SC |                          |
| Nome da Instituição: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAI  | CNPJ: 84.307.974/0001-02 |

#### Cronograma de atividades

| # | Descrição da atividade       | Início (mês/ano) | Fim (mês/ano) |
|---|------------------------------|------------------|---------------|
| 1 | Coleta de material biológico | 04/2021          | 06/2021       |

#### Observações e ressalvas

|   |   |
|---|---|
| 1 | A autorização não eximirá o pesquisador da necessidade de obter outras anuências, como: I) do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador quando as atividades forem realizadas em área de domínio privado ou dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso; II) da comunidade indígena envolvida, ouvido o órgão indigenista oficial, quando as atividades de pesquisa forem executadas em terra indígena; III) do Conselho de Defesa Nacional, quando as atividades de pesquisa forem executadas em área indispensável à segurança nacional; IV) da autoridade marítima, quando as atividades de pesquisa forem executadas em águas jurisdicionais brasileiras; V) do Departamento Nacional da Produção Mineral, quando a pesquisa visar a exploração de depósitos fossilíferos ou a extração de espécimes fósseis; VI) do órgão gestor da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, dentre outras. |
| 2 | O pesquisador somente poderá realizar atividade de campo após o término do estado de emergência devido à COVID-19, assim declarado por ato da autoridade competente.  |
| 3 | O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.  |
| 4 | Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.   |
| 5 | As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.  |
| 6 | O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.  |
| 7 | Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.   |
| 8 | Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/cgen">www.mma.gov.br/cgen</a> .   |
| 9 | Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.  |

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 0779380120210318

Página 1/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

|  |                                      |                                  |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Número: 77938-1  | Data da Emissão: 18/03/2021 17:57:40 | Data da Revalidação*: 18/03/2022 |
| De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. |                                      |                                  |

#### Dados do titular

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Nome: VINICIUS SOARES CORREA DA COSTA  | CPF: 042.485.091-56      |
| Título do Projeto: ESTRUTURA POPULACIONAL DO SIRI INVASOR <i>Charybdis hellerii</i> E SEU POTENCIAL IMPACTO NO CULTIVO DE BIVALVES DA ARMAÇÃO DO ITAPOCOROY, PENHA, SC |                          |
| Nome da Instituição: FUNDACAO UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAI   | CNPJ: 84.307.974/0001-02 |

#### Locais onde as atividades de campo serão executadas

| # | Descrição do local    | Município-UF | Bioma   | Caverna? | Tipo                  |
|---|-----------------------|--------------|---------|----------|-----------------------|
| 1 | Armação do Itapocoróy | Penha-SC     | Marinho | Não      | Dentro de UC Estadual |

#### Atividades

| # | Atividade  | Grupo de Atividade |
|---|--|--------------------|
| 1 | Coleta/transporte de amostras biológicas in situ | Fora de UC Federal |

#### Atividades X Táxons

| # | Atividade  | Táxon                     | Qtde. |
|---|--|---------------------------|-------|
| 1 | Coleta/transporte de amostras biológicas in situ | <i>Charybdis hellerii</i> | -     |

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

#### Materiais e Métodos

| # | Tipo de Método (Grupo taxonômico)             | Materiais                                  |
|---|---|--|
| 1 | Amostras biológicas (Invertebrados Aquáticos) | Outras amostras biológicas(estômago), Ovos |

#### Destino do material biológico coletado

| # | Nome local destino                      | Tipo destino |
|---|---|--------------|
| 1 | FUNDACAO UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAI | Laboratório  |

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 0779380120210318

Página 2/3





### Autorização para atividades com finalidade científica

|  |                                      |                                  |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Número: 77938-1  | Data da Emissão: 18/03/2021 17:57:40 | Data da Revalidação*: 18/03/2022 |
| De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. |                                      |                                  |

#### Dados do titular

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Nome: VINICIUS SOARES CORREA DA COSTA  | CPF: 042.485.091-56      |
| Título do Projeto: ESTRUTURA POPULACIONAL DO SIRI INVASOR <i>Charybdis hellerii</i> E SEU POTENCIAL IMPACTO NO CULTIVO DE BIVALVES DA ARMAÇÃO DO ITAPOCOROY, PENHA, SC |                          |
| Nome da Instituição: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAI   | CNPJ: 84.307.974/0001-02 |

### Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

| Táxon* | Qtde. | Tipo de Amostra | Qtde. | Data |
|--------|-------|-----------------|-------|------|
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |

\* Identificar o espécime do nível taxonômico possível.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 0779380120210318

Página 3/3

Anexo 2: Termo de consentimento livre e esclarecido e roteiro de entrevista com os maricultores.

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) como voluntário a responder este questionário que faz parte da coleta de dados de uma pesquisa. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine todas as folhas, inclusive o final deste documento, com as folhas devidamente assinadas pelo pesquisador. Este documento está em duas vias para que você e o pesquisador tenham uma cópia. Caso não queira, você não precisa participar desta pesquisa.

A presente pesquisa possui o título: “Ecologia do siri invasor *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) e o potencial impacto no cultivo de bivalves da Armação do Itapocoroy, Penha, SC”. O objetivo da pesquisa é avaliar os possíveis impactos que um siri não nativo possa ter nos cultivos de bivalves.

Para isso, serão entrevistados maricultores e/ou aqueles que possivelmente utilizam a pesca como complemento de suas atividades. Os dados serão utilizados na pesquisa, para caracterizar os prejuízos que o siri invasor esteja acarretando nos cultivos de moluscos, e também, avaliar danos ecológicos como a diminuição da abundância de espécies nativas. Você será voluntário nesta pesquisa, podendo desistir em qualquer momento sem nenhum prejuízo, e você não receberá nenhuma compensação financeira por sua participação.

Os entrevistados podem ter informações sobre o seu cultivo divulgadas, podendo gerar algum tipo de discriminação e estigma. Podem haver invasão de privacidade, além de terem que dispor um pouco de tempo para resolução do questionário. Para assegurar que os participantes sejam menos prejudicados de os dados coletados serão posteriormente publicados e estarão à disposição para consulta a qualquer momento. Dessa forma, solicitamos apenas a gentileza e tempo para responder este questionário. Garantimos que você terá acesso aos resultados, pois a mesma deverá ser publicada e disponibilizada junto às entidades locais (Associação de Maricultura e Pesca).

A pesquisa poderá trazer alguns benefícios, como permitir que você e sua comunidade entendam os principais impactos que a invasão do siri não nativo tenha sobre os cultivos e ambiente local, podendo gerar conhecimento e mobilização para resolução de problemas socioeconômicos e ambientais. Deste modo, a pesquisa poderá auxiliar na melhoria da produtividade dos cultivos e da pesca.

Sendo assim, você não será identificado, todas as informações são sigilosas e serão usadas apenas para fins de pesquisa. Além disso, você está protegido pela Lei nº 5.534/68, a qual garante que nenhuma informação cedida em pesquisa tem valor fiscal, administrativo ou legal. As perguntas são fáceis e simples. Contudo, gostaríamos que você as respondesse individualmente, sem interferência de qualquer pessoa.

Você tem direito a informação a qualquer tempo e por meio de contato com os pesquisadores (Vinícius Soares Correa da Costa, Telefone: 47 9 9229-9121 e/ou e-mail: vinissc@hotmail.com; Joaquim Olinto Branco: e-mail:branco@univali.br, telefone: 47 3341-7732).

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do vale do Itajaí – UNIVALI, caso persistam dúvidas, sugestões e/ou denúncias após os esclarecimentos do pesquisador o comitê está disponível para atender lhe. (CEP/UNIVALI Rua Uruguai, n. 458 Centro Itajaí. Bloco F6, andar térreo. Horário de atendimento: Das 8:00 -12:00 13:30-17:30 Telefone: 33417738 E-mail: etica@univali.br)

### CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_ abaixo assinado, concordo em participar do presente estudo como participante. Fui devidamente informado e esclarecido sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento.

Local e data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura do Participante ou Responsável: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_

Pesquisador Responsável: Vinícius Soares Correa da Costa

Telefone para contato: 47 9 9229-9121 e/ou vinissc@hotmail.com

### Questionário sobre o impacto do siri invasor na maricultura de Penha

01 - Você observa perdas na produção de seu cultivo? ( ) Sim ( ) Não

02 - Se sim, quais as possíveis causas destas perdas?

( ) Material velho e/ou inadequado

( ) Penca muito cheia / pesada

( ) Problemas de manejo

( ) Doenças / Parasitas

( ) Predadores

03 - Se as causas das perdas forem predação, quais predadores seriam? E em que época do ano?

( ) Caramujo

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

( ) Siri/Caranguejo

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

( ) Peixes

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

( ) Outros. Quais? \_\_\_\_\_

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

04 - Quais medidas o Sr. produtor toma para prevenir a predação?

---

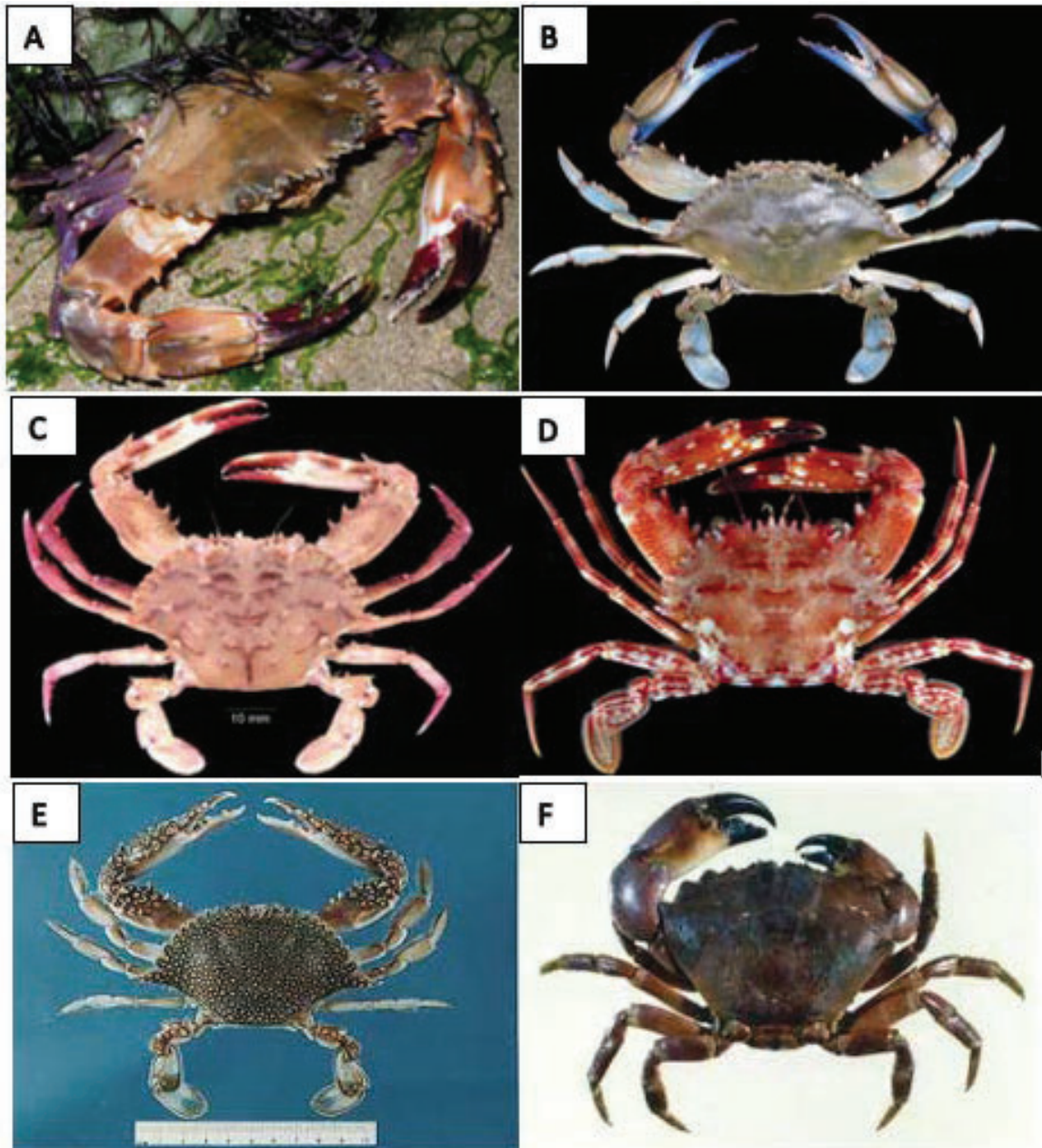
---



05 - No total, quanto é a perda aproximada por ciclo de produção?

( ) menos de 10% ( ) 1/4 = 25% ( ) 1/3 = 33% ( ) 1/2 = 50%

06 - Você observa algum desses siris em seu cultivo? Assinale abaixo quais opções.



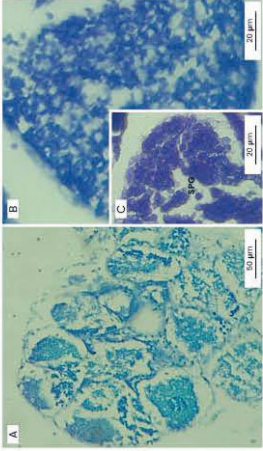
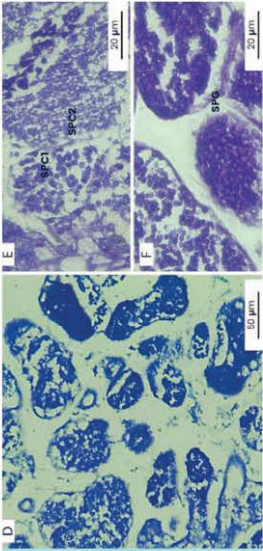

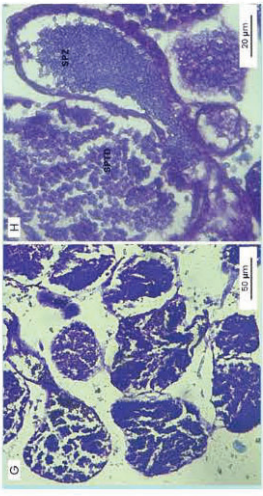


Anexo 3: Quadro comparativo de características macroscópicas e microscópicas dos estágios de maturação gonadal de fêmeas de *Charybdis hellerii*.

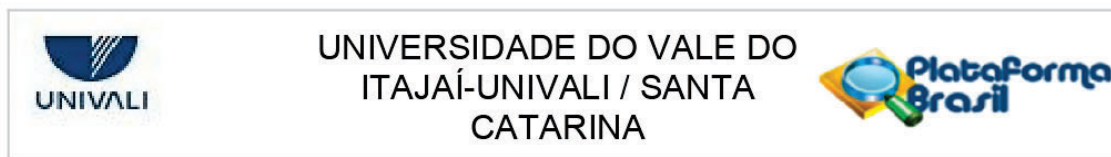
|                                      | Rudimentar (Ru)  | Maturação Inicial (Ma In)   | Maturação Avançada (Ma Av)   | Matura (Ma)  | Desovada (De)   |
|--------------------------------------|--|---|--|--|---|
| <b>Características Macroscópicas</b> | Ovários tubulares, finos e translúcidos. Difícil visualização. Hepatopâncreas grande e bem evidente. | Ovários alaranjados pouco volumosos, e a razão com o hepatopâncreas é de aproximadamente 1:2.               | Ovários alaranjados brilhantes, volumosos e levemente lobulares. Com mesmo tamanho do hepatopâncreas.                                      | Ovários alaranjados escuros brilhantes, lobulares e achatados. Desenvolvidos, tampando até o estômago.                 | Ovários comprimidos, delgados e bastante fiáveis. Coloração amarelo claro pálido. |
| <b>Características Microscópicas</b> | Não foi possível identificar e processar a gônada nesse estágio de desenvolvimento gonadal.          | Estágio de pré-vitelogênese. Presença apenas de ovócitos pré-vitelogênicos. É possível visualizar o núcleo. | Estágio de vitelogênese inicial. Presença de ovócitos pré-vitelogênicos e em vitelogênese inicial. É possível a visualização de vesículas. | Ovário em estágio maduro. Apenas com ovócitos maduros, sendo estes, apresentando citoplasma com vesículas vitelínicas. | Ovário em estágio desovado, com espaços vazios e ovócitos pré-vitelogênicos.      |



Anexo 4: Quadro comparativo de características macroscópicas e microscópicas dos estágios de maturação gonadal de machos de *Charybdis hellerii*.

| Machos   |  |
|--|--|
| <p><b>Características Macroscópicas</b></p> <p>Rudimentar (Ru)</p>  <p>Os testículos são apenas evidenciados e translúcidos. Entre eles pode ser vista uma comissura atrás do estômago.</p>     | <p>Em Desenvolvimento (ED)</p>  <p>Os testículos se tornam mais evidentes, porém ainda são finos e translúcidos. A comissura se apresenta como um emaranhado de voltas e branco.</p> |
| <p><b>Características Microscópicas</b></p> <p>Lóbulos com muitas espermatogônias. Tecido em regeneração.</p>    | <p>Presença de todas as células germinativas. Testículos no início desta fase apresentavam bastante lóbulos com espermatogônias.</p>    |
| <p>Testículos completamente desenvolvidos, esbranquiçados, mais firmes que nos outros estágios, espessos e com voltas. As comissuras são maiores e mais enoveladas.</p>  <p>Desenvolvido (DE)</p> | <p>Lóbulos com espermatídes e principalmente com espermatozoides. É possível a visualização de tecido em regeneração e alguns lóbulos com espermatogônias.</p>                       |

Anexo 4: Parecer consubstanciado do Conselho de Ética em Pesquisas (CEP).



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Ecologia do siri invasor *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) e o potencial impacto no cultivo de bivalves da Armação do Itapocoroy, Penha, SC

**Pesquisador:** JOAQUIM OLINTO BRANCO

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 53005321.5.0000.0120

**Instituição Proponente:** Universidade do Vale do Itajaí

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 5.165.074

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um estudo do tipo transversal, quali-quantitativo com aplicação de questionário que visa compreender e analisar possíveis impactos ecológicos e econômicos que a bioinvasão do siri *Charybdis hellerii* possa estar exercendo sobre os cultivos de moluscos bivalves da Armação do Itapocoroy. Portanto, pretende-se identificar quais as atitudes que os maricultores tomam a respeito dessa problemática, para futuramente contribuir com o controle e disseminação dessa espécie invasora.

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

Analisar a bioecologia de *Charybdis hellerii* e os possíveis impactos na maricultura da Armação do Itapocoroy, Penha, SC.

**Objetivo Secundário:**

- Analisar a bioecologia de *C. hellerii* em função das flutuações sazonais da abundância, proporção sexual, estrutura populacional e reprodução, durante um ciclo anual na Armação do Itapocoroy;
- Analisar o hábito alimentar de *C. hellerii* e as diferenças sazonais no seu espectro trófico;

**Endereço:** Rua Uruguai, 458, Bloco B7, sala 114  
**Bairro:** CENTRO **CEP:** 88.302-901  
**UF:** SC **Município:** ITAJAÍ  
**Telefone:** (47)3341-7738 **Fax:** (47)3341-7744 **E-mail:** etica@univali.br





Continuação do Parecer: 5.165.074

- Avaliar as vulnerabilidades econômicas da bioinvasão de *C. hellerii* na maricultura da Armação do Itapocoroy

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

Os entrevistados podem ter informações sobre o seu cultivo divulgadas, podendo gerar algum tipo de discriminação e estigma. Podem haver invasão de privacidade, além de terem que dispor um pouco de tempo para resolução do questionário.

como medidas: Descrição realizada: Para assegurar que os participantes sejam menos prejudicados, os dados coletados serão posteriormente publicados com total anonimato e estarão à disposição para consulta a qualquer momento. Os pesquisadores se responsabilizam pela guarda e confidencialidade dos dados, bem como a não exposição individualizada dos dados da pesquisa. Sua participação é voluntária e você terá a liberdade de se recusar a responder quaisquer questões que lhe ocasionem constrangimento de alguma natureza. Dessa forma, solicitamos apenas a gentileza e tempo para responder este questionário. Garantimos que você terá acesso aos resultados, pois a mesma deverá ser publicada e disponibilizada junto às entidades locais (Associação de Maricultura e Pesca).

**Benefícios:**

A pesquisa poderá trazer alguns benefícios, como permitir que os maricultores e sua comunidade entendam os principais impactos que a invasão do siri *Charybdis hellerii* tenha sobre os cultivos e ambiente local, podendo gerar conhecimento e mobilização para resolução de problemas socioeconômicos e ambientais. Deste modo, a pesquisa poderá auxiliar na melhoria da produtividade dos cultivos e da pesca

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Listas de Inadequações".

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O protocolo está APROVADO, por estar em acordo com as prerrogativas éticas exigidas nas resoluções CNS 466/12 e suas complementares.

**Endereço:** Rua Uruguai, 458, Bloco B7, sala 114  
**Bairro:** CENTRO **CEP:** 88.302-901  
**UF:** SC **Município:** ITAJAI  
**Telefone:** (47)3341-7738 **Fax:** (47)3341-7744 **E-mail:** etica@univali.br



Continuação do Parecer: 5.165.074

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Conforme Resolução CNS 466/12 VII. 13 cabe ao CEP: d) acompanhar o desenvolvimento dos projetos através de relatórios anuais dos pesquisadores. Deste modo, os pesquisadores devem informar o CEP sempre que houver mudanças no protocolo, por meio de submissão para análise da Emenda de protocolo, e devem apresentar relatórios parciais periodicamente e relatório final após conclusão do trabalho.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento  | Arquivo                                       | Postagem               | Autor                 | Situação |
|---|---|------------------------|-----------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto                            | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1834816.pdf | 05/11/2021<br>09:54:12 |                       | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                 | projetoCharybdishellerii.docx                 | 05/11/2021<br>09:52:28 | JOAQUIM OLINTO BRANCO | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_VINICIUS.docx                            | 05/11/2021<br>09:52:10 | JOAQUIM OLINTO BRANCO | Aceito   |
| Outros  | CartaRespostaAssinada.doc                     | 05/11/2021<br>09:51:21 | JOAQUIM OLINTO BRANCO | Aceito   |
| Outros  | CartaRespostaSemAssinatura.doc                | 05/11/2021<br>09:50:54 | JOAQUIM OLINTO BRANCO | Aceito   |
| Folha de Rosto  | folha_de_rosto_PB_Vinicius.pdf                | 30/09/2021<br>14:57:13 | JOAQUIM OLINTO BRANCO | Aceito   |
| Cronograma  | cronograma.docx                               | 29/09/2021<br>13:27:03 | JOAQUIM OLINTO BRANCO | Aceito   |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

ITAJAI, 14 de Dezembro de 2021

Assinado por:  
**Pollyana Bortholazzi Gouvea**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua Uruguai, 458, Bloco B7, sala 114  
**Bairro:** CENTRO **CEP:** 88.302-901  
**UF:** SC **Município:** ITAJAI  
**Telefone:** (47)3341-7738 **Fax:** (47)3341-7744 **E-mail:** etica@univali.br

Anexo 5: Proporção sexual entre machos e fêmeas de *Charybdis hellerii*, por estação, amostrados mensalmente entre maio de 2021 a abril de 2022 na Armação do Itapocoroy, Penha (SC).

| Estação   | Machos | Fêmeas | Total | Proporção sexual (M: F) |
|-----------|--------|--------|-------|-------------------------|
| Outono    | 96     | 17     | 113   | 5,65: 1                 |
| Inverno   | 87     | 15     | 102   | 5,80: 1                 |
| Primavera | 86     | 14     | 100   | 6,14: 1                 |
| Verão     | 82     | 13     | 95    | 6,31: 1                 |
| Total     | 351    | 59     | 410   | 5,95: 1                 |

Anexo 6: Índice de Importância Alimentar (IAi) dos itens alimentares encontrados nos estômagos de *Charybdis hellerii* analisados para o total da população e subdivididos em categorias (machos e fêmeas) e pela ontogenia (juvenis, adultos e velhos). MOND = Matéria Orgânica Não Definida.

| Grupo | Classe/Ordem/<br>Infraordem | IAI (%)                    |                   |                  |                    |                    |                  |
|-------|-----------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|
|       |                             | População<br>Total (n=295) | Machos<br>(n=244) | Fêmeas<br>(n=51) | Juvenis<br>(n=142) | Adultos<br>(n=123) | Velhos<br>(n=30) |
| ALGAS |                             | 3,75                       | 2,46              | 10,63            | 4,41               | 3,50               | 1,58             |
| AREIA |                             | 4,06                       | 4,62              | 2,10             | 3,84               | 5,00               | 1,73             |
| MOND  |                             | 17,71                      | 18,87             | 13,04            | 17,29              | 14,46              | 32,35            |
| REDE  |                             | 0,21                       | 0,21              | 0,23             | 0,36               | 0,17               | 0                |
| ANN   |                             | 9,76                       | 9,41              | 10,49            | 13,64              | 7,24               | 4,57             |
|       | Polychaeta                  | 16,85                      | 16,54             | 17,25            | 23,48              | 11,79              | 9,77             |
|       | Sipunculida                 | 0,33                       | 0,28              | 0,48             | 0,38               | 0,30               | 0,19             |
| CRUST |                             | 52,02                      | 51,03             | 54,24            | 46,52              | 56,22              | 54,54            |
|       | Anomura                     | 0,89                       | 0,44              | 3,76             | 0,99               | 1,01               | 0,13             |
|       | Axiidea                     | 5,39                       | 6,44              | 2,06             | 4,36               | 7,15               | 2,88             |
|       | Brachyura                   | 57,59                      | 57,31             | 57,68            | 50,30              | 59,01              | 79,75            |
| ECHI  |                             | 0,09                       | 0,14              | 0                | 0,11               | 0,01               | 0,87             |
|       | Echinidea                   | 0,01                       | 0,02              | 0                | 0,01               | 0                  | 0,25             |
|       | Holothurioidea              | 0,03                       | 0,05              | 0                | 0,02               | 0,02               | 0,19             |
|       | Ophiuroidea                 | 0,03                       | 0,04              | 0                | 0,04               | 0                  | 0,25             |
| HAPLO | Demospongiae                | 0,39                       | 0,55              | 0,02             | 0,32               | 0,53               | 0,16             |
| MOL   |                             | 11,10                      | 11,56             | 9,05             | 11,87              | 12,52              | 3,57             |
|       | Bivalvia                    | 18,57                      | 18,48             | 18,70            | 20,09              | 20,36              | 6,54             |
|       | Gastropoda                  | 0,31                       | 0,40              | 0,07             | 0,33               | 0,37               | 0,06             |
|       | Polyplacophora              | 0,03                       | 0,02              | 0,04             | 0,02               | 0,02               | 0,06             |
| PERC  | Perciformes                 | 0,92                       | 1,16              | 0,20             | 1,66               | 0,35               | 0,63             |



Anexo 7: Teste de PERMANOVA da variação no índice de importância alimentar entre machos e fêmeas. N=23.

|         | GL | SQ    | R2    | F     | P     |
|---------|----|-------|-------|-------|-------|
| Sexo    | 1  | 0.134 | 0.045 | 0.990 | 0.375 |
| Resíduo | 21 | 2.860 | 0.954 |       |       |
| Total   | 22 | 2.995 | 1.000 |       |       |

Anexo 8: Teste de PERMANOVA da variação no índice de importância alimentar entre juvenis, adultos e velhos. N=34.

|           | GL | SQ    | R2    | F     | P     |
|-----------|----|-------|-------|-------|-------|
| Ontogenia | 2  | 0.246 | 0.052 | 0.850 | 0.575 |
| Resíduo   | 31 | 4.497 | 0.947 |       |       |
| Total     | 33 | 4.743 | 1.000 |       |       |