



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Luísa Lemr Peres

**Dinâmica populacional do caranguejo *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e na Ilha da Trindade**

Florianópolis

2023

Luísa Lemr Peres

**Dinâmica populacional do caranguejo *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e na Ilha da Trindade**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciência Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em ciências biológicas.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andrea Santarosa Freire.  
Coorientador(a): M<sup>ª</sup>. Thaís Peixoto Macedo

Florianópolis

2023

Peres, Luísa

Dinâmica populacional do caranguejo *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e na Ilha da Trindade / Luísa Peres ; orientador, Andrea Freire, coorientador, Thaís Macedo, 2023.

43 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Caranguejo *Grapsus grapsus*. 3. Dinâmica populacional. 4. Denso-dependência. 5. Marcação e Recaptura. I. Freire, Andrea. II. Macedo, Thaís. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Luísa Lemr Peres

**Dinâmica populacional do caranguejo *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e na Ilha da Trindade**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Bacharel em Ciências Biológicas” e aprovado em sua forma final pelo curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 07 de dezembro de 2023.

[Empty box for signature]

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Cristina de Toni

**Banca examinadora**

[Empty box for signature]

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Santarosa Freire

[Empty box for signature]

M<sup>a</sup>. Tammy Iwasa Arai

[Empty box for signature]

Nome

Florianópolis, 2023.

## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer...

Primeiramente a minha família, meu pai, irmão e minha mãe (que passou algumas tardes tentando me ajudar a baixar o MARK e entender o Desenho Robusto) que sempre me ajudaram e incentivaram.

Aos meus amigos da graduação, que tornaram as aulas, PPCCs, almoços no RU, karaokês e falafel na feirinha, momentos muito mais divertidos.

Aos professores da graduação que me mostraram como as diferentes áreas da biologia podem ser incríveis.

Ao Laboratório de Crustáceos e Plâncton (LCP), onde pude fazer minha primeira iniciação científica com minha orientadora, professora Andrea Freire, que me ensinou muito nesse ano com seu conhecimento sobre o caranguejo *Grapsus grapsus* e com sua tranquilidade e paciência. Assim como a Thaís Macedo que me auxiliou durante a execução desse TCC.

Ao PELD ILOC, que me proporcionou uma bolsa de iniciação científica e permitiu o desenvolvimento desse trabalho com todas as coletas que realiza nas ilhas oceânicas.

A UFSC, universidade que hoje faz parte da minha formação como pessoa.

E principalmente a Deus, que me permitiu viver esse sonho que eu nem havia sonhado, fazer Biologia!

## RESUMO

O caranguejo *Grapsus grapsus* é um crustáceo que ocorre nas ilhas oceânicas brasileiras de Trindade (TRI), Arquipélago de São Pedro e São Paulo (SPSP), Atol das Rocas (RA) e Fernando de Noronha (FN). Ocupa a zona entre marés, em costões rochosos, onde pode ser considerado uma espécie bioindicadora de impactos antrópicos, devido a sua relevância na cadeia alimentar, fácil identificação e monitoramento. Esse caranguejo se alimenta de algas, ovos de tartaruga e filhotes de aves, assim como pereópodos e caranguejos inteiros – caracterizando comportamentos canibais. A TRI é uma ilha de 10,5 km<sup>2</sup> e possui grande diversidade de habitats, como: costões rochosos, praias arenosas, e poças de maré. O SPSP é um arquipélago com área inferior a 1 km<sup>2</sup>, constituído apenas por ambientes rochosos, que estão submetidos a condições adversas como fortes ondas, além de apresentar limitação de recursos e espaço. As populações de *G. grapsus* estabelecidas nessas ilhas apresentam notáveis diferenças. Em SPSP há alta densidade populacional e os caranguejos são menores, enquanto em TRI, é observada densidade inferior e indivíduos de tamanhos maiores. A denso-dependência é um fator relevante para as dinâmicas populacionais, de modo que esse trabalho busca compreender como a estrutura e os parâmetros populacionais diferem entre populações do *G. grapsus* com distintas densidades. Para a caracterização estrutural dessas populações foi realizada a coleta de dados qualitativos e quantitativos dos caranguejos (sexo, estado reprodutivo, cor, largura da carapaça e ausência de pereópodos) e para obtenção dos parâmetros demográficos (sobrevivência, migração temporária, probabilidades de captura e recaptura e abundância) foi realizado o método de marcação e recaptura e análise através do Desenho Robusto com o desenvolvimento de modelos populacionais para cada ilha. Em TRI foram encontrados caranguejos maiores, e proporção superior de fêmeas ovígeras. Em SPSP registrou-se maior abundância, caranguejos menores e probabilidade de captura inferior e mais variável. As probabilidades de sobrevivência e taxas de mutilação foram semelhantes nas ilhas e a migração temporária ausente. Em SPSP, a proporção inferior de fêmeas ovígeras e tamanhos menores de caranguejos foram importantes indicadores da atuação da denso-dependência, enquanto a taxa de mutilação e probabilidade de sobrevivência não demonstraram relação causa-efeito com a abundância. O presente trabalho contribuiu para a compreensão da dinâmica populacional e biologia do caranguejo *G. grapsus*, desenvolveu modelos populacionais específicos para as ilhas de TRI e SPSP e demonstrou quais os indicadores de denso-dependência para essas populações.

**Palavras-chave:** Ecologia de Populações; Ilhas oceânicas; Brachyura; Foto-identificação; MARK; Wild-ID.

## ABSTRACT

The crab *Grapsus grapsus* is a crustacean found in the Brazilian oceanic islands of Trindade (TRI), São Pedro and São Paulo Archipelago (SPSP), Rocas Atoll (RA), and Fernando de Noronha (FN). It inhabits the intertidal zone on rocky shores, where it can be considered a bioindicator of anthropogenic impacts due to its relevance in the food chain, easy identification, and monitoring. This crab feeds on algae, turtle eggs, and bird chicks, as well as pereopods and whole crabs, exhibiting cannibalistic behaviors. TRI is a 10.5 km<sup>2</sup> island with a diverse range of habitats, including rocky shores, sandy beaches, and tide pools. SPSP is an archipelago with an area of less than 1 km<sup>2</sup>, consisting solely of rocky environments subject to adverse conditions such as strong waves, resource limitations, and spatial constraints. *G. grapsus* populations on these islands exhibit notable differences. In SPSP, there is a high population density with smaller crabs, while in TRI, lower density and larger individuals are observed. Density dependence is a relevant factor for population dynamics, and this study seeks to understand how the structure and population parameters differ among *G. grapsus* populations with distinct densities. For the structural characterization of these populations, qualitative and quantitative data were collected (sex, reproductive state, color, carapace width, and absence of pereopods). Demographic parameters (survival, temporary migration, capture and recapture probabilities, and abundance) were obtained using the mark-and-recapture method and analyzed through the Robust Design with the development of population models for each island. In TRI, larger crabs and a higher proportion of ovigerous females were found. In SPSP, higher abundance, smaller crabs, and lower and more variable capture probabilities were recorded. Survival rates and mutilation rates were similar on both islands, and temporary migration was absent. In SPSP, the lower proportion of ovigerous females and smaller crab sizes were important indicators of density dependence, while mutilation rates and survival probabilities did not show a cause-and-effect relationship with abundance. This study contributed to understanding the population dynamics and biology of the crab *G. grapsus*, developed specific population models for TRI and SPSP, and demonstrated density dependence indicators for these populations.

**Keywords:** Population Ecology; Oceanic Islands; Brachyura; Photo-identification; MARK; Wild-ID.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa com a indicação das ilhas: (1) Arquipélago de São Pedro e São Paulo (SPSP) e (2) Ilha da Trindade (TRI).....                                    | 17 |
| Figura 2 – Cor da carapaça do <i>G. grapsus</i> : (1) verde, (2) intermediária, (3) vermelha.<br>.....  | 18 |
| Figura 3 – Largura da carapaça do caranguejo <i>G. grapsus</i> . ....   | 18 |
| Figura 4 – Identificação de (1) machos e (2,3 e 4) fêmeas conforme o formato do abdômen. ....   | 19 |
| Figura 5 – Fêmea ovígera; presença de ovos no interior do abdômen. ....   | 19 |
| Figura 6 – Caranguejo com (1) pereópode ausente e (2) bolsa de regeneração. ....  | 19 |
| Figura 7 – Esquema referente às ocasiões primárias, secundárias e código de identificação.....  | 20 |
| Figura 8 – Esquema sobre a utilização do Wild-ID para identificação de recapturas.<br>.....   | 21 |
| Figura 9 – Desenho Amostral de Trindade e São Pedros e São Paulo com indicação de ocasiões primárias, secundárias e intervalo de tempo entre ocasiões.....      | 22 |
| Figura 10 – Proporção de indivíduos (machos (M) e fêmeas(F)) conforme a cor de carapaça em TRI e SPSP .....   | 25 |
| Figura 11 – Proporção de indivíduos (machos e fêmeas) em TRI e SPSP conforme a classe de tamanho. ....  | 26 |
| Figura 12 – Proporção de caranguejos mutilados em TRI e SPSP conforme o sexo e classe: macho, fêmeas totais (F(TOT)), fêmea não ovígera (F), ovígera (FO). .... | 27 |
| Figura 13 – Probabilidade de sobrevivência semanal em TRI e SPSP e valores máximo e mínimo. ....  | 29 |
| Figura 14 – Probabilidades de captura entre ocasiões primárias (p(t)) em TRI e entre as ocasiões secundárias (p(ts)) em SPSP.....                               | 29 |
| Figura 15 – Abundância (N(t)) de indivíduos em TRI para cada ocasião primária. ...  | 30 |
| Figura 16 – Abundância (N(t)) de indivíduos em SPSP para cada ocasião primária. ...   | 30 |
| Figura 17 – Probabilidade de sobrevivência semanal entre machos e fêmeas da Ilha da Trindade.....   | 32 |
| Figura 18 – Probabilidade de captura de machos e fêmeas em TRI. ....  | 32 |
| Figura 19 – Abundância de Machos e Fêmeas em TRI. ....  | 33 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Proporção de machos e fêmeas em TRI e SPSP. Número de fêmeas não ovígeras (F) e ovígeras (FO) em relação à quantidade total de fêmeas, e proporção sexual entre machos e fêmeas.....  | 24 |
| Tabela 2 – Média da largura da carapaça (LC) e desvio padrão (DP) dos caranguejos conforme o sexo: macho, fêmea não ovígera (F), ovígera (FO) e fêmeas totais. Assim como a largura mínima e máxima da carapaça. ....  | 26 |
| Tabela 3 – Seleção dos modelos populacionais candidatos para TRI. Sobrevivência ( $\phi$ ), migração ( $\gamma'$ $\gamma''$ ), probabilidades de captura (p) e recaptura (c) constante (.), ausente (0), com variação temporal entre ocasiões primárias (t) e entre ocasiões secundárias (ts).....                     | 28 |
| Tabela 4 – Seleção dos modelos populacionais candidatos para SPSP. Sobrevivência aparente ( $\phi$ ), migração ( $\gamma'$ $\gamma''$ ), probabilidades de captura (p) e recaptura (c) constante (.), ausente (0), com variação temporal entre ocasiões primárias (t) e entre ocasiões secundárias (ts).....           | 28 |
| Tabela 5 – Seleção dos modelos populacionais candidatos para machos de TRI. Sobrevivência aparente ( $\phi$ ), migração ( $\gamma'$ $\gamma''$ ), probabilidades de captura (p) e recaptura (c) constante (.), ausente (0), com variação temporal entre ocasiões primárias (t) e entre ocasiões secundárias (ts). .... | 31 |
| Tabela 6 – Seleção dos modelos populacionais candidatos para fêmeas de TRI. Sobrevivência aparente ( $\phi$ ), migração ( $\gamma'$ $\gamma''$ ), probabilidades de captura (p) e recaptura (c) constante (.), ausente (0), com variação temporal entre ocasiões primárias (t) e entre ocasiões secundárias (ts). .... | 31 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                   | <b>11</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                    | <b>16</b> |
| 2.1 Objetivo geral .....                                    | 16        |
| 2.2 Objetivos Específicos .....                             | 16        |
| <b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                          | <b>16</b> |
| 3.1 Área de Estudo .....                                    | 16        |
| 3.2 Atividade em Campo: Caracterização da População.....    | 17        |
| 3.3 Atividade em Campo: Marcação e Recaptura .....          | 20        |
| 3.4 Identificação de Recapturas: Wild-ID .....              | 21        |
| 3.5 Análise de Dados: Software MARK .....                   | 21        |
| <b>4 RESULTADOS .....</b>                                   | <b>24</b> |
| 4.1 Caracterização da Estrutura Populacional .....          | 24        |
| 4.2 Marcação e Recaptura: Entre Ilhas .....                 | 27        |
| 4.2 Marcação e Recaptura: Machos e Fêmeas de Trindade ..... | 31        |
| <b>5 DISCUSSÃO .....</b>                                    | <b>34</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO.....</b>                                     | <b>38</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O caranguejo *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758), também conhecido como Caranguejo Aratu da rocha, pertence à infraordem Brachyura (“caranguejos verdadeiros”), apresenta cinco pares de pernas, denominados pereópodos, corpo achatado dorso-ventralmente, desenvolvido no sentido lateral e totalmente recoberto por uma carapaça (BRUSCA *et al.*, 2018). Juntamente com os outros representantes de Crustacea, integra o filo Arthropoda, táxon que tem como importante sinapomorfia a presença de um exoesqueleto articulado, e, portanto, o processo de ecdise, que permite crescimento e regeneração animal (BRUSCA *et al.*, 2018). Sua carapaça exhibe diferentes manchas brancas e/ou amareladas, como pontos e linhas, e tem seu padrão de cor alterado conforme o crescimento e amadurecimento do animal em uma tendência de verde para vermelho (FREIRE *et al.*, 2010, 2021).

No Atlântico Sul, esse crustáceo ocorre nas ilhas oceânicas brasileiras de Trindade (TRI), Arquipélago de São Pedro e São Paulo (SPSP), Atol das Rocas (RA) e Fernando de Noronha (FN) (FREIRE *et al.*, 2010). Ocupa a zona entre marés em costões rochosos e pode ser encontrado em fendas, poças de marés e ninhos de *Sula leucogaster* (Boddaert, 1783), popularmente conhecida como atobá, onde se alimenta de aves mortas, filhotes e ovos (GIANUCA e VOOREN, 2007; FREIRE *et al.*, 2010). A exúvia (antigo exoesqueleto), que fica depositada nas rochas, é outro componente da sua alimentação, assim como algas, filhotes de tartaruga, caranguejos inteiros e pereópodos, caracterizando frequentes comportamentos canibais (FREIRE *et al.*, 2009, 2010; QUIMBAYO *et al.*, 2018). Portanto, é comum observar os caranguejos dessa espécie mutilados; com um ou mais membros ausentes e bolsas de regeneração (FREIRE *et al.*, 2010).

O *G. grapsus* exerce papel fundamental nas comunidades que residem as ilhas oceânicas brasileiras (MACEDO *et al.*, 2022) e os conhecimentos sobre sua biologia no Atlântico Sul são limitados. Por ser uma espécie chave nos costões rochosos, apresenta importância no controle “de cima para baixo” (“top-down”), e como recurso alimentar para diversos animais planctívoros quando em sua fase larval (BRANDÃO, 2012; MACEDO *et al.*, 2022). Verifica-se que em locais onde há coexistência desses caranguejos com humanos a população é reduzida, com baixa abundância de adultos, e, os caranguejos têm menores dimensões, pois são capturados para isca ou consumo direto - sendo sua preservação dificultada (FREIRE, comunicação pessoal; MACEDO, comunicação pessoal). Além disso, por ser uma espécie que habita costões rochosos das ilhas oceânicas, pode apresentar muita relevância nos estudos sobre

impactos antrópicos, já que esse ecossistema, é muito vulnerável às mudanças climáticas e diferentes formas de poluição (COUTINHO e ZALMON, 2009). O *G. grapsus* pode ser considerado uma espécie bioindicadora de impactos antrópicos nos costões rochosos onde habita, devido a sua relevância na cadeia alimentar da zona entre marés e sua fácil identificação e monitoramento. Dessa forma, o desenvolvimento de pesquisas é de grande importância pois podem ser utilizadas para futuras medidas de conservação e compreensão sobre impactos ambientais.

A TRI (20°30'16.2"S 29°19'37.5"W), que está localizada mais ao Sul e se distancia a 1.140 km da costa brasileira e 2.400 km da costa africana, exibe biodiversidade de organismos aquáticos e terrestres consideravelmente superior à observada em SPSP (SERAFINI *et al.*, 2010.). A mesma é composta por 16 praias e apresenta área total de 10.5 km<sup>2</sup> (SECIRM, 2017). O *G. grapsus* ocorre na região arenosa dessas praias, principalmente durante a maré baixa, ao longo dos costões rochosos e eventualmente habita córregos de água doce que desaguam no topo dos costões (ARAI *et al.*, 2017). O SPSP (0°55'00.1"N 29°20'44.8"W) que está localizado ao Norte do Equador, afastado a 1.010 km da costa brasileira e 1.824 km da costa africana, é formado por dez ilhas que totalizam área inferior a 1 km<sup>2</sup>, sendo Belmonte a maior e principal ilha (ANGULO *et al.*, 2013; ANTÓNIO *et al.*, 2018; MACEDO *et al.*, 2022). Nesse local, formado apenas por ambientes rochosos e ausência de praias, há condições extremamente adversas, como grande impacto de ondas e elevada movimentação das águas (QUIMABAYO *et al.*, 2018). A baixa riqueza de organismos, a limitada disponibilidade de recursos e a ausência de predadores de caranguejos adultos são fatores determinantes para a variabilidades dos parâmetros populacionais encontrados em SPSP (CAMPOS *et al.*, 2005; FREIRE *et al.*, 2010).

O ciclo de vida desse caranguejo inclui fase larval planctônica, de modo que sua dispersão ocorre através de correntes marinhas superficiais (FREIRE *et al.*, 2021; BRANDÃO, 2012). Estudos anteriores demonstram a ausência de conectividade entre as populações de SPSP e TRI (TESCHIMA, 2012; FREIRE *et al.*, 2021). Através de simulações da dispersão larval foi possível observar conexão entre as ilhas FN, RA e SPSP e relativo isolamento em TRI, sugerindo a retenção larval nos arredores da ilha (FREIRE *et al.*, 2021). Dessa forma, apesar de semelhanças morfológicas na carapaça e quela do *G. grapsus* em TRI e SPSP - resultantes provavelmente de pressões seletivas similares - há isolamento genético entre essas populações (TESCHIMA, 2012). Esse isolamento torna a população de TRI ainda mais vulnerável a mudanças ambientais.

As populações estabelecidas nessas duas ilhas apresentam notáveis divergências. Em SPSP é observada uma alta densidade populacional, indivíduos com menor tamanho corporal e como consequência, baixa fecundidade. Em TRI, há menor densidade, e o tamanho corporal e a fecundidade apresentam valores superiores ao SPSP (MACEDO *et al.*, 2022). Percebe-se que a alta densidade populacional no SPSP ocorreu juntamente com as menores dimensões corporais (MACEDO *et al.*, 2022), onde também se registrou comportamentos canibais e elevada taxa de mutilação (FREIRE *et al.*, 2010). A densidade-dependência negativa age como fator significativo para a dinâmica dessas populações, nesse caso, com o acréscimo no tamanho populacional ocorre uma redução na taxa de natalidade, devido a diminuição na disponibilidade de habitat e recursos (GOTELLI, 2006; RELYEA e RICKLEFS, 2021). Estudos populacionais de crustáceos vêm sendo realizado através de diversos métodos, incluindo a marcação e recaptura, já utilizado para estudar crescimento, longevidade e outros parâmetros demográficos de caranguejos, lagostas e outros.

O método de marcação e recaptura é ideal para compreender parâmetros populacionais em organismos que apresentam constante deslocamento. Essa metodologia consiste na captura de determinado número de indivíduos, realização de marcação e então soltura do animal, de modo que esse volte a integrar a população e possa ser recapturado em uma coleta posterior (RELYEA e RICKLEFS, 2021). Para a identificação dos animais, comumente são utilizadas marcações artificiais como etiquetas (*tags*), contudo, em organismos que realizam o processo de ecdise esse acessório pode ser perdido, interferir no crescimento e incidência da muda, e possivelmente afetar a sobrevivência (COURTNEY, 2001; FRISCH, 2007). Portanto, para o método de marcação e recaptura em crustáceos, a observação de padrões de cores e marcas naturais para o reconhecimento dos indivíduos pode ser preferível, uma vez que costumam ser “polimórficas, únicas - para o mesmo indivíduo - e mantidas ao longo do tempo” (FRISCH, 2007).

Estudos prévios demonstram a utilização do método de marcação e recaptura no desenvolvimento de diversas pesquisas para espécies de siris e caranguejos. Esse permite o acompanhamento do animal ao longo do tempo e assim, é possível estudar parâmetros demográficos como, abundância, taxas de sobrevivência e mortalidade, densidade populacional e fidelidade ao habitat - “probabilidade do indivíduo retornar a mesma área amostrada” (SANDERCOCK, 2020). Em Rodríguez-Fourquet e Sabat (2009) o método foi aplicado para a compreensão da sobrevivência e abundância populacional do caranguejo terrestre *Cardisoma guanhumi* em Porto Rico, tendo em vista sua importância como uma espécie chave em

ecossistemas costeiros e sujeita a superexploração. Também com foco na pesca e exploração comercial, realizou-se um estudo relacionado ao siri-azul, *Callinectes sapidus*, no porto de Sisal (México), no qual foram estimadas, através da marcação e recaptura, a abundância populacional, probabilidade de captura, recrutamento e probabilidade de sobrevivência (VILLEGAS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2017). Ainda, como demonstrado em Oka *et al.* (2015) para a espécie *Birgus latro*, popularmente conhecida como caranguejo-dos-coqueiros, o método permitiu a análise do crescimento do animal e conhecimento da frequência em que realiza a ecdise, assim como possibilitou a estimativa de longevidade do crustáceo. Para o *G. grapsus*, Macedo *et al.* (2022), os padrões de manchas na região cardíaca no dorso da carapaça foram utilizados para identificar indivíduos da população de TRI por meio de foto-identificação.

A análise dos dados de marcação e recaptura permite a utilização de diversos modelos, dentre eles está o Desenho Robusto de Pollock (POLLOCK, 1982). Sabe-se que a abundância (N) das populações é modificada em decorrência de quatro variáveis: nascimento e imigração (entrada) e mortes e emigração (saída) (KENDALL *et al.*, 1997). Dessa forma, as populações podem ser consideradas abertas, quando há ganho e/ou perdas de indivíduos, ou fechadas, quando esses eventos não ocorrem. Para que uma população seja definida como fechada, os dados devem ser coletados em pequenos intervalos de tempo (dias), já para populações abertas, a coleta pode ser realizada ao longo de meses ou anos.

No Desenho Robusto são combinadas ambas as populações, de modo que diferentes ocasiões são delineadas, primárias e secundárias (múltiplas e contidas em uma ocasião primária). Assume-se que, entre as ocasiões primárias a população é aberta, e entre ocasiões secundárias fechada (NICHOLS, 1992; POLLOCK, 1982). Assim, é possível estimar a sobrevivência aparente ( $\phi$ ) e migração temporária ( $\gamma'$  e  $\gamma''$ ), entre ocasiões primárias, e a probabilidade de captura ( $p$ ) recaptura ( $c$ ), das ocasiões secundárias (POLLOCK, 1982; KENDALL *et al.*, 1997). Em Macedo *et al.* (2022), estudo que buscou compreender os efeitos da denso-dependência e temperatura dos oceanos na dinâmica populacional do *G. grapsus*, o Desenho Robusto foi utilizado para avaliar a sobrevivência aparente e anual, taxa de recrutamento e probabilidade de captura do caranguejo, a partir dos dados coletados apenas em TRI. Neste trabalho, que adiciona coletas em SPSP, o modelo será utilizado para estimativas de sobrevivência aparente, probabilidade de captura e recaptura, migração temporária e abundância populacional. Com objetivo de compreender melhor o efeito da denso-dependência na dinâmica das populações de *G. grapsus* em TRI e SPSP e complementar os trabalhos realizados anteriormente sobre a biologia desse animal, que iniciaram em 2003, abordando a

maturidade sexual do caranguejo (FREIRE *et al.*, 2010; MARTINS, 2022), conectividade dessa espécie nas ilhas oceânicas (TESCHIMA, 2012; FREIRE *et al.*, 2021) e dinâmica populacional (MACEDO *et al.*, 2022).

A denso-dependência é um fator importante para a dinâmica populacional de muitos animais. Em Moksnes (2004) foi registrado diminuição no crescimento do Caranguejo-Verde (*Carcinus maena*) quando em altas densidades, consequência da maior competição e menores taxas de alimentação. O comportamento canibal e a diminuição na sobrevivência também são respostas para altas densidades, visto a limitação de alimento, espaço e abrigo (MOKSNES, 2004; MARSHAL *et al.*, 2005). Por fim, as fêmeas, de modo geral, apresentam grande gasto energético para reprodução (DONELAN e TRUSSELL, 2020), sugerindo que a menor disponibilidade de recursos pode reduzir a frequência de fêmeas ovígeras na população. Dessa forma, nota-se que a pressão de denso-dependência em populações com alta densidade pode resultar em aumento nas taxas de mutilação e redução em: tamanho corporal dos caranguejos, probabilidade de sobrevivência e proporções de fêmeas ovígeras.

O presente trabalho busca responder como a estrutura e os parâmetros populacionais diferem entre populações do *G. grapsus* com distintas densidades populacionais. Espera-se que em TRI, onde há menor abundância, haja indivíduos maiores, maior proporção de fêmeas ovígeras e maior probabilidade de captura dos caranguejos. Além de uma alta sobrevivência, que deve ser favorecida em razão da diversidade de recursos e micro-habitat disponíveis na ilha. Em contrapartida, em SPSP, há uma população muito densa e pouca disponibilidade de recursos. Portanto, estima-se que os caranguejos tenham tamanhos menores, haja baixa proporção de fêmeas ovígeras, elevadas taxas de mutilação e baixa sobrevivência, consequência da grande competição intraespecífica e condições hostis do local. Por fim, a menor probabilidade de sobrevivência e grande densidade de indivíduos deve resultar em baixa capturabilidade no arquipélago.

O *G. grapsus* é um interessante modelo para compreensão da influência da densidade na dinâmica populacional de crustáceos. Esse trabalho fornece resultados que visam reforçar as diferenças entre as populações do caranguejo em TRI e SPSP e contribuir para o entendimento da dinâmica de populações de invertebrados marinhos das ilhas oceânicas brasileiras.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Estudar a dinâmica populacional do *Grapsus grapsus* na Ilha da Trindade e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, a partir dos dados de marcação e recaptura, a fim de melhorar o conhecimento sobre os principais processos demográficos que influenciam estas duas populações.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a população de caranguejos em TRI e SPSP.
- Analisar as taxas de mutilação do caranguejo *G. grapsus* registradas nos dois locais de estudo.
- Estimar e comparar os parâmetros demográficos (sobrevivência, migração temporária e abundância) e as probabilidades de captura das populações de *G. grapsus* de TRI e SPSP.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Área de Estudo

Os dados sobre o caranguejo *G. grapsus* foram obtidos durante as expedições realizadas pelo Programa Ecológico de Longa Duração nas ilhas oceânicas (PELD ILOC) na Ilha da Trindade (TRI) e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (SPSP)(Fig. 1). A TRI tem origem vulcânica, pertence a Cadeia Vitória-Trindade, ascende do oceano a uma profundidade de 5.500 metros e apresenta superfície emersa muito acidentada. Suas praias são constituídas por rochas, areia e seixo, sendo o principal clima o oceânico tropical, caracterizado por muita umidade e temperatura média de 24°C (SECIRM, 2017). Dentre as 16 praias que compõem TRI as coletas foram feitas entre Calheta Velha e Praia dos Andradas entre abril e setembro de 2022.

O SPSP pertence a uma cadeia de montanha submarina tectonicamente ativa e emerge do oceano a uma profundidade de 4.000 metros (CAMPOS *et al.*, 2009). Apresenta clima quente e úmido, com temperatura média de 27°C, solo constituído por rochas, que são atingidas frequentemente por fortes ondas, e ausência de praias ao longo de toda sua extensão (SECIRM,

2022; SOARES *et al.*, 2009). As pesquisas em SPSP foram realizadas em Belmonte, a principal e maior ilha, na parte posterior da estação científica, entre março de 2022 e junho de 2023.

Essas ilhas estão situadas em dois sistemas de correntes diferentes. O SPSP se encontra sob influências das correntes equatoriais Centro-Sul e Norte, enquanto TRI, localizada no Giro Subtropical do Atlântico Sul, fica ao sul da corrente Sul Equatorial (FREIRE *et al.*, 2021). Ademais, estão sujeitas a diferentes regimes de ondas de calor e anomalias da temperatura superficial do mar. Observa-se apenas em SPSP uma tendência de aumento na frequência e intensidade das ondas de calor e na temperatura média superficial do mar (anomalias positivas) (MACEDO *et al.*, 2022).

**Figura 1** – Mapa com a indicação das ilhas: (1) Arquipélago de São Pedro e São Paulo (SPSP) e (2) Ilha da Trindade (TRI).



Fonte: Compilação da autora - Google Maps; Simone Marinho; CIRM.

### 3.2 Atividade em Campo: Caracterização da População

Para a caracterização das populações e posterior integração aos dados de marcação e recaptura, foi realizada em ambas as ilhas a coleta e medições dos caranguejos. Durante as coletas, preferencialmente em dias de maré baixa, foi estendida uma trena de 30 metros paralela a linha da água e costa, em torno da qual se procedeu a captura de caranguejos com largura de carapaça superior a 40 milímetros, durante o período de duas horas. Os caranguejos foram

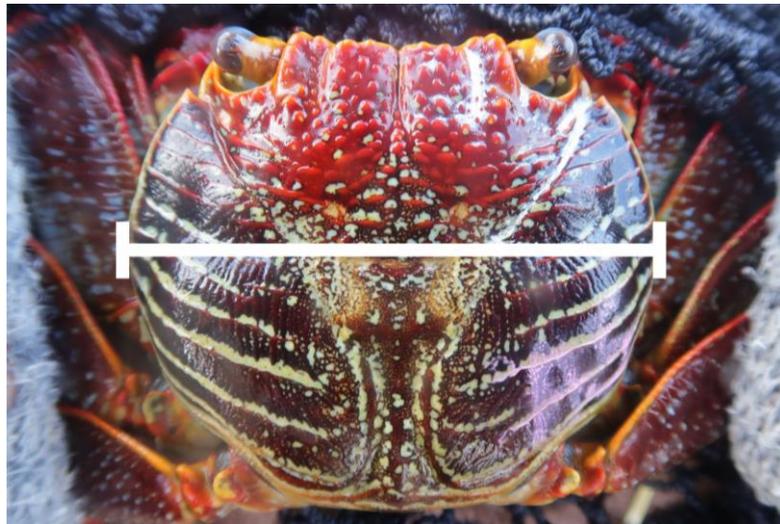
capturados e colocados em baldes com redes para serem contidos. Após obtenção do animal foram realizadas medidas e posterior soltura em local próximo à captura. As informações foram registradas conforme o protocolo do PELD ILOC, que inclui as variáveis: cor da carapaça (VD=verde; IT=intermediária; VA=vermelha) (Fig.2), largura carapaça (Fig. 3), sexo (F=fêmea; M=macho) (Fig.4), estado reprodutivo (NA=macho; F= fêmea não ovígera; FO=fêmea ovígera) (Fig.5), ausência de pereópodos e presença de bolsa de regeneração (Fig. 6).

**Figura 2** – Cor da carapaça do *G. grapsus*: (1) verde, (2) intermediária, (3) vermelha.



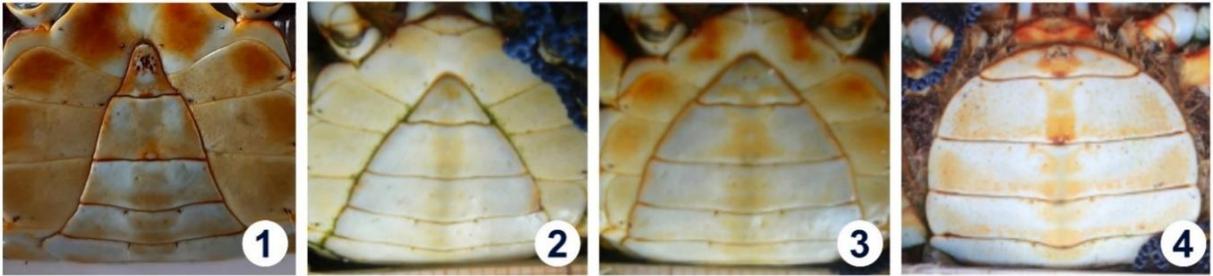
Fonte: Fotos por Isis Batistela e Débora Ferrari.

**Figura 3** – Largura da carapaça do caranguejo *G. grapsus*.



Fonte: Fotos por Juliana Fonseca

**Figura 4** – Identificação de (1) machos e (2,3 e 4) fêmeas conforme o formato do abdômen.



Fonte: Fotos por Thais Macedo e Tammy Iwasa.

**Figura 5** – Fêmea ovígera; presença de ovos no interior do abdômen.



Fonte: Foto por Isis Batistela.

**Figura 6** – Caranguejo com (1) pereópode ausente e (2) bolsa de regeneração.



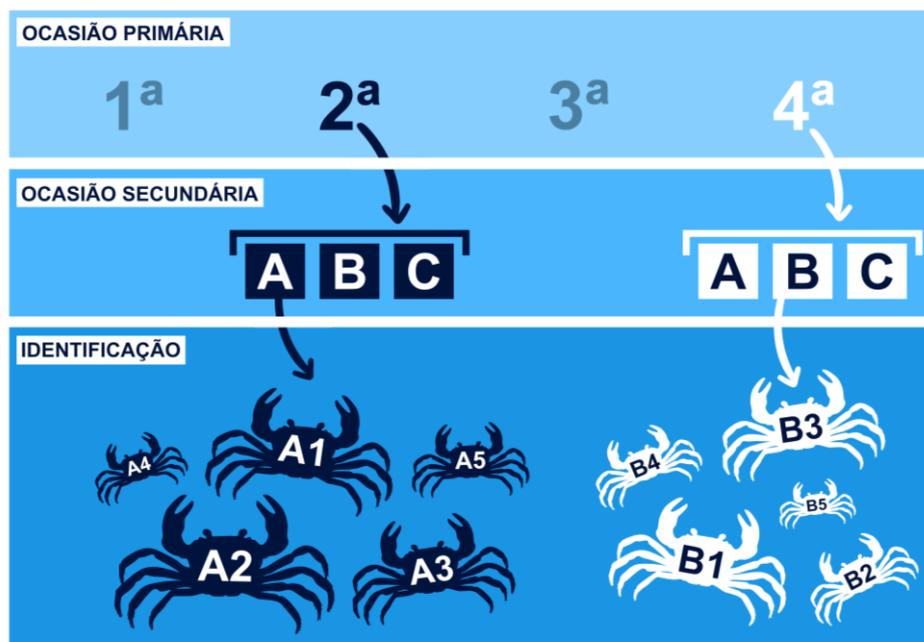
Fonte: Foto por Thais Macedo e Vanessa Martins.

### 3.3 Atividade em Campo: Marcação e Recaptura

O método de estudo foi baseado no Desenho Robusto de Pollock (POLLOCK, 1982), que realiza amostragens em ocasiões primárias e secundárias, considerando populações abertas e fechadas respectivamente. Nesse estudo, as coletas realizadas com um maior intervalo de tempo, variando de 15 dias a meses, foram definidas como ocasiões primárias, e as ocasiões secundárias, pertencentes a uma mesma ocasião primária, ocorreram em dias consecutivos.

Para melhor organização das fotografias e evitar captura de um mesmo caranguejo na mesma ocasião secundária, foi escrito um código de identificação na carapaça dos caranguejos com uma caneta Posca. As ocasiões primárias foram identificadas por meio de números, e as ocasiões secundárias letras (Ex.: a primeira expedição para SPSP foi feita em março, logo foi a 1ª ocasião primária. Como foram três dias de coleta, as ocasiões secundárias são A, B e C. Dessa forma os indivíduos capturados no primeiro dia são referentes à ocasião 1A, os do segundo dia, 1B, e do terceiro dia, 1C). O código de identificação, registrado na carapaça, consistiu em uma letra referente à ocasião secundária e o número da captura daquele dia (Ex.: todos indivíduos capturados durante o segundo dia têm em sua carapaça a letra B escrita, sendo o primeiro indivíduo do dia, B1, o segundo, B2, o terceiro, B3, e assim por diante) (Fig.7). Por fim, foram realizadas as fotografias dos indivíduos.

**Figura 7** – Esquema referente às ocasiões primárias, secundárias e código de identificação.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.4 Identificação de Recapturas: Wild-ID

Todos os animais capturados e fotografados foram identificados conforme a ilha em que estavam, seu sexo e número de captura (Ex.: uma fêmea de SPSP que foi a 52ª captura foi identificada como SPSPX052, um macho de TRI que foi a 3ª captura tem sua identificação como TRIY003) e assim, criou-se um catálogo dos indivíduos. Durante as expedições tirou-se novas fotos que, posteriormente, foram recortadas para que a parte central da carapaça formasse a imagem final. Em seguida, comparou-se as fotos por meio do software Wild-Id (BOLGER *et al.*, 2012) que identifica os padrões de manchas presentes na carapaça do *G. grapsus* e a partir disso, busca no catálogo uma foto com padrão similar e sugere prováveis recapturas, que podem indicar que aquele caranguejo havia sido fotografado anteriormente (Fig.8). O resultado obtido precisou ser confirmado ou rejeitado manualmente, quando houve confirmação da recaptura essa informação foi registrada, caso contrário, esse recebeu uma identificação e foi adicionado ao catálogo como um novo indivíduo.

**Figura 8** – Esquema sobre a utilização do Wild-ID para identificação de recapturas.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.5 Análise de Dados: Software MARK

O desenho amostral (Fig.9) em TRI foi delineado através de duas expedições, divididas em 8 ocasiões primárias e 23 secundárias. Já em SPSP foram realizadas quatro expedições,

totalizando 4 ocasiões primárias e 12 secundárias. Em ambas as ilhas o intervalo de tempo entre ocasiões secundárias variou de um a dois dias. Entretanto, para as ocasiões primárias em TRI o intervalo foi entre uma e duas semanas, para a mesma expedição, e 7 semanas entre expedições diferentes. Já em SPSP, o intervalo de tempo foi: 10, 19 e 35 semanas.

As expedições foram realizadas em TRI nos meses de abril, maio, julho, agosto e setembro de 2022, e em SPSP nos meses de março, maio e setembro de 2022 e maio e junho de 2023.

**Figura 9** – Desenho Amostral de Trindade e São Pedros e São Paulo com indicação de ocasiões primárias, secundárias e intervalo de tempo entre ocasiões.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Considerando que os intervalos de tempo entre as ocasiões primárias foram discrepantes nas ilhas, se fez necessária uma padronização. Dessa forma, foram definidos valores específicos que correspondiam aos diferentes intervalos de tempo: um, para 1 a 4 semanas, dois, para 4 a 8 semanas, três, para 8 a 12 semanas, cinco, 16 a 20 semanas e nove, para 32 a 36 semanas. Esses valores foram posteriormente adicionados no software de análise.

Então criou-se para as duas ilhas uma matriz binária com colunas que representavam as ocasiões e linhas referentes aos indivíduos do catálogo. Assim foi possível desenvolver o histórico de captura para cada caranguejo, atribuindo os números “1” quando o animal era encontrado e “0” quando não encontrado. Para análise do histórico de captura foi utilizado o Software MARK (versão 6.2) (WHITE e BURNHAM, 1999), sendo o Desenho Robusto o modelo escolhido, uma vez que considera ocasiões primárias e secundárias. Assim, foram obtidos os parâmetros: probabilidade de captura ( $p$ ) recaptura ( $c$ ), migração temporária ( $\gamma'$  e  $\gamma''$ ) e sobrevivência aparente ( $\phi$ ). Ainda, para o cálculo de abundância ( $N$ ) foi necessário empregar o modelo de Huggins para populações fechadas (SIQUEIRA *et al*, 2017; HUGGINS, 1989).

O software MARK possibilita a criação de diferentes modelos através da edição de parâmetros. Então, houve o teste de possíveis modelos nas ilhas de estudo, de modo que foi escolhido através dos valores de Critério de Informação de Akaike (AIC) o mais parcimonioso; modelo como menor valor de AIC e número adequado de parâmetros (BURNHAM e ANDERSON, 1992). Os modelos diferiam em relação aos parâmetros  $p$ ,  $c$  e  $\phi$  que foram definidos como constantes (.) ou com variação temporal (t),  $p$  e  $c$  foram considerados iguais ( $p = c$ ) e podendo apresentar variação entre ocasiões secundárias (ts) ou apenas entre ocasiões primárias (t). Ainda, foram propostos 3 diferentes formatos de migração temporária (SIQUEIRA *et al*, 2017).

Dado que os indivíduos de uma superpopulação podem alternar entre presentes na área delimitada para o estudo ou ausentes, é possível identificar a migração temporária ( $\gamma'$  e  $\gamma''$ ) dos animais. A variável  $\gamma'$  representa a probabilidade do indivíduo estar indisponível para captura (fora da área de estudo) na ocasião primária “t” sendo que não foi observado em “t-1” e sobreviveu a “t”. Enquanto a variável  $\gamma''$  é definida como: probabilidade do indivíduo estar indisponível para captura na ocasião primária “t” sendo que foi encontrado na ocasião “t-1” e sobreviveu (WHITE e BURNHAM, 1999). Desta maneira, a migração temporária pode ser definida como: *aleatória* ( $\gamma' = \gamma''$ ), quando a probabilidade de um indivíduo migrar é independente de sua posição anterior, *markoviana* ( $\gamma' \neq \gamma''$ ), em que a probabilidade do organismo migrar depende de sua posição, ou *sem movimento* ( $\gamma' = \gamma'' = 0$ ), onde não ocorre migração (KENDALL *et al*, 1997; SIQUEIRA *et al*, 2017; WHITE e BURNHAM, 1999).

Os modelos foram realizados de forma geral para TRI e SPSP. Adicionalmente, em TRI, as análises de machos e fêmeas foram conduzidas separadamente.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da Estrutura Populacional

No total foram capturados 658 indivíduos em TRI, entre abril e setembro de 2022 (23 dias), e 338 indivíduos em SPSP, entre março de 2022 e junho de 2023 (12 dias). A proporção de machos foi maior que a de fêmeas em ambas as ilhas, sendo, 1:0,7 (macho:fêmea) em TRI e 1:0,6 em SPSP.

A proporção total de fêmeas ovígeras (FO) (0,61) foi superior ao de fêmeas não ovígeras (F) (0,39) em TRI, onde registrou-se os valores máximos de FO (0,67) em abril e setembro de 2022. Em SPSP a proporção de fêmeas ovígeras (0,35) foi inferior ao de fêmeas não ovígeras (0,65), e os valores máximos foram registrados em março e setembro de 2022 (0,43), evidenciando um padrão similar à TRI (Tabela 1)

**Tabela 1** – Proporção de machos e fêmeas em TRI e SPSP. Número de fêmeas não ovígeras (F) e ovígeras (FO) em relação à quantidade total de fêmeas, e proporção sexual entre machos e fêmeas.

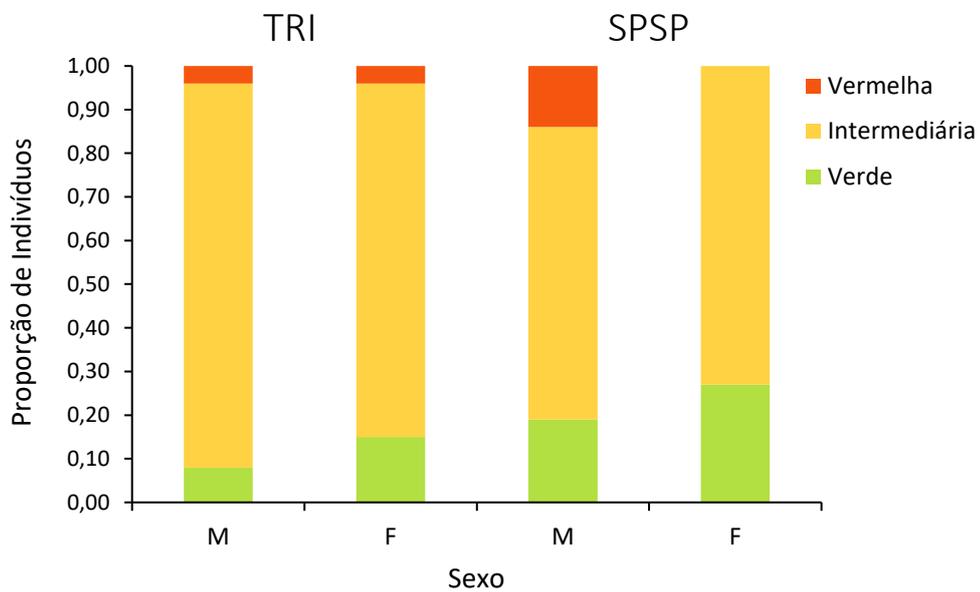
| Ilha | Data          | N° de dias amostrados | Macho       | Fêmea       |             |             | M:F          |
|------|---------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|      |               |                       |             | Total       | F           | FO          |              |
| TRI  | Abril 2022    | 3                     | 0,65        | 0,35        | 0,33        | 0,67        | 1:0,5        |
|      | Mai 2022      | 8                     | 0,62        | 0,38        | 0,39        | 0,61        | 1:0,6        |
|      | Julho 2022    | 3                     | 0,54        | 0,46        | 0,43        | 0,57        | 1:0,9        |
|      | Agosto 2022   | 6                     | 0,57        | 0,43        | 0,42        | 0,58        | 1:0,8        |
|      | Setembro 2022 | 3                     | 0,55        | 0,45        | 0,33        | 0,67        | 1:0,8        |
|      | <b>Total</b>  | <b>23</b>             | <b>0,59</b> | <b>0,41</b> | <b>0,39</b> | <b>0,61</b> | <b>1:0,7</b> |
| SPSP | Março 2022    | 3                     | 0,69        | 0,31        | 0,57        | 0,43        | 1:0,4        |
|      | Mai 2022      | 3                     | 0,59        | 0,41        | 0,75        | 0,25        | 1:0,7        |
|      | Setembro 2022 | 3                     | 0,58        | 0,42        | 0,57        | 0,43        | 1:0,7        |
|      | Junho 2023    | 3                     | 0,63        | 0,37        | 0,71        | 0,29        | 1:0,6        |
|      | <b>Total</b>  | <b>12</b>             | <b>0,63</b> | <b>0,37</b> | <b>0,65</b> | <b>0,35</b> | <b>1:0,6</b> |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Em relação à coloração dos caranguejos na faixa de tamanho selecionada para o estudo, em ambas as ilhas a cor de carapaça predominante é a intermediária, seguida pela cor verde e

uma baixa frequência de indivíduos avermelhados (Fig. 10). Em TRI as proporções dos padrões de coloração foram muito semelhantes entre os sexos (Fêmeas: VD=0,15, IT=0,81 e VA=0,04 e Machos: VD=0,08, IT=0,88 e VA=0,04). Em SPSP não foram observadas fêmeas vermelhas (VD=0,27 e IT=0,73), porém houve uma maior proporção de machos vermelhos comparado a TRI (TRI: VA=0,04 e SPSP: VA=0,14). A proporção de indivíduos verdes também foi superior em SPSP.

**Figura 10** – Proporção de indivíduos (machos (M) e fêmeas(F)) conforme a cor de carapaça em TRI e SPSP



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Em ambas as áreas de estudo, foi analisada a média da largura de carapaça (LC) para cada sexo (Tabela 2). Tanto em TRI quanto SPSP, os machos apresentaram valores médios superiores de LC quando comparados às fêmeas. A diferença entre macho e fêmeas foi maior em SPSP (3,60 mm) do que em TRI (2,50 mm). Ainda, em TRI foram registradas as maiores médias de LC, que superaram em 7,48 mm e 8,58 mm os machos e fêmeas de SPSP, respectivamente. Em TRI a classe de tamanho predominante foi de 61-70 mm para machos e 51-60 mm para fêmeas, sendo superior aos valores do SPSP para ambos os sexos (41-50 mm) (Fig. 11).

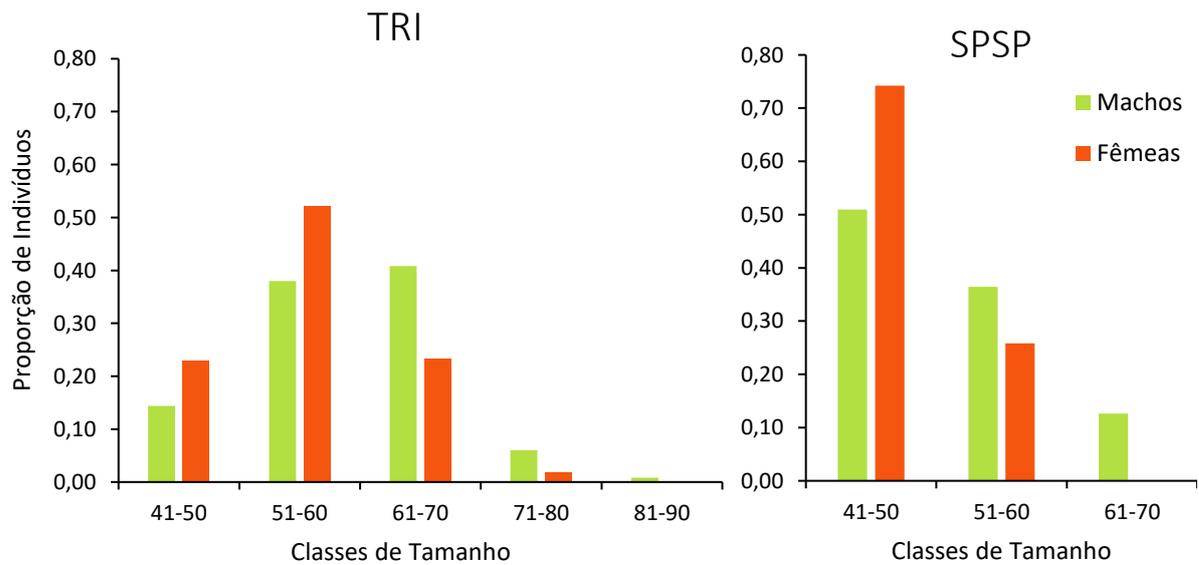
Percebe-se o mesmo padrão para os valores máximos de LC registrados em TRI (90 mm em machos e 77 mm em fêmeas), que são notavelmente superiores aos valores de SPSP (69,85 mm em machos e 59,20 mm em fêmeas).

**Tabela 2** – Média da largura da carapaça (LC) e desvio padrão (DP) dos caranguejos conforme o sexo: macho, fêmea não ovígera (F), ovígera (FO) e fêmeas totais. Assim como a largura mínima e máxima da carapaça.

| Ilha | Sexo  | LC           | DP           | Mínima       | Máxima       |              |
|------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| TRI  | Macho | <b>58,73</b> | <b>6,83</b>  | <b>40,00</b> | <b>90,00</b> |              |
|      | Fêmea | F            | 55,85        | 4,97         | 40,00        | 70,00        |
|      |       | FO           | 56,46        | 4,67         | 40,40        | 77,00        |
|      |       | <b>Total</b> | <b>56,23</b> | <b>4,80</b>  | <b>40,00</b> | <b>77,00</b> |
| SPSP | Macho | <b>51,25</b> | <b>5,87</b>  | <b>40,00</b> | <b>69,85</b> |              |
|      | Fêmea | F            | 47,70        | 3,67         | 40,00        | 57,00        |
|      |       | FO           | 47,55        | 2,87         | 40,00        | 59,20        |
|      |       | <b>Total</b> | <b>47,65</b> | <b>3,39</b>  | <b>40,00</b> | <b>59,20</b> |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

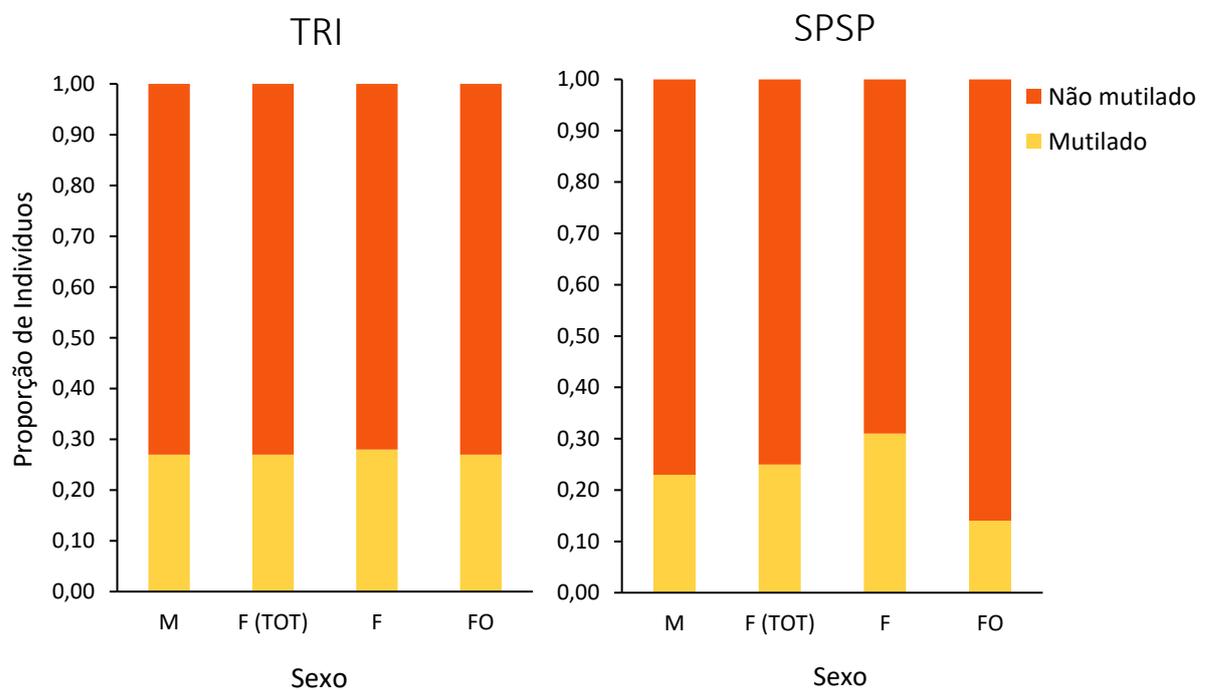
**Figura 11** – Proporção de indivíduos (machos e fêmeas) em TRI e SPSP conforme a classe de tamanho.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Por fim, no que se diz respeito à mutilação de pereópodes (Fig. 12), registrou-se semelhança entre ilhas, de modo que a mutilação total em TRI (0,27) foi ligeiramente superior à de SPSP (0,24). A frequência de mutilação foi similar entre machos e fêmeas de TRI (M=0,27 e F(tot)=0,27) e SPSP (M=0,23 e F(tot)=0,25). Além disso, em SPSP a proporção de fêmeas não ovígeras mutiladas foi superior às outras classes (F=0,31 e FO=0,14).

**Figura 12** – Proporção de caranguejos mutilados em TRI e SPSP conforme o sexo e classe: macho, fêmeas totais (F(TOT)), fêmea não ovígera (F), fêmea ovígera (FO).



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 4.2 Marcação e Recaptura: Entre Ilhas

A partir da seleção entre oito modelos de marcação e recaptura com Design Robusto de Pollock testados para TRI, o modelo mais parcimonioso apresentou sobrevivência constante ( $\phi(\cdot)$ ), ausência de migração ( $\gamma'(0) \gamma''(0)$ ), iguais probabilidades de captura e recaptura, sendo essas com variação temporal entre ocasiões primárias ( $p(t)=c(t)$ ) (Tabela 3). Para SPSP, dos sete modelos candidatos, o modelo mais parcimonioso apresentou: sobrevivência constante, ausência de migração temporária, iguais probabilidades de captura e recaptura com variação temporal entre ocasiões secundárias ( $p(ts)=c(ts)$ ) (Tabela 4).

**Tabela 3** – Seleção dos modelos populacionais candidatos para TRI. Sobrevivência ( $\phi$ ), migração ( $\gamma'$   $\gamma''$ ), probabilidades de captura (p) e recaptura (c) constante (.), ausente (0), com variação temporal entre ocasiões primárias (t) e entre ocasiões secundárias (ts).

| Modelos  | AICc    | $\Delta$ AICc | Peso AICc | Probabilidade | Parâmetros | Desvio  |
|--|---------|---------------|-----------|---------------|------------|---------|
| 1) $\phi$ (.) $\gamma'$ (0) $\gamma''$ (0) p(t)=c(t)   | 2769,52 | 0,00          | 0,615     | 1,00          | 9          | 3515,45 |
| 2) $\phi$ (.) $\gamma'$ (.) = $\gamma''$ (.) p(t)=c(t) | 2771,46 | 1,94          | 0,233     | 0,38          | 10         | 3515,33 |
| 3) $\phi$ (.) $\gamma'$ (.) $\gamma''$ (.) p(t)=c(t)   | 2773,29 | 3,77          | 0,093     | 0,15          | 11         | 3515,09 |
| 4) $\phi$ (t) $\gamma'$ (0) $\gamma''$ (0) p(t)=c(t)   | 2775,10 | 5,58          | 0,038     | 0,06          | 15         | 3508,55 |
| 5) $\phi$ (.) $\gamma'$ (0) $\gamma''$ (0) p(.)=c(.)   | 2777,08 | 7,57          | 0,014     | 0,02          | 2          | 3537,29 |
| 6) $\phi$ (t) $\gamma'$ (.) $\gamma''$ (.) p(t)=c(t)   | 2778,55 | 9,03          | 0,007     | 0,01          | 17         | 3507,79 |
| 7) $\phi$ (t) $\gamma'$ (t) $\gamma''$ (t) p(t)=c(t)   | 2793,52 | 24,01         | 0,000     | 0,00          | 27         | 3501,27 |
| 8) $\phi$ (t) $\gamma'$ (t) $\gamma''$ (t) p(ts)=c(ts) | 2807,79 | 38,27         | 0,000     | 0,00          | 43         | 3479,65 |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Tabela 4** – Seleção dos modelos populacionais candidatos para SPSP. Sobrevivência aparente ( $\phi$ ), migração ( $\gamma'$   $\gamma''$ ), probabilidades de captura (p) e recaptura (c) constante (.), ausente (0), com variação temporal entre ocasiões primárias (t) e entre ocasiões secundárias (ts).

| Modelos  | AICc   | $\Delta$ AICc | Peso AICc | Probabilidade | Parâmetros | Desvio  |
|--|--------|---------------|-----------|---------------|------------|---------|
| 1) $\phi$ (.) $\gamma'$ (0) $\gamma''$ (0) p(ts)=c(ts)   | 917,05 | 0,00          | 0,593     | 1,00          | 13         | 1513,11 |
| 2) $\phi$ (t) $\gamma'$ (0) $\gamma''$ (0) p(ts)=c(ts)   | 918,68 | 1,63          | 0,263     | 0,44          | 15         | 1510,37 |
| 3) $\phi$ (t) $\gamma'$ (.) = $\gamma''$ (.) p(ts)=c(ts) | 920,88 | 3,83          | 0,087     | 0,15          | 16         | 1510,37 |
| 4) $\phi$ (t) $\gamma'$ (.) $\gamma''$ (.) p(ts)=c(ts)   | 923,10 | 6,05          | 0,029     | 0,05          | 17         | 1510,37 |
| 5) $\phi$ (.) $\gamma'$ (0) $\gamma''$ (0) p(t)=c(t)     | 924,08 | 7,03          | 0,018     | 0,03          | 5          | 1537,08 |
| 6) $\phi$ (t) $\gamma'$ (t) = $\gamma''$ (t) p(ts)=c(ts) | 925,33 | 8,28          | 0,009     | 0,02          | 18         | 1510,37 |
| 7) $\phi$ (t) $\gamma'$ (t) $\gamma''$ (t) p(ts)=c(ts)   | 929,83 | 12,78         | 0,001     | 0,00          | 20         | 1510,37 |

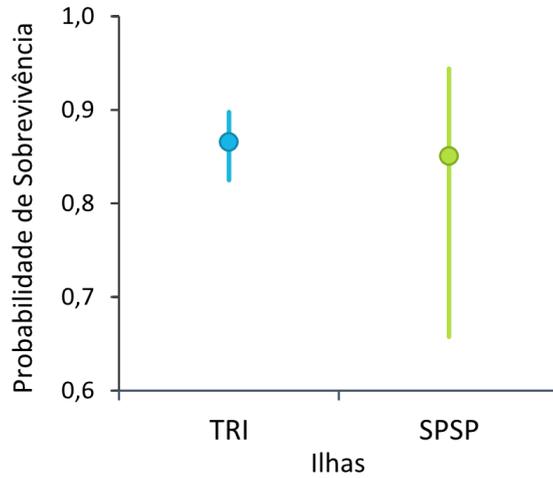
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A probabilidade de sobrevivência aparente foi alta e similar entre TRI ( $\phi=0,87 \pm 0,02$  DP, 95% IC= 0,82 – 0,90) e SPSP ( $\phi=0,85 \pm 0,07$  DP, 95% IC= 0,66 – 0,94) (Fig.13). Entretanto, houve uma maior amplitude no intervalo de confiança para SPSP.

Os resultados obtidos são referentes à probabilidade de sobrevivência semanal dos caranguejos. Sendo assim, para calcular a probabilidade de sobrevivência entre ocasiões primárias é necessário considerar o intervalo de tempo entre essas ocasiões.

Para TRI, que teve os intervalos de 1, 2 e 7 semanas entre ocasiões primárias, as probabilidades de sobrevivência foram: 0,87;  $0,87^2 = 0,76$  e  $0,87^7 = 0,38$ , respectivamente. Já, SPSP, que apresentou intervalo de 10, 19 e 35 semanas entre ocasiões primárias, as probabilidades de sobrevivência foram:  $0,85^{10} = 0,20$ ;  $0,85^{19} = 0,04$  e  $0,85^{35} = 0,003$ .

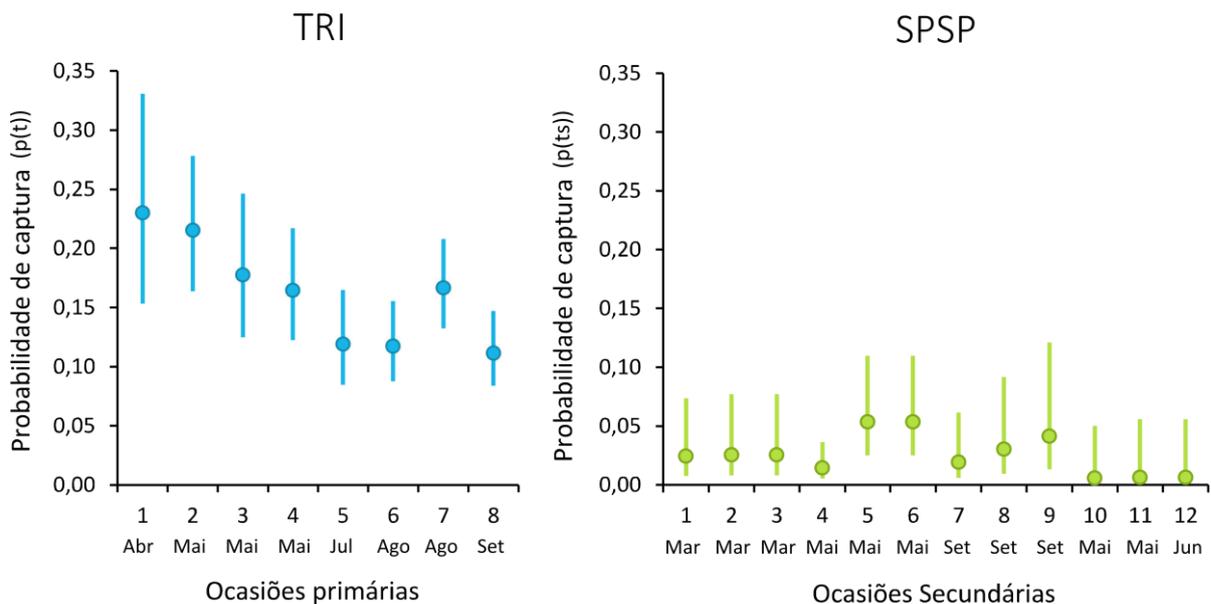
**Figura 13** – Probabilidade de sobrevivência semanal em TRI e SPSP e valores máximo e mínimo.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A probabilidades de captura (e recaptura) variou entre  $0,11 \pm 0,02$  DP e  $0,23 \pm 0,05$  DP para TRI, e  $0,006 \pm 0,007$  DP e  $0,053 \pm 0,020$  DP para SPSP. Além de se destacar por probabilidades de captura superiores em comparação com SPSP, em TRI é evidente que a probabilidade de captura diminuiu no decorrer das ocasiões primárias (Fig.14).

**Figura 14** – Probabilidades de captura entre ocasiões primárias (p(t)) em TRI e entre as ocasiões secundárias (p(ts)) em SPSP.

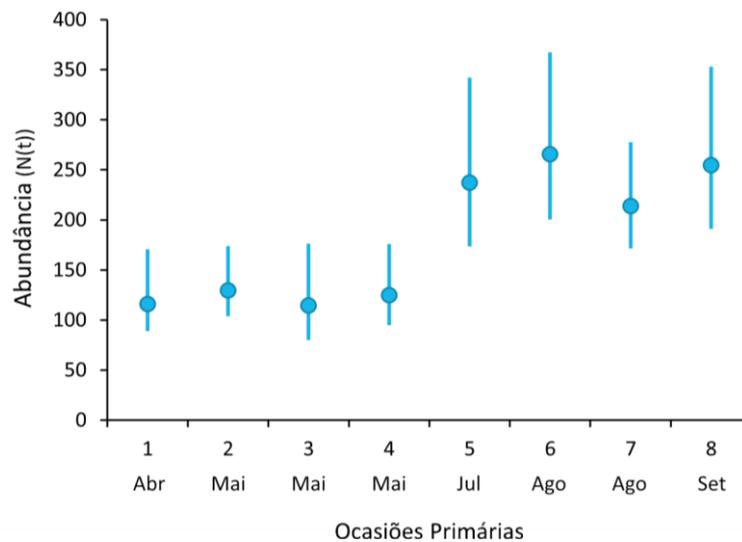


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Por fim, abundância de caranguejos estimada em TRI para as ocasiões primárias ( $N(t)$ ) variou entre  $114 \pm 23,69$  DP e  $266 \pm 41,80$  DP (Fig. 15). E registrou-se um grande aumento de abundância entre as quatro primeiras e quatro últimas ocasiões primárias que ocorreram nos meses de julho, agosto e setembro, respectivamente. A abundância média foi igual a  $182 \pm 60,79$  DP.

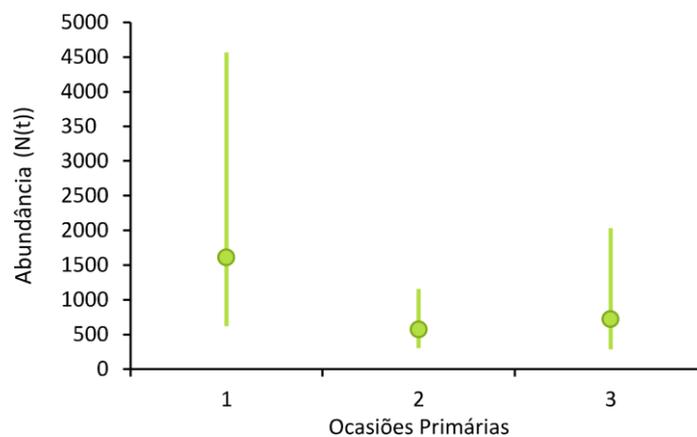
Em SPSP a abundância em cada ocasião primária ( $N(t)$ ) foi superior e com maior variação quando comparado a TRI, variando entre  $574 \pm 205,83$  DP e  $1613 \pm 900,22$  DP (Fig. 16) e média igual a  $970 \pm 428,20$  DP. A abundância da quarta ocasião primária, que não está inserida no gráfico e no cálculo de abundância média devido ao valor extremo, foi estimada em  $4555 \pm 5087,80$  DP com valor máximo de 26764.

**Figura 15** – Abundância ( $N(t)$ ) de indivíduos em TRI para cada ocasião primária.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 16** – Abundância ( $N(t)$ ) de indivíduos em SPSP para cada ocasião primária.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 4.2 Marcação e Recaptura: Machos e Fêmeas de Trindade

Adicionalmente, para a análise separadamente de machos e fêmeas em TRI, os modelos foram novamente selecionados no software MARK. Os dois modelos escolhidos se assemelham em relação a: sobrevivência constante ( $\phi(\cdot)$ ), ausência de migração ( $\gamma'(0) \gamma''(0)$ ) e probabilidade de captura e recaptura iguais. Entretanto, para os machos foi estabelecida probabilidades de captura e recaptura com variação temporal entre ocasiões primárias ( $p(t)=c(t)$ ) (Tabela 5), e para as fêmeas essas probabilidades demonstram ser constantes, ( $p(\cdot)=c(\cdot)$ ) (Tabela 6).

**Tabela 5** – Seleção dos modelos populacionais candidatos para machos de TRI.

Sobrevivência aparente ( $\phi$ ), migração ( $\gamma' \gamma''$ ), probabilidades de captura ( $p$ ) e recaptura ( $c$ ) constante ( $\cdot$ ), ausente (0), com variação temporal entre ocasiões primárias (t) e entre ocasiões secundarias (ts).

| Model   | AICc    | $\Delta$ AICc | Peso AICc | Probabilidade | Parâmetros | Desvio  |
|---|---------|---------------|-----------|---------------|------------|---------|
| 1) $\phi(\cdot) \gamma'(0) \gamma''(0) p(t)=c(t)$         | 1641,06 | 0             | 0,386     | 1,00          | 9          | 1912,68 |
| 2) $\phi(\cdot) \gamma'(0) \gamma''(0) p(\cdot)=c(\cdot)$ | 1641,74 | 0,68          | 0,275     | 0,71          | 2          | 1927,82 |
| 3) $\phi(\cdot) \gamma'(\cdot) \gamma''(\cdot) p(t)=c(t)$ | 1642,11 | 1,05          | 0,228     | 0,59          | 10         | 1911,62 |
| 4) $\phi(\cdot) \gamma'(\cdot) \gamma''(\cdot) p(t)=c(t)$ | 1643,68 | 2,62          | 0,104     | 0,27          | 11         | 1911,06 |
| 5) $\phi(t) \gamma'(0) \gamma''(0) p(t)=c(t)$             | 1649,96 | 8,89          | 0,005     | 0,01          | 15         | 1908,72 |
| 6) $\phi(t) \gamma'(\cdot) \gamma''(\cdot) p(t)=c(t)$     | 1652,51 | 11,45         | 0,001     | 0,00          | 17         | 1906,90 |
| 7) $\phi(t) \gamma'(t) \gamma''(t) p(t)=c(t)$             | 1667,32 | 26,26         | 0,000     | 0,00          | 27         | 1899,06 |
| 8) $\phi(t) \gamma'(t) \gamma''(t) p(ts)=c(ts)$           | 1690,36 | 49,30         | 0,000     | 0,00          | 42         | 1885,55 |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Tabela 6** – Seleção dos modelos populacionais candidatos para fêmeas de TRI.

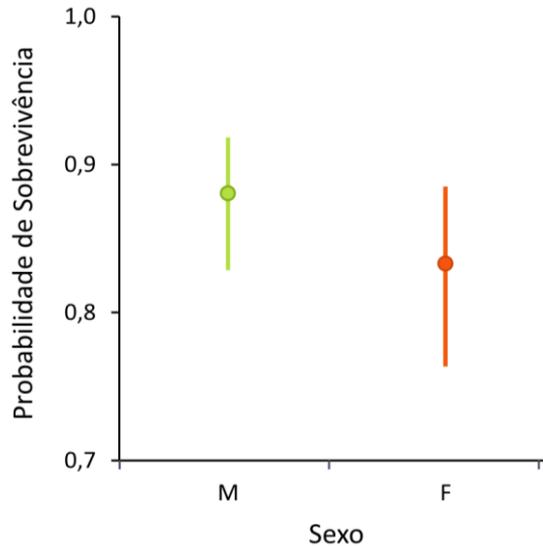
Sobrevivência aparente ( $\phi$ ), migração ( $\gamma' \gamma''$ ), probabilidades de captura ( $p$ ) e recaptura ( $c$ ) constante ( $\cdot$ ), ausente (0), com variação temporal entre ocasiões primárias (t) e entre ocasiões secundarias (ts).

| Model   | AICc    | $\Delta$ AICc | Peso AICc | Probabilidade | Parâmetros | Desvio  |
|---|---------|---------------|-----------|---------------|------------|---------|
| 1) $\phi(\cdot) \gamma'(0) \gamma''(0) p(\cdot)=c(\cdot)$ | 1129,98 | 0,00          | 0,684     | 1,00          | 2          | 1122,63 |
| 2) $\phi(\cdot) \gamma'(0) \gamma''(0) p(t)=c(t)$         | 1132,65 | 2,67          | 0,180     | 0,26          | 9          | 1110,63 |
| 3) $\phi(\cdot) \gamma'(\cdot) \gamma''(\cdot) p(t)=c(t)$ | 1134,81 | 4,83          | 0,061     | 0,09          | 10         | 1110,63 |
| 4) $\phi(\cdot) \gamma'(\cdot) \gamma''(\cdot) p(t)=c(t)$ | 1134,81 | 4,83          | 0,061     | 0,09          | 10         | 1110,63 |
| 5) $\phi(t) \gamma'(0) \gamma''(0) p(t)=c(t)$             | 1138,40 | 8,42          | 0,010     | 0,01          | 15         | 1103,17 |
| 6) $\phi(t) \gamma'(\cdot) \gamma''(\cdot) p(t)=c(t)$     | 1140,67 | 10,69         | 0,003     | 0,00          | 16         | 1103,17 |
| 7) $\phi(t) \gamma'(t) \gamma''(t) p(t)=c(t)$             | 1161,44 | 31,46         | 0,000     | 0,00          | 27         | 1097,75 |
| 8) $\phi(t) \gamma'(t) \gamma''(t) p(ts)=c(ts)$           | 1189,10 | 59,12         | 0,000     | 0,00          | 42         | 1085,53 |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Em TRI observou-se uma maior sobrevivência semanal de machos ( $\phi=0,88 \pm 0,02$  DP, 95% IC= 0,83 – 0,92), do que fêmeas ( $\phi=0,83 \pm 0,03$  DP, 95% IC= 0,76 – 0,89) (Fig. 17). Além disso, as fêmeas demonstraram maior amplitude no intervalo de confiança.

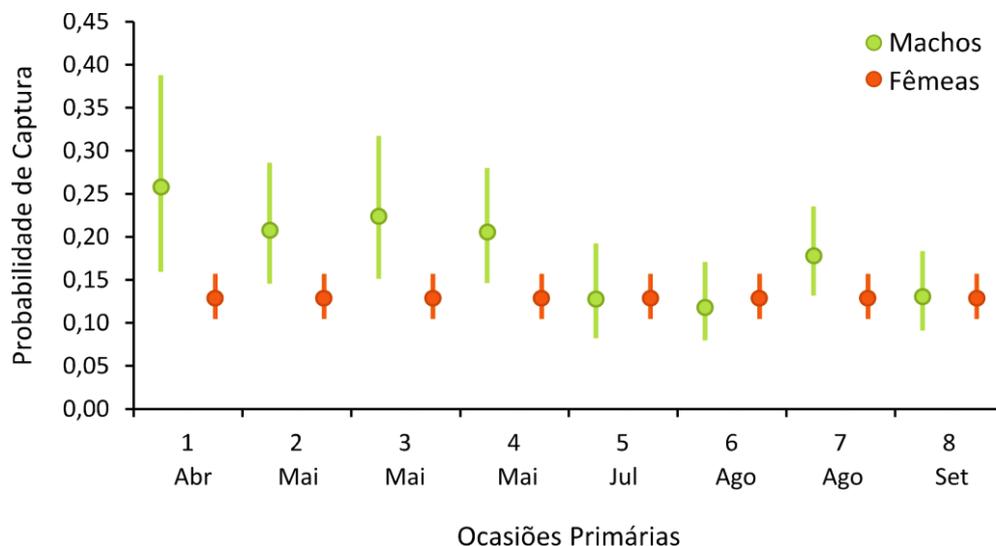
**Figura 17** – Probabilidade de sobrevivência semanal entre machos e fêmeas de TRI



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A probabilidade de captura (e recaptura) de machos variou de  $0,12 \pm 0,02$  DP a  $0,26 \pm 0,06$ , enquanto para as fêmeas, esse parâmetro permaneceu constante em  $0,13 \pm 0,01$  DP (fig. 18). A probabilidade de captura de machos foi inferior à de fêmeas em apenas duas ocasiões (5 e 6). Novamente, houve maiores valores de probabilidade de captura entre abril e maio.

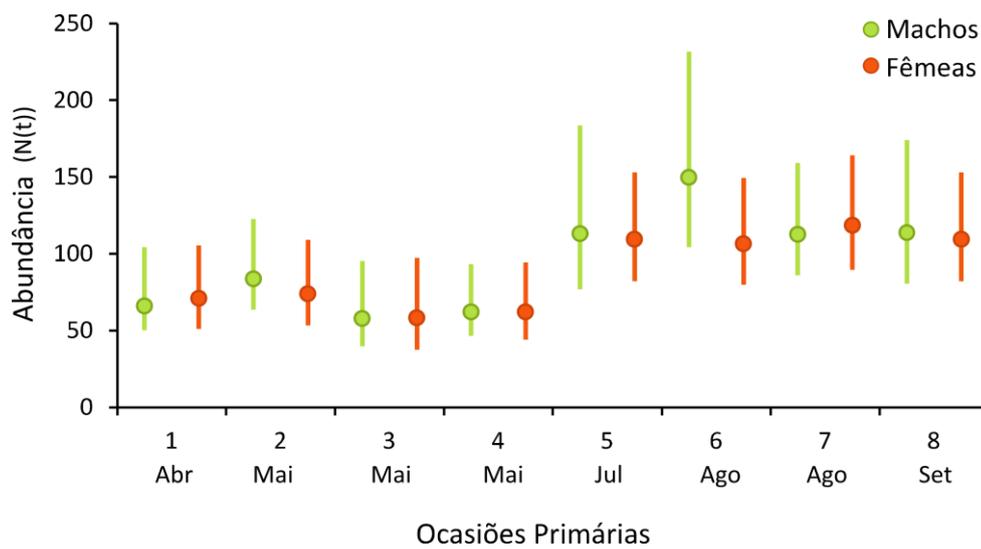
**Figura 18** – Probabilidade de captura de machos e fêmeas em TRI.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Finalmente, a abundância ( $N(t)$ ) variou entre  $58 \pm 13,43$  DP e  $150 \pm 31,41$  DP para machos e  $58 \pm 14,70$  DP e  $118 \pm 18,61$  DP para fêmeas (Fig. 19). Esse parâmetro foi muito similar entre sexos, exceto na sexta ocasião primária, quando a quantidade de machos se sobressaiu. Além disso, do mesmo modo que foi comentado anteriormente, para ambos os sexos, a abundância de caranguejos foi superior durante as últimas ocasiões primárias (5,6,7 e 8), equivalente aos meses julho, agosto e setembro, respectivamente.

**Figura 19** – Abundância de Machos e Fêmeas em TRI.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 5 DISCUSSÃO

A partir desse trabalho foi possível analisar parâmetros de estrutura e dinâmica populacional do caranguejo-aratu *Grapsus grapsus* em duas populações isoladas do Atlântico Ocidental, na ilha da Trindade (TRI) e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (SPSP). A população de TRI se destaca por apresentar caranguejos com maiores tamanhos, superior proporção de fêmeas ovígeras e maior similaridade na proporção de machos e fêmeas comparado a SPSP, onde a abundância é mais elevada e os indivíduos são menores. A competição intraespecífica, disponibilidade de recursos e fatores abióticos dos costões rochosos, podem explicar as diferenças encontradas nessas ilhas. Observa-se em TRI que o padrão de coloração da carapaça, que foi associada ao tamanho e estado de maturidade do caranguejo em Freire *et al.* (2010) (indivíduos menores e imaturos de coloração verde e indivíduos maiores e maturos de coloração intermediária ou vermelha), é semelhante entre sexos, há representantes de todas as cores e predominância de indivíduos de coloração intermediária. Os machos e fêmeas são grandes, alcançando, respectivamente, 90,00 mm e 77,00 mm de largura de carapaça, assim como, apresentam alta probabilidade sobrevivência. Em SPSP há menor proporção de fêmeas ovígeras, sendo essas, as que apresentam maiores taxas de mutilação. Não foram observadas fêmeas vermelhas no arquipélago e em ambos os sexos houve maior quantidade de indivíduos verdes quando comparado à TRI. Entretanto, assim como TRI, a cor intermediária foi a predominante. Além dos menores tamanhos médios, não foram registrados machos maiores que 70mm e fêmeas com largura de carapaça superior a 60mm e. Nessa ilha a estimativa de sobrevivência também foi alta (mas com maior intervalo de confiança).

A TRI é caracterizada por uma maior diversidade de habitats, incluindo praias arenosas, costões rochosos e poças de maré, e área total superior. Enquanto SPSP é constituído por ambientes rochosos, sujeitos a condições adversas, como fortes ondas, e limitação de recursos e espaço. Em SPSP, a proporção inferior de fêmeas ovígeras e tamanhos menores de caranguejos foram indicadores importantes da atuação da denso-dependência nessa população. Enquanto proporção de padrão da coloração, taxa de mutilação e probabilidade de sobrevivência foram similares entre populações, indicando uma ausência de relação causa-efeito entre esses fatores e a abundância.

Observa-se que apesar de fêmeas ovígeras (FO) serem encontradas ao longo do ano todo, há indícios de que a reprodução é privilegiada nos meses intermediário, visto que foram

observadas maiores proporções dessas fêmeas no outono e primavera - abril e setembro (TRI) e março e setembro (SPSP). Ainda, em SPSP, a proporção de fêmeas ovígeras (FO= 0,35) foi inferior à de não ovígeras, ao contrário de TRI (FO= 0,61). A reprodução demanda um grande custo energético, principalmente para as fêmeas, uma vez que, durante esse processo, há considerável diminuição na reserva energética que é direcionada para a produção de gametas e massa ovígera, assim como os cuidados: “carregar, limpar e oxigenar” os ovos (HARTNOLL, 2006; COLPO e LÓPEZ-GRECO, 2018; DONELAN e TRUSSELL, 2020). Visto que, esse arquipélago apresenta menor disponibilidade de recursos e maior competição intraespecífica, a obtenção de energia é dificultada, justificando, assim, a menor proporção dessas fêmeas.

Ao comparar os tamanhos médios de largura de carapaça entre ilhas, observa-se em TRI (M=58,73 mm ± 6,83 DP e F=56,23 mm ± 4,80 DP) caranguejos maiores que SPSP (M=51,25 mm ± 5,87 e F=47,65 mm ± 3,39). A denso-dependência pode influenciar o crescimento dos animais, uma vez que maiores densidades resultam em condições “desfavoráveis para o crescimento”, como menor disponibilidade de alimento e maior competição (LEKVE *et al.*, 2002). Marks *et al.* (2019) propõe que o crescimento dependente da densidade é estabelecido no início da vida do animal.

Os resultados de largura máxima de carapaça (LC) para machos e fêmeas em SPSP foram muito similares entre o presente estudo (M= 69,85 mm e F=59,20 mm) e Freire *et al.*, 2010 (M= 69,50 mm e F= 57,30 mm), sugerindo esses valores como tamanhos limites de LC no arquipélago e a ausência de variação deste parâmetro ao longo de 10 anos de estudos desta população. O menor tamanho médio de LC dos caranguejos de SPSP (M=39,90 mm ± 12,10 DP e F=35,90 mm ± 11,10 DP) registrados em Freire *et al.* (2010), comparado ao presente estudo (M=51,25 mm ± 5,87 DP e F= 47,65 mm ± 3,39 DP), pode ser devido ao maior esforço na captura de indivíduos pequenos, a partir de 9,10 mm, para estudos de maturação sexual.

Em relação à mutilação de membros em SPSP, FREIRE *et al.* (2010) apresentam taxa de mutilação semelhantes à encontrada no presente trabalho (~ 0,24), assim como proporções similares entre machos e fêmeas mutilados. Ainda, nesse estudo, que adicionou dados de TRI, as taxas de mutilação foram parecidas nas duas ilhas (TRI = 0,27 e SPSP= 0,24), sugerindo que a mutilação é uma característica comum da espécie, resultado da agressividade, do canibalismo e de mecanismo de defesa. A mutilação de membros já foi registrada em SPSP em momentos que indivíduos menores realizavam autotomia para escapar de ataques repentinos de caranguejos maiores, ou eram consumidos inteiramente (FREIRE *et al.*, 2010). Romero (2003)

registrou comportamentos de agressividade em machos e fêmeas quando defendiam um território, seguido de ataques quando o local era invadido, além de comportamentos canibais resultando a morte em momentos de cópula, ou autotomia quando o animal conseguia fugir.

As análises dos dados de marcação e recaptura em SPSP demonstraram grande variabilidade nas estimativas de sobrevivência ( $\phi=0,85 \pm 0,07$  DP, 95% IC= 0,66 – 0,94) e capturabilidade ( $0,006 \pm 0,007$  DP a  $0,053 \pm 0,020$  DP), que podem estar relacionadas à alta densidade de caranguejos no local, que resulta em maior competição, escassez de recursos e, conseqüentemente, instabilidade da população. A presença de eventos catastróficos pode ser outro fator determinante para as variações desses parâmetros, como ondas que varrem os costões e arrastam os caranguejos para o mar. Além disso, SPSP demonstrou probabilidades de captura inferiores a TRI ( $0,11 \pm 0,02$  DP a  $0,23 \pm 0,05$  DP). Acredita-se que, além de uma abundância superior, outro fator que influencia a captura dos caranguejos no arquipélago é o terreno irregular e mais perigoso, que dificulta a movimentação dos pesquisadores no costão rochoso. Ainda, os maiores intervalos de tempo entre expedições diminuem a probabilidade de sobrevivência dos caranguejos entre ocasiões primárias, que foram: 0,20, 0,04 e 0,003. Conseqüentemente há menor probabilidade desses animais serem capturados. Acredita-se que as amostragens tão espaçadas (10, 19 e 35 semanas) e menor quantidade de dados obtidos em SPSP gerem algumas dificuldades de comparação com TRI.

Uma vez que a abundância é calculada através da probabilidade de captura, valores baixos de captura podem superestimar a abundância (POLLOCK *et al.*, 1990). Em SPSP, por exemplo, durante os meses de maio e junho de 2023 (4ª ocasião primária), a baixa probabilidade de captura ( $0,006 \pm 0,007$  DP) resultou em valores muito altos de abundância média ( $4555 \pm 5087,80$  DP) e de valor máximo (26764 indivíduos). Percebe-se também, em TRI, com a diminuição na probabilidade de captura na segunda expedição (julho, agosto e setembro), notável aumento nas estimativas de abundância. Para compreensão dessa variação nos parâmetros em TRI são necessárias mais pesquisas que confirmem uma tendência de mudança na população, registro de dados esporádicos, ou viés amostral, introduzido pela diferença dos pesquisadores que coletaram os dados nas expedições.

Em relação às análises de machos e fêmeas em TRI, foi obtida elevada probabilidade de sobrevivência para ambos os sexos (M:  $\phi=0,88 \pm 0,02$  DP, 95% IC= 0,83 – 0,92 e F:  $\phi=0,83 \pm 0,03$  DP, 95% IC= 0,76 – 0,89), entretanto, para fêmeas, o valor foi inferior e com maior variação. Acredita-se na existência de diferenças específicas entre sexos que garantem a maior

sobrevivência dos machos, que é favorecida pelos tamanhos superiores e maior capacidade de fuga em casos de predação: ataques de polvos, moreias e outros caranguejos. Em contrapartida, nota-se nas fêmeas de diferentes espécies animais, uma resposta mais fraca frente a predação, já que o direcionamento energético para a defesa é muito custoso para a reprodução (DONELAN e TRUSSELL, 2020).

Macedo *et al.* (2022), trabalho que utilizou o Desenho Robusto para análise das fêmeas de TRI nos anos 2019 e 2020, estimou a sobrevivência desses caranguejos para duas semanas ( $\phi=0,71$ , 95% IC= 0,67 – 0,75). Sendo similar à sobrevivência semanal estimada nesse trabalho ( $\phi=0,83 \pm 0,03$  DP, 95% IC= 0,76 – 0,89) ( $\phi=0,69$  no período de duas semanas). Durante a presente análise, as fotos do catálogo de TRI dos anos de 2019 e 2020 foram comparadas com os novos registros de 2022 e 2023, e nenhuma recaptura foi identificada entre indivíduos capturados nos anos de 2019-2020 e 2022-2023. Isso pode indicar uma renovação da população durante esse intervalo de tempo, mas estabilidade nos parâmetros analisados. Essa renovação pode ser reforçada por Macedo *et al.* (2022) que sugeriu uma sobrevivência anual dos caranguejos adultos inferior a 0,001.

Em TRI, a probabilidade de captura foi outro parâmetro superior em machos ( $0,12 \pm 0,02$  DP a  $0,26 \pm 0,06$  DP) quando comparado as fêmeas ( $0,13 \pm 0,01$  DP). Isso pode ser resultado de um comportamento menos ativo, principalmente de fêmeas ovígeras que tendem a se esconder durante o período reprodutivo (YEOH, 2020). Em trabalhos com a “Lagosta europeia” (*Homarus gammarus*) a menor capturabilidade foi justificada pelo comportamento “mais tímido e menos ativo” das fêmeas (BIRO e SAMPSON, 2015; FERNÁNDEZ-CHACÓN *et al.*, 2021). Presume-se que a menor exposição das fêmeas diminui a probabilidade de serem capturadas durante as expedições.

Por fim, em todos os modelos selecionados foi assumida migração temporária ausente, o que indica alta fidelidade ao habitat. Uma vez que, teoricamente, os indivíduos que estavam fora ou dentro da área de estudo permaneceram no mesmo local ao longo das expedições. Além da ausência de migração, acredita-se que houve uma estabilidade na estrutura etária dessas populações. Em caso de um modelo com migração temporária presente, a captura de caranguejos que recém alcançaram a classe dos 40 mm poderia ser identificada como migração, visto que há possibilidade dos animais, que apresentam tamanho inferior durante uma das expedições, realizarem ecdise com o decorrer das coletas, e adentrarem essa classe. Sugerindo que o período de um ano não foi suficiente para grandes alterações nessas populações.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho acrescentou informações relevantes para a compreensão da dinâmica populacional de *Grapsus grapsus*, analisada anteriormente em Macedo *et al.* (2022) sem os dados de SPSP, e desenvolveu modelos populacionais específicos para cada ilha. A denso-dependência é um fator importante para o entendimento das diferenças encontradas nas populações de TRI e SPSP. De modo que, no SPSP, apresentou maior impacto sob os caranguejos, incluindo a baixa proporção de fêmeas ovíferas. E ainda, reforçou as evidências encontradas nos estudos anteriores em relação a densidade e tamanho dos indivíduos, e demonstrou que probabilidade de sobrevivência e altas taxas de mutilação não são influenciadas pela denso-dependência

Por fim, em SPSP, faz-se necessária a obtenção de mais dados e fotografias, assim como a realização de expedições mais próximas temporalmente para maior precisão nas estimativas. Novas coletas estão sendo realizadas em TRI, SPSP, FN e AR, de modo que, futuramente, será possível analisar as populações de *G. grapsus* em todas essas áreas estudar suas similaridades e diferenças.

## REFERÊNCIAS

- ANGULO, Rodolfo J. *et al.*. Evidence for Late Quaternary episodic uplift of the São Pedro and São Paulo Archipelago, Equatorial Atlantic. **Quaternary International**, [S.L.], v. 317, p. 102-111, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.023>.
- ANTÔNIO, Arel H. *et al.*. Levantamento Topográfico do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Equatorial) através da Tecnologia Lidar: In: OLIVEIRA, Jorge L. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo, 20 anos de pesquisa**. 1. ed. Recife: Via Design Publicações, 2018. Cap. 14. p. 199- 200
- ARAI, Tammy Iwasa. *et al.*. First record of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Decapoda: Grapsidae) in freshwater habitat. **Nauplius**, [S.l.], 4 dez. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2358-2936e2017032>.
- BIRO, Peter A.; SAMPSON, Portia. Fishing directly selects on growth rate via behaviour: implications of growth-selection that is independent of size. **Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1802, p. 20142283, 7 mar. 2015. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2283>.
- BOLGER, Douglas T. *et al.*. A computer-assisted system for photographic mark–recapture analysis. **Methods In Ecology And Evolution**, Hanover, v. 3, p. 813-822, 2012.
- BURNHAM, Kenneth P; ANDERSON, David R.. Data-based selection of na appropriate biological model: the key to modern data analysis. In: MCCULLOUGH, Dale R.; BARRETT, Reginald H. **Wildlife 2001: Populations**. Elsevier Science Publishers, 1992. p. 16-30.
- BRANDÃO, Manoela C. *et al.*. Distribution of decapod larvae in the surface layer of an isolated equatorial oceanic archipelago: The cases of benthic *Grapsus grapsus* (Brachyura: Grapsidae) and pelagic *Sergestes*. **Helgoland Marine Research**, v. 67, p. 155-165, 2012.
- BRUSCA, Richard C. *et al.*. Filo Arthropoda: crustacea - caranguejos, camarões e afins. In: BRUSCA, Richard C. *et al.* **Invertebrados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2018. Cap. 21. p. 732-734.
- BRUSCA, Richard C. *et al.*. Surgimento dos Artrópodes: Tardígrados, Onicóforos e Plano corpóreo dos Artrópodes. In: BRUSCA, Richard C. *et al.* **Invertebrados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2018. Cap. 20. p. 689.
- CAMPOS, Thomas F. *et al.*. Arquipélago de São Pedro e São Paulo - Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. In: Winge, M. *et al.* (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Publicado na Internet, 2005. Disponível em: [http://sigep.cprm.gov.br/sitio002/sitio002\\_impreso.pdf](http://sigep.cprm.gov.br/sitio002/sitio002_impreso.pdf).
- CAMPOS, Thomas F. *et al.*. Posição ímpar do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra. In: HAZIN, Fábio H. **O arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 Anos de Estação Científica**. Marinha do Brasil Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), Brasília, Brasil, 2009. p. 55-63.
- COLPO, Karine D.; LÓPEZ-GRECO, Laura S. Dynamics of energy reserves and the cost of reproduction in female and male fiddler crabs. **Zoology**, v. 126, p. 11-19, 2018.

COURTNEY, A.J. Population dynamics of Scyllarid lobsters of the genus *Thenus spp.* on the Queensland (Australia) east coast: I. Assessing the effects of tagging. **Fisheries Research**. [S.l.], v.53, n.3, p.251-261, nov. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0165-7836\(00\)00274-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0165-7836(00)00274-5).

COUTINHO, Ricardo; ZALMON, Ilana. O Bentos de Costões Rochosos. In: PEREIRA, Renato *et al*(org.). **Biologia Marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. Cap. 11. p. 293-294.

DONELAN, Sarah C.; TRUSSELL, Geoffrey C.. Sex-specific differences in the response of prey to predation risk. **Functional Ecology**, v. 34, n. 6, p. 1235-1243, 12 abr. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2435.13569>

FERNÁNDEZ-CHACÓN, Albert *et al.* Demographic responses to protection from harvesting in a long-lived marine species. **Biological Conservation**, v. 257, p. 109094, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109094>.

FREIRE, Andrea S. *et al.* A vida do caranguejo *Grapsus grapsus*. In: HAZIN, Fábio H. **O arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 Anos de Estação Científica**. Marinha do Brasil Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), Brasília, Brasil, 2009. p. 194-203.

FREIRE, Andrea S. *et al.* Biology of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Brachyura, Grapsidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic Ocean. **Helgoland Marine Research**, [S.l.], v. 65, n. 3, p. 263-273, 10 ago. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10152-010-0220-5>.

FREIRE, Andrea S. *et al.* Does the transport of larvae throughout the south Atlantic support the genetic and morphometric diversity of the Sally Lightfoot Crabs *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) and *Grapsus adscensionis* (Osbeck, 1765) (Decapoda: grapsidae) among the oceanic islands?. **Journal Of Marine Systems**, [S.l.], v. 223, p. 103614, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2021.103614>.

FRISCH, Ashley J. Photographic identification based on unique, polymorphic colour patterns: A novel method for tracking a marine crustacean. **Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology**, Townsville, v. 2, n. 351, p. 294-299. jul. 2007.

GIANUCA, Dimas; VOOREN, Carolus Maria. Abundance and behavior of the sally lightfoot crab (*Grapsus grapsus*) in the colony of the brown booby (*Sula leucogaster*) in the São Pedro and São Paulo Archipelago. **Investigaciones Marinas**. Porto Alegre, p. 121-125. nov. 2007.

GOTELLI, Nicholas J. Crescimento Logístico de Populações: Apresentação e Previsões do modelo. In: GOTELLI, Nicholas J. **Ecologia**. 4. ed. [S.l.]: Editora Planta, 2006. Cap 2. p. 25-28.

HARTNOLL, R.G.. Reproductive investment in Brachyura. **Hydrobiologia**, v. 553, p. 31-40, 2006

HUGGINS, R. M. On the Statistical Analysis of Capture Experiments. **Oxford Journals**, v. 76, n. 1, p. 133-140, 1989.

KENDALL, William L. *et al.*. Estimating Temporary Emigration Using Capture-Recapture Data with Pollock's Robust Design. **Ecological Society of America**, v. 78, n. 2, p. 563-578, 1997.

LEKVE, Kyrre *et al.* Length Dynamics in Juvenile Coastal Skagerrak Cod: Effects of Biotic and Abiotic Processes. **Wiley On Behalf Of The Ecological Society Of America**, v. 83, n. 6, p. 1676-1688, 2002.

MACEDO, Thais P. *et al.* Ocean temperature and density dependence as key drivers of the population dynamics of an intertidal crab at the Brazilian oceanic islands. **Population Ecology**, [S.l.], p. 1-16, 23 abr. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/1438-390x.12126>.

MARKS, Rachel *et al.* Temporal changes in the growth of a crustacean species, *Portunus armatus*, in a temperate marine embayment: evidence of density dependence. **Ices Journal Of Marine Science**, v. 77, n. 2, p. 773-790, 18 dez. 2019. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsz229>.

MARTINS, Vanessa Silva. **Maturidade sexual do caranguejo aratu da rocha *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) na Ilha da Trindade (~20° S, ~29° O)**. 2022. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

MARSHALL, Sharon *et al.* Cannibalism in juvenile blue-swimmer crabs *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1766): effects of body size, moult stage and refuge availability. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 90, n. 1, p. 65-82, jan. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2004.07.007>.

MOKSNES, Per-Olav. Interference competition for space in nursery habitats: density-dependent effects on growth and dispersal in juvenile shore crabs *carcinus maenas*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 281, p. 181-191, 2004. Inter-Research Science Center. <http://dx.doi.org/10.3354/meps281181>.

OKA, Shin-Ichiro *et al.* Growth of the Coconut Crab, *Birgus latro*, at Its Northernmost Range Estimated from Mark—Recapture Using Individual Identification Based on Carapace Grooving Patterns. **Zoological Science**, [S.L.], v. 32, n. 3, p. 260-265, jun. 2015. Zoological Society of Japan. <http://dx.doi.org/10.2108/zs150008>.

PAULY, Daniel; CHEUNG, William W.L. Sound physiological knowledge and principles in modeling shrinking of fishes under climate change. **Global Change Biology**, v. 24, n. 1, p. 15-26, 21 ago. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13831>.

POLLOCK, Kenneth H. A Capture-Recapture Design Robust to Unequal Probability of Capture. **The Wildlife Society**, v. 46, n. 3, p. 752-757, 1982.

POLLOCK, Kenneth H. *et al.* Statistical Inference for Capture-Recapture Experiments. **The Wildlife Society**, n. 107, p. 3-97, 1990.

QUIMBAYO, Juan P. *et al.* Variação Temporal das Comunidades Recifais no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: ações do Projeto de Monitoramento de Longa Duração (PELD). In: OLIVEIRA, Jorge L. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo, 20 anos de pesquisa**. 1. ed. Recife: Via Design Publicações, 2018. Cap. 8. p. 122-127

RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. Distribuições populacionais: As propriedades de distribuição das populações podem ser estimadas. In: RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. **A economia da natureza**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. Cap. 11. p. 255

RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. Crescimento e Regulação da População: As populações apresentam limites de crescimento. In: RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. **A economia da natureza**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. Cap. 12. p. 275-276

ROBERTSON, W. D.; PIPER, S. E.. Population estimates of the crab *Scylla serrata* (Forskål, 1755) (Decapoda: portunidae) in two closed estuaries in natal, south africa, from mark-recapture methods. **South African Journal Of Marine Science**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 193-202, dez. 1991. National Inquiry Services Center (NISC). <http://dx.doi.org/10.2989/025776191784287691>.

RODRÍGUEZ-FOURQUET, Concepción; SABAT, Alberto M.. Effect of harvesting, vegetation structure and composition on the abundance and demography of the land crab *Cardisoma guanhumí* in Puerto Rico. **Wetlands Ecology And Management**, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 627-640, 19 set. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11273-009-9139-5>.

ROMERO, Leonardo. L. Comportamiento reproductivo y mutilaciones en el cangrejo de las rocas *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda). **Revisra Peruana de Biología**. 10. ed, p. 195–202. 2003.

SANDERCOCK, Brett K. Mark-Recapture Models for Estimation of Demographic Parameters. In: MURRAY, Dennis L.; SANDERCOCK, Brett K. **Population Ecology in Practice**. 1. ed. Oxford: Wiley, 2020. Cap. 7.

SECIRM. A Ilha da Trindade e Prototrindade. In: SECIRM, Secretaria da Comissão Interministerial Para Os Recursos do Mar. **Prototrindade: programa de pesquisas científicas na ilha da trindade**. Brasília, 2017. Cap. 1. p. 17-25.

SECIRM. **Programa arquipélago de São Pedro São Paulo**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/pt-br/psrm/proarquipelago>. Acesso em: 14 nov. 2022.

SERAFINI, Zagonel. *et. al.* Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana. **Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management**. v. 10, n. 3, 2010. p.281-301.

SIQUEIRA, Alexandre C. et al. Estimating population parameters of longsnout seahorses, *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae) through mark-recapture. **Neotropical Ichthyology**. v. 15, n. 4, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20170067>.

SOARES, Jacyra. *et al.* O ar. In: HAZIN, Fábio H. **O arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 Anos de Estação Científica**. Marinha do Brasil Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), Brasília, Brasil, 2009. p. 39-44.

TESCHIMA, Mariana Mitsue. **Conectividade do caranguejo *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) em ilhas oceânicas brasileiras**. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

VILLEGAS-HERNÁNDEZ, H. *et al.* Abundance and catchability estimates of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* based on mark-recapture data from the northern Yucatan Peninsula. **Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom**, [S.L.], v. 98, n. 6, p. 1455-1463, 17 abr. 2017. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0025315417000443>.

WHITE, C. Gary; BURNHAM, P. Kenneth. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. **Bird Study**, v. 46, p. 120-139. 1999. <https://doi.org/10.1080/00063659909477239>

YEOH, Li Hao. **Behavioural Competition in the Intertidal Shore Crab, *Petrolisthes elongatus***. 2020. 103 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Victoria University Of Wellington, Wellington, 2020.