



O siri-capeta, *Charybdis hellerii* (Decapoda, Brachyura, Portunidae), uma espécie exótica invasora presente na costa do Brasil: aspectos históricos, taxonômicos e ecológicos do processo de invasão e protocolo de manejo

Relatório final da empresa
Biology Research, CNPJ:
41.716.406/0001-52, Projeto PNUD
BRA/08/023, Ministério do Meio
Ambiente, Instituto Chico Mendes
de Conservação da
Biodiversidade-ICMBio, CNPJ:
08.829.974/0001-94

SP - Brasil
Maio de 2021

Sumário

Identificação.....	3
Parte I – Aspectos históricos.....	4
1.- Contextualização geral do processo de invasão.....	4
2.- Distribuição e histórico de invasão do siri <i>Charybdis hellerii</i>	4
3.- <i>Charybdis hellerii</i> em unidades de conservação brasileiras.....	7
Parte II – Aspectos biológicos e ecológicos.....	8
1.- Estrutura populacional de <i>Charybdis hellerii</i> em áreas não nativas.....	8
2.- Biologia reprodutiva e recrutamento em <i>Charybdis hellerii</i>	10
3.- Crescimento e maturidade sexual em <i>Charybdis hellerii</i>	11
4.- Lacunas de informação sobre <i>Charybdis hellerii</i> em águas do Brasil.....	12
5.- Sobreposição de nicho e competição em <i>Charybdis hellerii</i>	12
Parte III – Medidas de monitoramento e manejo.....	13
1.- Realização de pesquisas necessárias nas áreas de ocorrência de <i>Charybdis hellerii</i> com vistas ao manejo.....	13
1.1.- Identificação de <i>Charybdis hellerii</i>	13
1.2.- Áreas de amostragem e coleta de indivíduos.....	15
1.3.- Estrutura populacional e proporção sexual.....	16
1.4.- Periodicidade reprodutiva e de recrutamento.....	17
1.5.- Crescimento e maturidade sexual.....	17
2.- Proposta de manejo de <i>Charybdis hellerii</i> para gestores de UCs.....	18
2.1.- Coleta de material.....	18
2.1.1.- Uso de armadilhas e ferramentas de coleta.....	19
2.2.- Controle de <i>Charybdis hellerii</i> através do uso de predadores nativos.....	20
2.3.- Manejo do material coletado de <i>Charybdis hellerii</i> em UCs.....	20
Agradecimentos.....	21
Literatura Citada.....	21

IDENTIFICAÇÃO

Fornecedor

Empresa 'Biology Reseach', CNPJ: 41.716.406/0001-52

Representante

Patricio Hernáez, telefone de contato: +13 99635 7438

Autores do presente relatório

Patricio Hernáez, Doutor em Ciências Biológicas, email: pahernaez@gmail.com

William Santana, Doutor em Ciências Biológicas, email: willsantana@gmail.com

Gustavo Pinheiro, Licenciado em Artes Gráficas, email: ghs.pinheiro@gmail.com

Contribuições

Dr. Patricio Hernáez: conteúdo teórico, diagramação e contextualização

Dr. William Santada: conteúdo teórico, diagramação e contextualização

Lic. Gustavo Pinheiro: Designer gráfico e diagramação

Parte I – Aspectos históricos

Nesta seção, apresentamos de forma resumida o que representa o processo de invasão de uma espécie, ressaltando em particular o caso de *Charybdis hellerii* como espécie exótica invasora, e sua rota de invasão até chegar na costa do Brasil.

1.- Contextualização geral do processo de invasão

A introdução de uma espécie em um determinado ambiente no qual não ocorre naturalmente, provoca uma série de alterações que desencadeiam como principal consequência o desequilíbrio ecológico e a perda de biodiversidade local (Cassini 2020). De forma natural, uma espécie forma populações em um intervalo espacial que é determinado pelas capacidades fisiológicas e de dispersão que os indivíduos apresentam ao longo de seu ciclo de vida em resposta às condições ambientais (Begon et al. 2006). Quando o intervalo de distribuição espacial de uma determinada espécie é modificado de forma não natural, considera-se a essa espécie como introduzida independente dos efeitos deletéreos ou não que esse processo de introdução possa acarretar à composição, estrutura e/ou função de um determinado ecossistema (Grapputo et al. 2005). Esta última definição é a adotada pela Organização Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2000).

2.- Distribuição e histórico de invasão do siri *Charybdis hellerii*

Charybdis hellerii (A. Milne-Edwards, 1867), ou como também é chamado no sul do Brasil 'siri-capeta', é uma espécie de siri da família Portunidae (**Figura 1**), nativa do Indo-Pacífico e amplamente distribuída pelas regiões do Mar Vermelho, Somália, África do Sul, Madagascar, Golfo Pérsico, Índia, Filipinas, Indonésia, China, Japão, Austrália e Havaí (Coelho & Santos 2003; Tavares & Amouroux 2003). No começo do século 20, *C. hellerii* foi introduzido no Mar Mediterrâneo através do Canal de Suez (Steinitz 1929; Crosnier 1962) e posteriormente teria se dispersado para o Líbano, Síria, Turquia, Chipre e Egito (Galil 2000). Para a costa do Atlântico Oeste esta espécie teve seu primeiro registro de introdução em Cuba em 1987 (Gómez & Martínez-Iglesias 1990), com registros posteriores para Venezuela (Hernandez & Bolaños 1995), Colômbia (Campos & Türkay 1989), Flórida (Lemaitre 1995) e finalmente a costa da América do Sul (Tavares & Mendonça Jr. 1996). Considerando o siri-capeta, a diversidade de Portunidae no

Brasil alcança um total de 21 espécies, várias delas de grande importância comercial em algumas regiões deste país (Melo 1999). Um resumo do processo de invasão de *C. hellerii* em diferentes regiões do mundo é apresentado na **Figura 2**.



Figura 1. Espécime macho do caranguejo *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867), em vista dorsal, procedente da costa de Tailândia, região do Indo-Pacífico. Fotografia gentileza de Ondřej Radosta (<https://www.crabdatabase.info/en>).



Figura 2. Rota de dispersão da espécie exótica invasora *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867), em diferentes regiões do mundo.

No Brasil, os primeiros registros datam de meados dos anos 1990 com registros para os estados da Bahia, Alagoas e São Paulo (Calado 1996; Carqueija & Gouvêa 1996; Negreiros-Fransozo 1996; Tavares & Mendonça Jr. 1996). Atualmente, esta espécie se encontra amplamente distribuída na costa do Brasil, com registros desde o Estado de Pará até o Estado de Santa Catarina (Calado 1996; Carqueija & Gouvêa 1996; Negreiros-Fransozo 1996; Tavares & Mendonça Jr. 1996; Mantelatto & Dias 1999; Ferreira et al. 2001; Coelho & Santos 2003; Bezerra & Almeida 2005; Feres et al. 2007; Frigotto & Serafim-Junior 2007; Boos et al. 2010; Bentes et al. 2013; Rosa 2014) (**Figura 3**). Vale ressaltar que é muito provável que esta espécie seja encontrada também no estado do Amapá, uma vez que existem registros para a Guiana Francesa (Tavares & Amouroux, 2003).

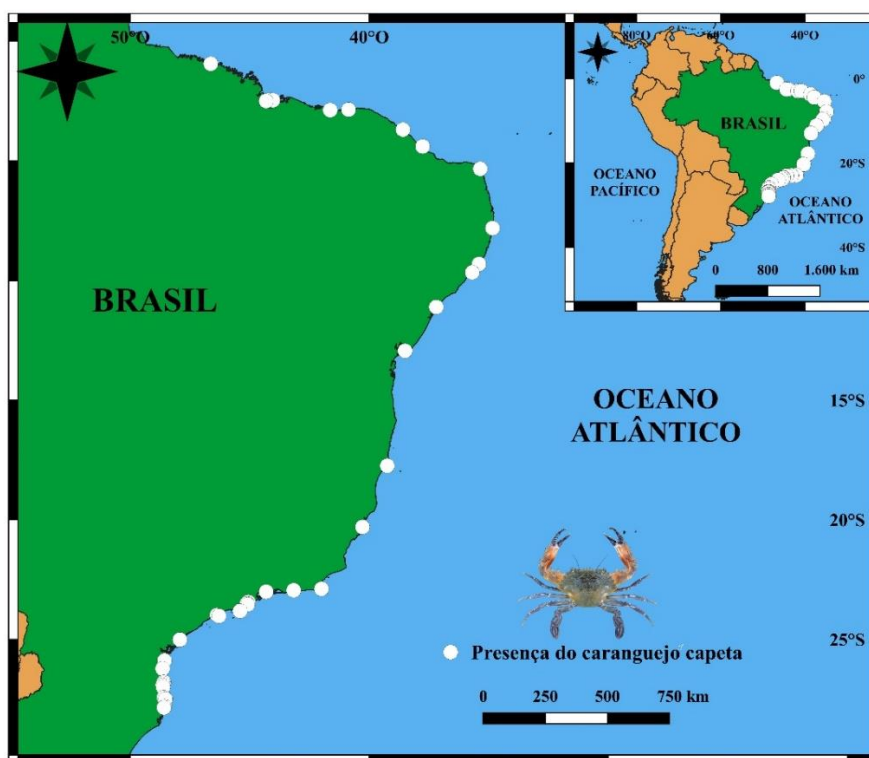


Figura 3. Distribuição espacial do siri-capeta, *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867), ao longo da costa do Brasil.

A hipótese mais plausível que explica o processo de invasão de *C. hellerii* no Brasil e em outras regiões do mundo é que as larvas possam ter sido transportadas por água de lastro (Dineen et al. 2001). Esta hipótese é apoiada pelo fato que o siri-capeta ter sido introduzido com muito mais intensidade em áreas

onde existe um grande fluxo de navios comerciais, como a região do Oriente Médio (Silva-Fuentes et al. 2017). Outra hipótese que explica de forma plausível a invasão de *C. hellerii* em áreas não nativas é a ideia de que o processo de invasão possa ter sido favorecido pela produção de larvas locais a partir dos indivíduos colonizadores (Tavares & Mendonça Jr. 1996; Mantelatto & Garcia 2001).

3.- *Charybdis hellerii* em unidades de conservação brasileiras

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) define um total de 67 unidades de conservação (UCs) para o bioma marinho (<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho>). Conforme à revisão dos reportes presentes na literatura, o siri-capeta encontra-se presente em sete UCs, com especial destaque na região Sul do Brasil, onde tem sido reportado no Parque Estadual Acaraí e na Área de Proteção Ambiental Anhatomirim, ambas UCs localizadas na borda meridional da distribuição latitudinal de *C. hellerii* (Boos et al. 2010) (**Figura 4**).

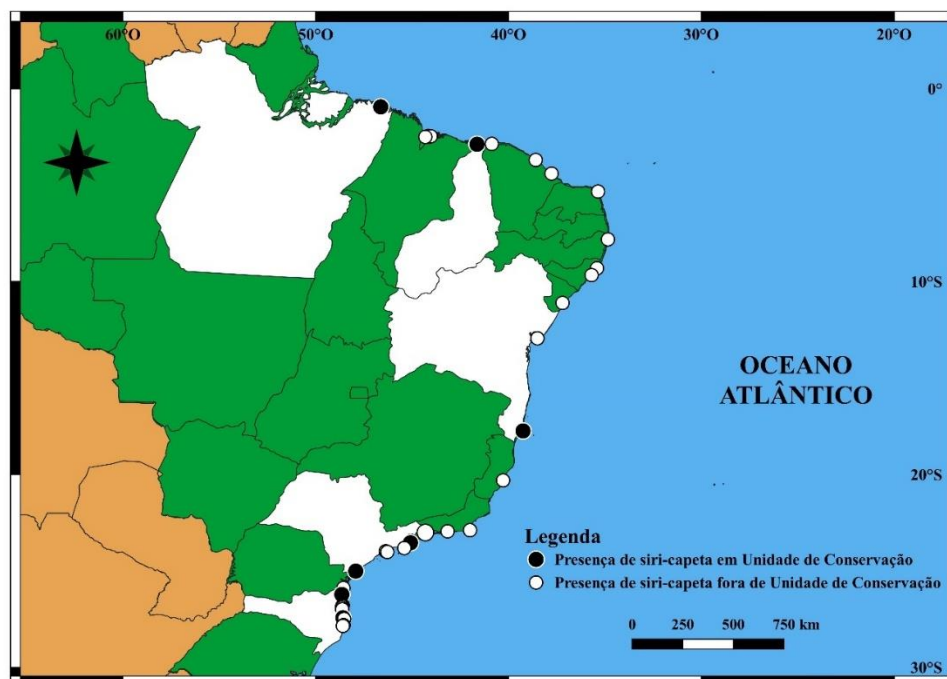


Figura 4. Mapa de registros do siri-capeta, *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867), dentro (círculos pretos) e fora (círculos brancos) de Unidades de Conservação (UCs) da costa do Brasil. Os estados brasileiros em que UCs reportaram a presença de *C. hellerii* são mostrados em branco.

Parte II – Aspectos Biológicos e Ecológicos

Nesta seção, apresentamos um resumo dos aspectos biológicos e ecológicos do siri-capeta disponíveis na literatura. No final deste capítulo, ressaltamos as lacunas de informação que existem sobre estes aspectos da história de vida do *C. hellerii* para a costa do Brasil. Abordamos também a necessidade de se obter estas informações para entender o estado atual e monitorar o futuro estabelecimento de novas populações desta espécie na costa brasileira.

1.- Estrutura populacional de *Charybdis hellerii* em áreas não nativas

As informações reportadas na literatura indicam que o siri-capeta consegue formar populações viáveis em áreas fora de sua distribuição natural com bastante facilidade. Estas populações se caracterizam por uma estrutura populacional conformada por indivíduos sexualmente imaturos e maduros de ambos os sexos, incluindo a presença de fêmeas ovígeras (Venezuela: Bolaños et al. 2012; Brasil: Silva-Fuentes et al. 2017) (**Figura 5**). De fato, dois estudos conduzidos no litoral do Estado de São Paulo, região sudeste do Brasil, demonstram que *C. hellerii* é a segunda espécie mais abundante em assembleias de caranguejos Brachyura, depois apenas de *Menippe nodifrons* (Stimpson, 1859), que é nativo (Sant'Anna et al. 2012). Esta característica da história de vida do siri-capeta favorece a prevalência desta espécie em áreas não nativas, permitindo sua expansão e posterior colonização para áreas novas dentro de regiões recentemente invadidas.

As populações introduzidas do siri-capeta podem ou não ser sexualmente equilibradas. Na costa de Venezuela, por exemplo, a proporção sexual de *C. hellerii* registrou um valor não significativamente distinto da relação teórica 1:1 (Bolaños et al. 2012), na qual se espera que a seleção natural favoreça um número similar de machos e de fêmeas (Fisher 1930). De acordo com dados reportados por Silva-Fuentes et al. (2017) para a região sudeste do Brasil, o siri-capeta forma populações em que os machos são significativamente mais abundantes que as fêmeas (machos : fêmeas = 1 : 0,62; $\chi^2 = 13,56$; $p < 0,05$). Aparentemente, ambos resultados para as populações de *C. hellerii* da costa de Venezuela e Brasil refletem a resposta adaptativa dos indivíduos de cada sexo às condições locais. Considerando que *C. hellerii* é uma espécie de origem tropical (Dineen et al. 2001), o processo de seleção natural será muito mais intenso em áreas meridionais que em áreas tropicais, o que parece afetar muito mais intensamente às fêmeas, tal e

como é observado na população presente nas regiões sudeste e sul do Brasil, onde os machos são mais abundantes que as fêmeas (Mantelatto & Dias 1999; Boos et al. 2010; Silva-Fuentes et al. 2017). Isto também confirma que *C. hellerii* encontra seu limite de distribuição austral na região de Santa Catarina (vide Boos et al. 2010), o que permite sugerir a improvável possibilidade de que esta espécie chegue a invadir a costa de Rio Grande do Sul e conseqüentemente a costa de Uruguai e da Argentina.

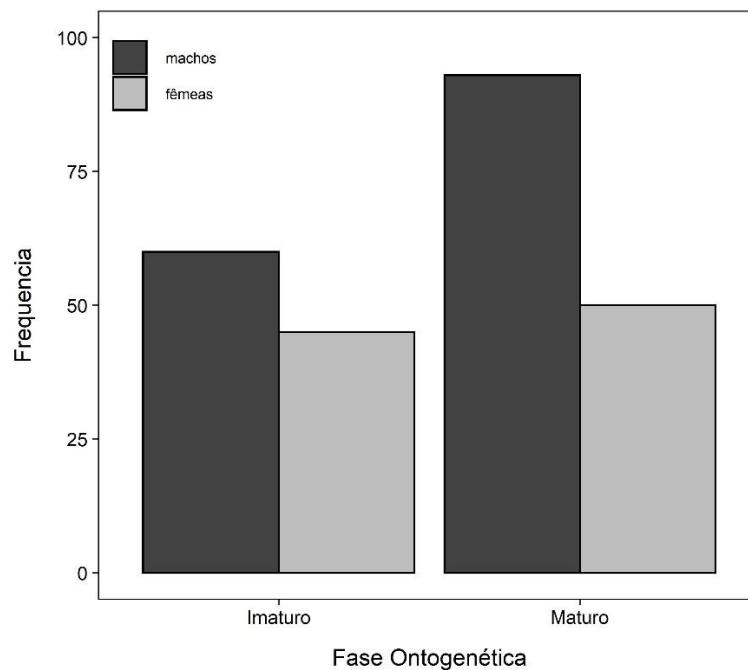


Figura 5. Número de machos e fêmeas sexualmente imaturos e maduros em uma população do siri invasor *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) da região sudeste do Brasil (dados originais obtidos de Silva-Fuentes et al. 2017).

Charybdis hellerii alcança tamanhos consideráveis na costa do Brasil. Por exemplo, o tamanho corporal de uma população estudada na costa de São Paulo variou entre 20,5 e 80,2 mm e entre 18,3 e 75,7 mm de largura da carapaça (LC) para machos e fêmeas, respectivamente (Silva-Fuentes et al. 2017). Já na região sul da costa do Brasil, alguns registros mostram um pequeno aumento do tamanho corporal dos espécimes coletados, cujo tamanho máximo pode chegar até 82 mm LC (Boos et al. 2010). Infelizmente, não existem dados disponíveis sobre a estrutura populacional (e dados de frequência por classe de tamanho) de *C. hellerii*

em populações reportadas para o restante da costa brasileira, o que impede conhecer o estado atual em que o processo de invasão, colonização e estabelecimento se encontra em cada área onde o siri-capeta já foi registrado.

2.- *Biologia reprodutiva e recrutamento em Charybdis hellerii*

Como outros siris, *C. hellerii* se caracteriza por ter um sistema sexual com sexos separados, com fêmeas portando os embriões durante todo o processo embrionário e larvas de desenvolvimento pelágico (Dineen et al. 2001). Embora não exista nenhum estudo descrevendo o ciclo reprodutivo de *C. hellerii* em águas nativas, a informação reportada para populações introduzidas na costa americana indica que esta espécie consegue se reproduzir sem nenhuma dificuldade em áreas não nativas. Na costa do Atlântico Ocidental, a presença de fêmeas portando ovos tem sido reportada na costa dos Estados Unidos, Colômbia, Cuba, Venezuela e Brasil (Lemaitre 1995; Bolaños et al. 2012; Saint'Anna et al. 2012; Silva-Fuentes et al. 2017). Em geral, acredita-se que esta espécie se reproduz de forma contínua durante todo o ano, porém o número de fêmeas portando ovos pode cair substancialmente durante alguns meses do ano (Bolaños et al. 2012). De acordo com Dineen et al. (2012), uma fêmea de *C. hellerii* é capaz de produzir seis ninhadas de ovos não fecundados em um curto período de tempo, ressaltando assim o elevado potencial reprodutivo que esta espécie possui como vantagem adaptativa, juntamente com a capacidade que tem as fêmeas para armazenar espermatóforos e usar estes em eventos reprodutivos sucessivos. Na costa do Brasil, a informação disponível indica a presença quase contínua de fêmeas ovígeras ao longo do ano, com ausência apenas durante os meses de outubro a fevereiro (Saint'Anna et al. 2012; Silva-Fuentes et al. 2017). Os fatores ambientais que estariam favorecendo a reprodução de *C. hellerii* ao longo da maior parte do ano na costa brasileira são ainda totalmente desconhecidos.

Não existe nenhuma informação reportada sobre o ciclo de recrutamento de *C. hellerii* nas populações estabelecidas ao longo da costa do Brasil. Na Venezuela, Bolaños et al. (2012), descreveram que a intensidade de recrutamento de *C. hellerii* é baixa durante todo o ano, com ausência total de recrutas (caranguejos < 15 mm de largura da carapaça) de setembro até dezembro na localidade de estudo. Em média, uma larva de *C. hellerii* completa seu desenvolvimento larval em 44 dias (Dineen et al. 200), o que constitui uma vantagem de dispersão em comparação

com o tempo de desenvolvimento larval reportado em outras espécies de siris brasileiros [ex., *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818): Stuck & Truesdale 1988]. Acredita-se que essa condição, com um desenvolvimento larval prolongado, facilita a dispersão larval de *C. hellerii* para extensas áreas fora de sua distribuição natural.

3.- *Crescimento e maturidade sexual em Charybdis hellerii*

Uma das maiores vantagens adaptativas de *C. hellerii*, como espécie invasora, é sua capacidade de apresentar a maturidade sexual muito cedo em comparação com espécies nativas de siris (Dineen et al. 2001), o que permite que *C. hellerii* seja um eficiente competidor pelos recursos. Segundos estes últimos autores, uma fêmea de *C. hellerii* alcança a maturidade sexual aos 12 meses de idade e a um tamanho de 77 mm de largura da carapaça. Uma ressalva importante é que estes números devem ser bem menores, já que foram alcançados por criação em laboratório, o que geralmente atrasa a maturidade e interfere no crescimento.

A estimativa da maturidade sexual através de uma análise de regressão logística (tamanho em que 50% das fêmeas atingem a maturidade sexual), de populações em ambiente natural, sugere que a metade das fêmeas de *C. hellerii* da costa de Venezuela atingem a puberdade a um tamanho de 58,5 mm de largura da carapaça, muito menor do que o conseguido em cativeiro (Bolaños et al. 2012). No Brasil, Mantelatto e Garcia (2001) determinaram que *C. hellerii* possa atingir a maturidade sexual a um tamanho de 35 mm de largura da carapaça. Embora esses autores tenham detectado uma mudança no crescimento relativo da relação largura da carapaça *versus* largura do abdome de fêmeas, seus resultados confirmam a capacidade do siri-capeta de alcançar a maturidade sexual muito antes dos registros de outras localidades. A temperatura e condições de águas mais frias podem influenciar no início da reprodução em tamanhos menores, como o observado por Mantelatto e Garcia (2001) para a costa do Brasil.

4.- Lacunas de informação sobre *Charybdis hellerii* em águas do Brasil

Tabela 1. Estado atual dos principais indicadores da demografia populacional do *Charybdis hellerii* em águas do Brasil.

Aspecto demográfico	Informação disponível	Necessidade
Estrutura populacional	ausência total	Alta
Proporção sexual	limitada	moderada
Periodicidade reprodutiva	limitada	moderada
Recrutamento	ausência total	Alta
Crescimento	ausência total	alta
Maturidade sexual	ausência total	Alta

5.- Sobreposição de nicho e competição em *Charybdis hellerii*

De um ponto de vista ecológico, *C. hellerii* pode ser encontrado em locais com ou sem heterogeneidade estrutural, tanto em sua distribuição nativa quanto não nativa (Bolaños et al. 2012). Espécimes de *C. hellerii* foram coletados em áreas de fundo não consolidado ou embaixo de rochas e pedregulhos na zona intertidal, entre corais vivos, raízes de manguezais e em pradarias de algas desde a zona subtidal até profundidades de 50 m (Mantelatto & Garcia 2000; Dineen et al. 2001). No Brasil, o siri-capeta é encontrado principalmente em habitats intertidais de costão rochoso onde compartilha habitat com outras espécies de caranguejos braquiúros como *Menippe nodifrons*, *Callinectes danae* Smith, 1869, *Cronius ruber* (Lamarck, 1818), entre outros (Sant'Anna et al. 2012). De acordo com os resultados da tese de Oliveira (2016), *C. hellerii* responde por 12% da abundância total de braquiúros encontrados na zona entremarés em habitats de costão rochoso do litoral de São Paulo. Infelizmente os dados apresentados nesta tese ainda não foram publicados em nenhuma revista de arbitragem nacional ou internacional, portanto, devem ser considerados com bastante precaução.

De acordo com esse mesmo documento de tese, *C. hellerii* possui uma dieta ampla baseada no consumo de bivalves, braquiúros, poliquetas, algas, crustáceos de menor porte (ex., anfípodes, isópodes). Pelo que o autor sugere, esta espécie invasora compete com outras nativas por habitat e por alimento (de Oliveira 2016). Neste sentido, as observações conduzidas a partir dos espécimes coletados de *C. hellerii* mostram uma grande quantidade de indivíduos com injúrias no corpo, o que

sugere a provável existência de interações agonísticas entre indivíduos de siri-capeta ou destes com outras espécies, que estariam provocando estes ferimentos. No entanto, os resultados dos experimentos conduzidos em laboratório foram contraditórios, já que os experimentos laboratoriais demonstraram que existe uma elevada competição intraespecífica em *C. hellerii* por a obtenção de presas. Importante ressaltar que este estudo indica que *C. hellerii* e a espécie nativa *Cronius ruber* competem diretamente por tocas quando estão em um mesmo ambiente, só que nenhuma destas espécies desenvolve o comportamento agressivo de remover a outra espécie de tocas já ocupadas.

Em suma, não existem evidências claras na literatura que sustentem a ideia que *C. hellerii* compete com outras espécies de braquiuros nativos. Ao que parece, *C. hellerii* aproveita o espaço disponível gerado pela ausência de outras espécies nativas retiradas do ambiente por ação antrópica (pesca ou sobrepesca em alguns casos). Portanto, *C. hellerii* deveria ser considerado como uma espécie oportunista, que aproveita os espaços deixados por espécies pescadas. Uma vez que esta ocupação ocorreu, isto pode prejudicar a recolonização pelas espécies nativas; contudo, as evidências disto são empíricas e precisam de avaliação por estudos mais detalhados.

Parte III – Medidas de Monitoramento e Manejo

Nesta seção, apresentamos recomendações para o monitoramento e manejo da espécie invasora *Charybdis hellerii* por parte de gestores e pescadores no Brasil.

1.- Realização de pesquisas necessárias nas áreas de ocorrência de Charybdis hellerii com vistas ao manejo

Considerando as lacunas de informação sobre vários aspectos da história de vida de *C. hellerii* em águas brasileiras, esta proposta inclui a coleta de informação para compreender o estado atual do processo de invasão em diferentes áreas do Brasil.

1.1.- Identificação de Charybdis hellerii

A análise morfológica permite distinguir os seguintes caracteres de identificação: (i) quelas (pinças) fortes, com espinhos pontiagudos, (ii) seis espinhos entre os olhos, (iii) seis espinhos anterolaterais, (iv) espinhos curtos no último par de patas, (v) normalmente de menor tamanho em comparação com outras espécies de siris

nativos, e (vi) coloração que varia do esverdeado com patas roxas até o marrom escuro (**Figura 6**). Um resumo de três dos principais caracteres morfológicos de identificação é apresentado na **Figura 7**.

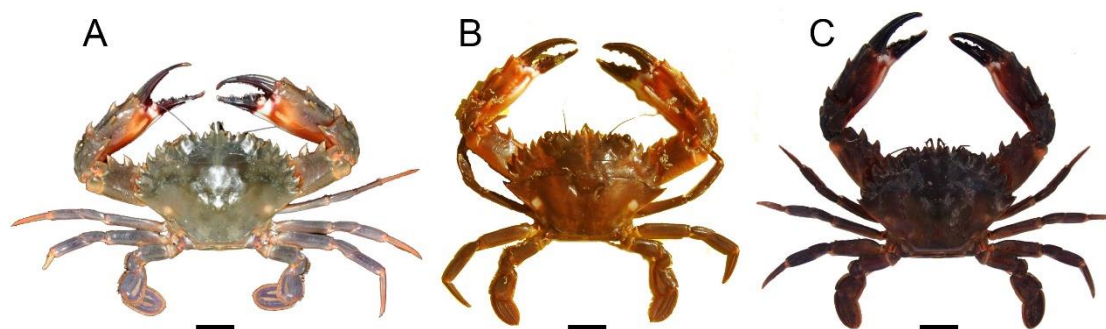


Figura 6. Variação fenotípica da cor em espécimes de *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) procedente de diferentes regiões do mundo (A: Tailândia; B, C: Brasil). Barra de escala: 2 cm. Fotografia ‘A’ gentileza de Ondřej Radosta (<https://www.crabdatabase.info/en>).

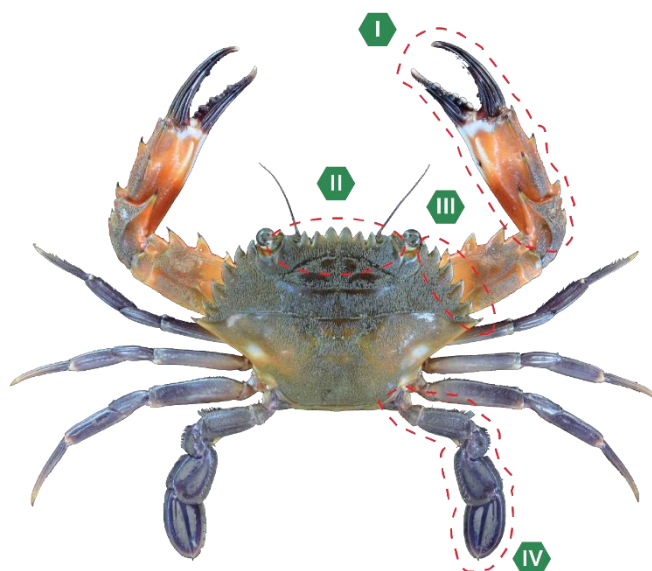


Figura 7. Representação esquemática dos principais caracteres utilizados na identificação do siri-capeta, *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867). Os números romanos representam a presença de quelas (pinças) fortes, com espinhos pontiagudos (I), seis espinhos entre os olhos (II), seis espinhos anterolaterais (III), e espinhos curtos no último par de patas (iv).

1.2.- Áreas de amostragem e coleta de indivíduos

Dado que *C. hellerii* se encontra presente em praticamente toda a costa do Brasil, sugere-se concentrar o esforço de amostragem em locais das regiões norte (ex., Bragança, Pará), nordeste (ex., Caravelas, Bahia), sudeste (ex., Ubatuba, São Paulo) e Sul (Camboriú, Santa Catarina) de tal forma de controlar o processo de estabelecimento da espécie na costa do Brasil (**Figura 8**). A expansão para o norte e sul da costa do Brasil, pode ser monitorada através da inclusão de um local de amostragem nos estados de Amapá e Rio Grande do Sul, respectivamente.

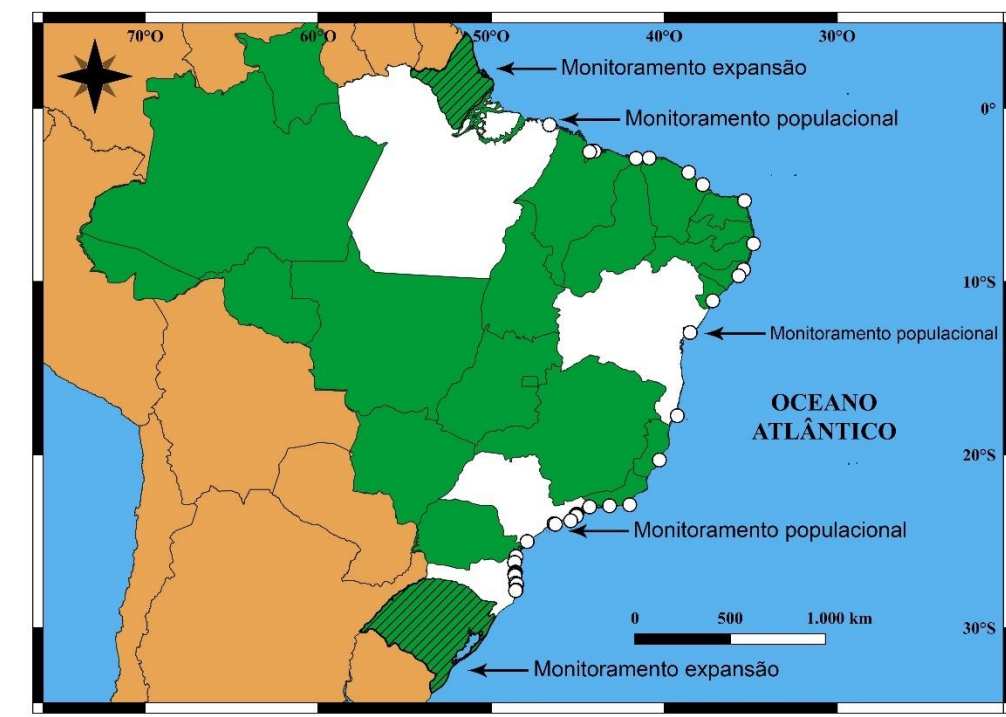


Figura 8. Regiões sugeridas de coleta para o monitoramento populacional e processo de invasão do siri-capeta *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) na costa do Brasil. Estados onde a coleta adicional para o monitoramento da expansão desta espécie são mostradas em hachurado.

Em cada um destes locais, sugere-se a coleta mensal de espécimes de *C. hellerii* na zona de entremarés em habitats de costões rochosos, onde esta espécie tem sido frequentemente reportada na costa brasileira (ex., Mantelatto & Garcia 2001; Sant’Anna et al. 2012; Silva-Fuentes et al. 2017). As coletas de indivíduos devem ser realizadas durante os horários de maré baixa diurna (Sant’Anna et al. 2012). Uma vez coletados, os espécimes devem ser preservados em álcool (80%)

ou congelados até a análise laboratorial. Além disso, a temperatura da água do mar superficial mensal (TAS, $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$) e a salinidade (Escala de Salinidade Prática) devem ser registradas em cada local de amostragem sempre que possível, uma vez que a temperatura da água pode ser preponderante para a expansão ou manutenção das populações desta espécie.

1.3.- Estrutura populacional e proporção sexual

No laboratório, cada indivíduo deve ser sexado com base nos caracteres macroscópicos, como a morfologia do abdôme (triangular em machos, semioval nas fêmeas) (**Figura 9**), a presença de gonópodos (machos) e número de pleópodes embaixo o abdome (dois pares nos machos com o segundo par extremamente desenvolvido, mais de dois pares nas fêmeas e fortemente ramificados). Em cada espécime deverá ser medida, usando um paquímetro (0,1 mm de precisão), a largura da carapaça (LC, a distância medida entre a maior largura da carapaça), e o comprimento do própodo do quelípedo (PL) direito e esquerdo (distância entre as articulações propodais excluindo o dedo fixo). Posteriormente, os espécimes de cada sexo deverão ser agrupados em classes de tamanho LC com separação de 1 mm (LC); depois disso, os dados serão plotados como histogramas de frequência de comprimento para analisar a estrutura populacional de cada morfótipo (machos, fêmeas sem ovos e fêmeas ovígeras). O componente normal de cada sexo será separado pelo método de Bhattacharya e confirmado pela rotina do Normsep, ambos incluídos no software FiSAT (Gayanilo et al. 1996). A partir desta análise, se procederá a identificação da média de cada coorte, permitindo assim a separação de cada componente modal. A razão sexual será estimada como o número de machos dividido pelo número de indivíduos coletados (machos + fêmeas). Os desvios da proporção de 1: 1 esperada poderão ser testados estatisticamente usando um teste de qui-quadrado ($P < 0,05$; Sokal & Rohlf 1995).

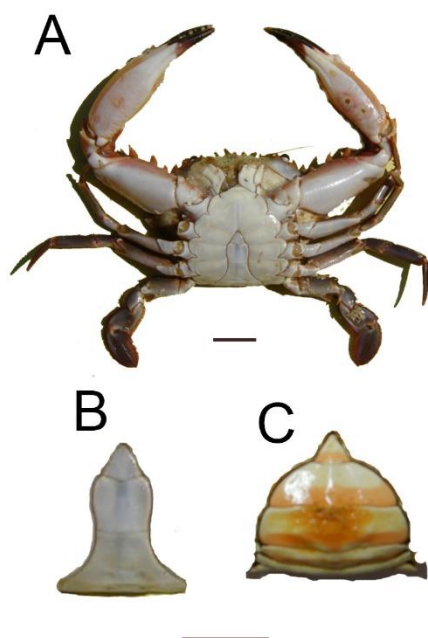


Figura 9. Espécime macho em vista ventral (A) de *Charybdis hellerii*, incluído o detalhe do abdome masculino (B) e feminino (C) desta espécie invasora. Barra de escala: 2 cm.

1.4.- Periodicidade reprodutiva e de recrutamento

A periodicidade reprodutiva e o ciclo de recrutamento poderá ser estimado a partir de dados mensais. Para isso, será estimada a proporção de fêmeas ovíferas como o número de fêmeas carregando ovos no abdômen em relação ao número total de fêmeas (excluindo os juvenis) coletadas cada mês. Enquanto que a proporção de recrutas, será calculada como o número de caranguejos abaixo do tamanho 15,0 mm LC em relação ao número total de caranguejos coletados cada mês. Este valor limite foi sugerido por Bolaños et al. (2012), para uma população de *C. hellerii* da costa de Venezuela. A relação entre o número de fêmeas ovíferas/recrutas e as variáveis ambientais (temperatura e salinidade) deverá ser examinada utilizando uma análise de regressão binomial, modelagem comum para dados de contagem em que o número de eventos falhos não tende ao infinito (Cameron & Trivedi 1998).

1.5.- Crescimento e maturidade sexual

Na maioria das espécies de decápodes braquiúros, as diferenças específicas entre sexo nas taxas de crescimento resultam da alocação diferencial de recursos entre estes (Hartnoll 1974). Com base nisso, poderá ser testado se o crescimento relativo

dos principais quelípodas difere entre os sexos, como uma aproximação da alocação de recursos específicos para cada sexo. Primeiro poderá ser examinada a relação entre o comprimento do propodus do quelípeda (PL), considerado o maior valor entre os quelípedes direito e esquerdo, e a largura da carapaça (LC) dos caranguejos usando o modelo alométrico: $y = ax^b$ (Hartnoll 1978, 1982). Aqui, LC será estabelecido como a variável independente porque esta é a estrutura mais comumente usada em estudos de crescimento de siris portunídeos (ex., Pinheiro & Hattori 2006 e referências inclusas). A inclinação (b) da reta de regressão linear log – log representa a taxa de aumento exponencial ($b > 1$) ou diminuição ($b < 1$) do própodo com uma unidade de aumento no tamanho do corpo do caranguejo (LC). Em seguida, poderá ser realizada uma ANCOVA para testar as diferenças na inclinação estimada entre machos e fêmeas, considerando PL como a variável dependente e LC como uma covariável para controlar o tamanho corporal individual, em que ambas as variáveis serão transformadas em log (Sokal & Rohlf 1995). Além disso, deverão ser usados testes t separados para examinar se a inclinação estimada para machos e fêmeas se desvia da razão isométrica esperada ($b = 1$) (Zar 1996). Os caranguejos com membros autotomizados deverão ser excluídos de todas as análises alométricas.

Estas análises simples são fundamentais para o conhecimento de como as populações já estabelecidas de *C. hellerii* se comportam, uma vez que o manejo só é possível com este entendimento. Recomendamos a realização pelo próprio ICMBio, onde possível (e.g., CEPSUL, CEPNOR, etc.) e a parceria entre o ICMBio e instituições de pesquisa (e.g., universidades locais) quando adequado para a realização destas atividades. Isto facilitará a obtenção dos dados, que inclusive poderão fazer parte de trabalhos de iniciação científica, mestrados e doutorados dependendo de cada localidade.

2.- Proposta de manejo de *Charybdis hellerii* para gestores de UCs

2.1.- Coleta de material

Nesta parte do relatório indicamos as maneiras mais adequadas para a coleta e observação dos dados que podem ajudar no manejo desta espécie invasora.

2.1.1.- Uso de armadilhas e ferramentas de coleta

Quando o ICMBio, em qualquer de suas unidades, for avisado sobre avistamentos de *Charybdis hellerii*, os gestores devem procurar as localidades indicadas para a confirmação da presença, uma vez que esta espécie é parecida com siris nativos como *Cronius ruber*. No caso particular das diferenças morfológicas que permitem diferenciar a *C. hellerii* e *C. ruber*, ambas as espécies são facilmente separadas a partir do número de espinhos entre os olhos (6 espinhos simples em *C. hellerii*, dois espinhos bífidos em *C. ruber*) e na região anterolateral (6 espinhos em *C. hellerii* versus mais de 6 espinhos em *C. ruber*). Vale ressaltar que, como esta é uma espécie que busca abrigo e se camufla muito bem, o avistamento por pescadores (amadores ou profissionais) ou mergulhadores indica que, muito provavelmente, está espécie já esteja estabelecida na referida localidade. Isto faz com que não haja urgência para a visitação do local, contudo, a rapidez da visita pode ser crucial para possibilidade de coleta devido a mobilidade e amplitude da área ocupada pela espécie. Confirmada a presença de *C. hellerii*, o próximo passo deverá ser a coleta de exemplares com o auxílio principalmente de armadilhas, já que esta é uma espécie extremamente agressiva e seu manuseio pode causar injúrias em pessoas não treinadas. As armadilhas mais comuns utilizadas são as mesmas que pescadores usam para a coleta de siris nativos, como jererês, covos e pulças. Em todos os casos qualquer resto de carne pode ser usado como isca (i.e, pedaços de frango, outros caranguejos já mortos, pedaços de camarão, sardinha em lata, etc) já que esta é uma espécie generalista.

Mergulhadores terão a possibilidade de avistar esta espécie com mais facilidade, uma vez que estão constantemente observando tocas e fraturas nas rochas e corais, habitats típicos para esta espécie. Nestes casos recomendamos o uso de luvas como principal equipamento de proteção individual para a coleta. O uso de bicheiros (usados na coleta de lagostas), facas, e outras ferramentas pontiagudas também é encorajado, já que a retirada destes animais da toca não é uma atividade simples.

Os gestores também deverão recomendar que as pessoas que coletem esta espécie não devolvam os indivíduos ao mar, assim como no caso de outras espécies invasoras. O siri-capeta não é uma espécie venenosa e seu consumo não causa problemas a saúde e é até apreciado em alguns locais de ocorrência desta espécie; contudo, esta prática não deve ser incentivada, uma vez que a confusão

com espécies nativas, como *Cronius ruber*, pode causar a diminuição das populações locais.

2.2.- Controle de *Charybdis hellerii* através do uso de predadores nativos

Por todos é conhecido o efeito que as espécies invasoras provocam sobre a biodiversidade de áreas invadidas. Entre os casos mais emblemáticos está o do peixe leão, *Pterois volitans*, cuja presença em áreas não nativas como as águas do Caribe, tem provocado uma diminuição de uma série de espécies nativas de peixe dessa região (Green et al. 2012; Albins & Hixon 2013). No caso do siri-capeta, como mencionamos aqui, os impactos locais causados por sua presença em habitats costeiros do Brasil não têm sido corretamente avaliados; apesar de que a literatura disponível indica o potencial efeito econômico e biológico que sua presença tem causado em outras regiões do mundo (Ferreira et al. 2009). Entretanto, é possível controlar ou mitigar os impactos desta espécie invasora através do uso de depredadores naturais. Por exemplo, alguns estudos conduzidos em áreas recifais do nordeste brasileiro descrevem que *C. hellerii* é fortemente predado por uma série de espécies de polvos nativos (Sampaio & Rosa 2006; Silva et al. 2018). Outro estudo recente demonstrou que *C. hellerii* é consumido pela moréia *Myrichthys ocellatus* em habitats de pradarias marinhas da costa de Pernambuco (Siqueira et al. 2021). Considerando o anterior, é possível pensar em controlar o processo de invasão de *C. hellerii*, através da identificação e conservação de uma série de espécies nativas que consomem de forma ativa esta espécie como uns dos seus itens de presas favoritos. Portanto, dentro do plano de manejo, sugere-se a capacitação do pessoal técnico do ICMBio na conservação de espécies nativas como *Octopus insularis* e *Myrichthys ocellatus*.

2.3.- Manejo do material coletado de *Charybdis hellerii* em UCs

Sugere-se o seguinte protocolo de operação para manejar o material biológico coletado de *C. hellerii* em UCs: (i) contatar alguma instituição acadêmica (ex., universidades, institutos, entre outros) que aceite receber o material biológico como doação para uso didático; (ii) depositar o material biológico em alguma coleção de referência do país (ex., museus, coleções locais); (iii) se não existe nenhuma possibilidade de doar ou depositar o material biológico, descartar os espécimes como resíduo.

Agradecimentos

Queremos agradecer a Ondřej Radosta por facilitarnos várias fotografias de *Charybdis hellerii* (<https://www.crabdatabase.info/en>). Também agradecemos o apoio de Harry Boos por facilitarnos uma grande quantidade de material fotográfico de várias espécies de braquiuros de Brasil.

Literatura citada

- van Aardt WJ. 1988. Lactate metabolism and glucose patterns in the river crab, *Potamonautes warreni* Calman, during anoxia and subsequent recovery. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Physiology*, 91: 299–304
- Albins MA, Hixon MA. 2013. Worst case scenario: potential long-term effects of invasive predatory lionfish (*Pterois volitans*) on Atlantic and Caribbean coral-reef communities. *Environmental Biology of Fishes*, 96:1151–1157.
- Andersson MB. 1994. Sexual selection. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Bentes AB, Lima WG, Fernandes S, Paula JD, Silva K, Abrunhosa F, Bentes B. 2013. Occurrence of *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867) (Crustacea, Decapoda, Portunidae) in an Amazonian Estuary. *Biota Amazônia*, 3: 181–184.
- Bezerra LEA, Almeida AO. 2005. Primeiro registro da espécie Indo-Pacífica *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Crustacea: Decapoda: Portunidae) para o Litoral do Estado do Ceará, Brasil. *Tropical Oceanography*, 33: 33–38.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 2006. Ecology: From individuals to ecosystems. 4^o ed. Oxford: Blackwell Publishing. 759 p.
- Bolaños JA, Baeza JA, Hernandez JE, 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: 469–474.
- Boos H, Oliveira MM de, Delfim R. 2010. Novos registros do siri exótico *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Crustacea, Portunidae), no litoral do Estado de Santa Catarina, Brasil. *Revista CEPSUL Biodiversidade e Conservação Marinha*, 1: 1–7.

- Bridges CR, Brand AR. 1980. The effect of hypoxia on oxygen consumption and blood lactate levels of some marine Crustacea. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Physiology*, 65: 399–409.
- Calado TCS. 1996. Registro de *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867) em águas do litoral brasileiro (Decapoda: Portunidae). *Boletim Estudos em Ciências do Mar*, 9: 175–180.
- Cameron AC, Trivedi PK. 1998. Regression analysis of count data. New York: Cambridge University Press.
- Campos NH, Türkay M. 1989. On a record of *Charybdis hellerii* from the Caribbean coast of Colombia. *Senckenbergiana Maritima*, 20: 119–123.
- Carqueija CRG, Gouvêa EP. 1996. A ocorrência, na costa brasileira de um Portunidae (Crustacea, Decapoda), originário do Indo-Pacífico e Mediterrâneo. *Nauplius*, 4: 105–112.
- Cassini MH. 2020. A review of the critics of invasion biology. *Biological Reviews*, 95: 1467–1478.
- Coelho PA, Santos MCF. 2003. Ocorrência de *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867) (Crustacea, Decapoda, Portunidae) no litoral de Pernambuco. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, 11: 167–173.
- Crosnier A. 1962. Crustacés Décapodes Portunidae. *Faune de Madagascar*, 16: 1–682.
- Feres SJC, Lopes ATL, Santos LA. 2007. Primeiro registro de *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867) para o litoral maranhense-Brasil (Crustacea, Decapoda, Portunidae). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 20: 77–82.
- Ferreira AC, Sankarankutty C, Cunha IMC, Duarte FT. 2001. Yet another record of *Charybdis hellerii* (A. Milne Edwards) (Crustacea, Decapoda) from the northeast of Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18: 357–358.
- Ferreira CEL, de Oliveira Ribeiro Junqueira A, Villac MC, et al. 2009. Marine bioinvasions in the Brazilian coast: brief report on history of events, vectors, ecology, impacts and management of non-indigenous species. In: Rilov G, Crooks JA (Edits). *Biological invasions in marine ecosystems*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2009. p. 459–477.
- Fisher RA. 1930. The genetical theory of natural selection. Oxford: Clarendon Press.

- Frigotto SF, Serafim-Junior M. 2007. Primeiro registro de *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867) (Crustacea) no litoral do estado do Paraná. *Estudos de Biologia*, 29: 227–230.
- Galil BS. 2000. A sea under siege – alien species in the Mediterranean. *Biological Invasions*, 2: 177–186.
- Gayanilo F, Sparre P, Pauly D. 1996. FAOICLARM stock assessment tools: user's guide. FAOICLARM, Rome, 23 pp.
- Gómez O, Martínez-Iglesias JC. 1990. Reciente hallazgo de la especie indopacifica *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Crustacea: Decapoda: Portunidae) en aguas cubanas. *Caribbean Journal of Science*, 26: 70–72.
- Grapputo A, Boman S, Lindström L, Lytinen A, Mappes J. 2005. The voyage of an invasive species across continents: genetic diversity of North American and European Colorado potato beetle populations. *Molecular Ecology*, 14: 4207–4219.
- Green SJ, Akins JL, Maljković A, et al. 2012. Invasive lionfish drive Atlantic coral reef fish declines. *PloSOne*, 7: e32596.
- Hartnoll RG. 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*, 27: 131–136.
- Hartnoll RG. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana*, 34: 281–293.
- Hartnoll RG. 1982. Growth. In: Bliss DE (Ed.), *The biology of Crustacea: embryology, morphology and genetics* (pp. 111–196). Academic Press
- Hernández G, Bolaños JA. 1995. Additions to the anomuran and brachyuran fauna of northeastern Venezuela. The Crustacean Society Summer Meeting, May 1995, pp. 25–27. [Abstract].
- IUCN (World Conservation Union). 2000. IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss due to biological invasion. IUCN, Gland, Switzerland.
- Lemaitre R. 1995. *Charybdis hellerii* (Milne Edwards, 1867), a nonindigenous portunid crab (Crustacea: Decapoda: Brachyura) discovered in the Indian River lagoon System of Florida. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 108: 643–648.
- Mantelatto FLM, Dias LL. 1999. Extension of the known distribution of *Charybdis hellerii* (A. Milne Edwards, 1867) (Decapoda, Portunidae) along the western tropical South Atlantic. *Crustaceana*, 72: 617–620.

- Mantelatto FLM, Garcia RB. 2001. Biological aspects of the nonindigenous portunid crab *Charybdis hellerii* in the western tropical south Atlantic. *Bulletin of Marine Science*, 68: 469-477.
- Melo GAS. 1999. Manual de identificação de Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. Editorial Plêiade, SP, 603 pp.
- Negreiro-Fransozo ML. 1996. The zoea I of *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Decapoda, Portunidae) obtained in laboratory. *Nauplius*, 4: 165–168.
- de Oliveira DN. 2016. Impacto ecológico, comportamental e fisiológico da bioinvasão sobre populações nativas: os caso do siri invasor *Charybdis hellerii*. Tese PhD, 60 pp.
- Pinheiro MAA, Hattori GY. 2006. Growth of the speckled swimming crab, *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Crustacea, Brachyura, Portunidae), in Ubatuba (SP), Brazil. *Journal of Natural History*, 40: 1331–1341.
- Rosa LC. 2014. New records of portunid crabs (Decapoda: Brachyura: Portunidae) from Sergipe, NE Brazil. *CheckList*, 10: 445–447.
- Sampaio CLS, Rosa IL. 2006. Predation of an alien species of crab (*Charybdis hellerii* Milne Edwards) by a native *Octopus* species on NE Brazilian reefs. *Coral Reefs*, 25: 58.
- Sant'Anna BS, Watanabe TT, Turra A, Zara FJ. 2012. Relative abundance and population biology of the non-indigenous crab *Charybdis hellerii* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in a southwestern Atlantic estuary-bay complex. *Aquatic Invasions*, 7: 347–356.
- Siqueira MA, Vieira MLM, Moraes D, Almeida AO, Feitosa JLL. 2021. Predation on the invasive swimming crab *Charybdis hellerii* (Crustacea, Decapoda) by *Myrichthys ocellatus* (Actinopterygii, Ophichthidae): the first record of consumption by a native fish. *Neotropical Biodiversity*, 7: 155–159.
- da Silva EJ, Bezerra LEA, Martins IX. 2018. The tropical *Octopus insularis* (Mollusca, Octopodidae): a natural enemy of the exotic invasive swimming crab *Charybdis hellerii* (Crustacea, Portunidae). *PanAmerican Journal of Aquatic Science*, 13: 79–83.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. Biometry, the principles and practices of statistics in biological research. WH Freeman, New York, 859 pp

- Steinitz W. 1929. Die wanderung indopazifischer arten ins mittelmeeer seit beginn der Quartärperiode. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 22: 1–90.
- Stuck KC, Truesdale FM. 1988. Larval development of the speckled swimming crab, *Arenaeus cribrarius* (Decapoda: Brachyura: Portunidae) reared in the laboratory. *Bulletin of Marine Science*, 42: 101–132.
- Kenneth C. Stuck and Frank M. TruesdaleTavares M, Mendonça Jr. JB. 1996. *Charybdis hellerii* (A. Milne Edwards, 1867) (Brachyura: Portunidae), eight nonindigenous marine decapod recorded from Brazil. *Crustacean Research*, 25: 151–157.
- Zar JH. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall