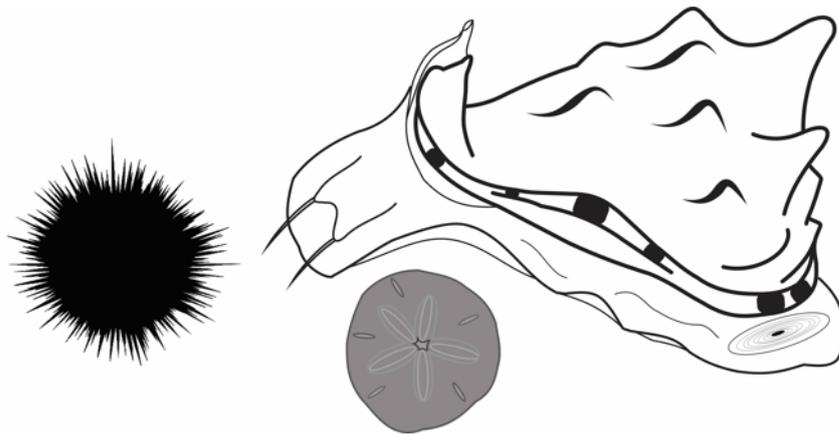


## **Ecologia populacional de *Cassis tuberosa* (Mollusca: Cassidae) em habitats costeiros no Nordeste brasileiro**



**Ellori Laíse Silva Mota**

Orientadora: Profa. Thelma Lúcia Pereira Dias

Campina Grande, PB  
Fevereiro 2014

**ELLORI LAÍSE SILVA MOTA**

**Ecologia populacional de *Cassia tuberosa* (Mollusca: Cassidae) em habitats costeiros no Nordeste brasileiro**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

**Orientadora:** Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias.

Campina Grande, PB  
Fevereiro 2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

M917e Mota, Ellori Laíse Silva.  
Ecologia populacional de *Cassia tuberosa* (Mollusca: Cassidae)  
em habitats costeiros no Nordeste brasileiro [manuscrito] / Ellori  
Laíse Silva Mota. - 2014.  
85 p. : il. color.

Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) -  
Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação,  
2014.  
"Orientação: Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias,  
Departamento de Ciências Biológicas".

1. Ecossistema marinho. 2. Conservação ambiental. 3.  
Gastrópodes marinhos. I. Título.

21. ed. CDD 577

**ELLORI LAÍSE SILVA MOTA**

**Ecologia populacional de *Cassia tuberosa* (Mollusca: Cassidae) em habitats costeiros no Nordeste brasileiro**

Aprovada em 26 / 02 / 2014



**Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/Campus I)  
Orientadora



**Profa. Dra. Taeyana Pereira Ribeiro de Oliveira**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/Campus V)  
Examinadora Interna



**Profa. Dra. Emanuelle Fontenelle Rabelo**

Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA/RN)  
Examinadora Externa

**Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/Campus I)  
Suplente

Campina Grande – PB  
Fevereiro de 2014

À mãe da FÉ que me guia, MARIA

À minha mãe guerreira, Graça Mota

À minha mãe científica, Thelma Dias

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À DEUS, por ser Senhor de tudo, da minha vida, dos meus sonhos, das minhas conquistas e tudo que era, do que é e do que ainda será. Eterna gratidão!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES – pela concessão de bolsa de pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UEPB e ao apoio financeiro obtido da PADI Foundation (Grant #8069) e Conchologists of America (Small Grants).

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela concessão da licença (Nº 35487-2) para realização da pesquisa.

Ao Instituto Recifes Costeiros por conceder embarcação e pessoal especializado para nos acompanhar, e por vezes ser de muita ajuda, durante os mergulhos dentro da área fechada. Agradeço diretamente aos condutores “Inho” e Urick!

À toda minha família por nunca medir esforços para minha realização profissional e de maneira especial à minha mãe pelo seu amor ágape. Obrigada por tudo, pela fé que vejo em seus olhos e pela ótima qualidade de vida que eu tenho, resultado do seu esforço diário!

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Thelma Dias, pela paciência, pelo incentivo sempre pronto e acima de qualquer coisa, pela grande confiança no desenvolvimento de uma pesquisa que sempre foi um desejo de seu coração realizar, e pelo grandioso esforço pessoal em viabilizar essa pesquisa. Sou grata!

Sou grata à Luis Carlos Damasceno (Pop), pela grandiosa ajuda durante todo o estudo principalmente toda parte de campo, sempre criando e inventando maneiras mais eficazes para realizar as tarefas necessárias, e pelas conversas sempre cheias de ensinamentos sobre absolutamente tudo!

Ao meu grupo de pesquisa, todos que fazem o Laboratório de Biologia Marinha – UEPB (LBMar) do qual eu me orgulho muito em fazer parte, obrigada por estarem sempre prontos a me ajudar seja lá como fosse. Em especial, à minha colega de mestrado Rafaela Duarte, pela ajuda sempre presente e os “help” estatísticos, à Romilda pelas valiosas discussões, e à Jacicleide (Bel) e Graci pelo grande apoio nos trabalhos de campo.

À Dona Dalci e senhor Belo pelo grande apoio em forma de ótimos cuidados com alimentação e hospedagem durante a primeira parte do estudo, e ao senhor Branco por conceder de forma tão gentil o barco para realização das coletas no Pontal do Anjo.

Aos colegas que estiveram sempre presentes e sempre prontos a ajudar, Adna, Carol Barros, e ao querido André Pessanha, este sempre com palavras sábias para todas as horas. Obrigada!

A todos meus amigos que sempre torceram muito por minhas conquistas e sempre entenderam (ou não) as várias vezes que eu não pude estar presente por estar envolvida nos trabalhos. De forma muito especial à Mércia Costa, que mais que uma grande amiga presente em meio a tudo isso, foi uma irmã muito responsável que cuidou direitinho em não me deixar desanimar nunca. E ainda passou por cada uma por causa desse mestrado!

Por fim, agradeço à Banca Examinadora que, tenho certeza, despendeu tempo e empenho em apreciar cuidadosamente esta dissertação e pelas sugestões valiosas para aprimoramento desta.

A todos um muito obrigada e a honra em dividir a alegria desta experiência.

"Ora, a fé é o firme fundamento das coisas que se esperam,  
e a prova das coisas que se não vêem."  
(Hebreus 11,1)

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

### CAPÍTULO I

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> Localização das áreas de estudo no litoral norte do estado do Rio Grande do Norte (a). Detalhe do município de Macau, indicando o Pontal do Anjo e a Barra (delimitadas em vermelho), próximas aos rios Casqueira (esquerda) e Tubarão (direita), respectivamente (b). Vistas parciais das praias Pontado Anjo (c) e Barra (d). Imagem de satélite: Google Earth. Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>30</b>
<b>Figura 2</b> (a) Indivíduo adulto de <i>Cassiss tuberosa</i> . (b) Ilustração da medida do comprimento da concha (CC). Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>31</b>
<b>Figura 3</b> Informações obtidas nos esqueletos de bolachas-da-praia coletadas nas praias estudadas no litoral do município de Macau, Rio Grande do Norte. (a) Medidas de altura e largura (mm). (b) Indicação das posições central e marginal nos esqueletos. Perfuração destacada com círculo vermelho (figura a). Esquema: Ellori Mota © 2013.	<b>32</b>
<b>Figura 4</b> Equinóides (bolachas-da-praia) estudadas no litoral de Macau, Rio Grande do Norte. (a) <i>Mellita quinquiesperforata</i> , (b) <i>Encope emarginata</i> e (c) <i>Leodia sexiesperforata</i> . Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>33</b>
<b>Figura 5</b> Ocorrência de <i>Cassiss tuberosa</i> em área intertidal de praia, nas áreas estudadas no litoral de Macau, Rio Grande do Norte. (a) Indivíduo próximo à linha d'água (canto inferior esquerdo) e (b) Indivíduo em planície arenosa durante a baixa mar (canto inferior direito). Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>34</b>
<b>Figura 6</b> Histograma do comprimento da concha de <i>Cassiss tuberosa</i> de praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.	<b>35</b>

<b>Figura 7</b>	Atividades diurnas e noturnas realizadas por <i>Cassiss tuberosa</i> em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.	<b>36</b>
<b>Figura 8</b>	Algumas atividades diurnas e noturnas realizadas por <i>Cassiss tuberosa</i> . (a) Indivíduo enterrado no substrato arenoso. A seta vermelha aponta a extremidade sifonal. (b) Indivíduo jovem deslocando-se em período diurno. (c) Indivíduo jovem em atividade diurna de predação e (d) Indivíduo adulto em atividade noturna de predação. Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>36</b>
<b>Figura 9</b>	Abundância de bolachas-da-praia em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.	<b>37</b>
<b>Figura 10</b>	Largura média das três espécies de bolachas-da-praia estudadas em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.	<b>37</b>
<b>Figura 11</b>	Proporção presa-predador entre <i>Cassiss tuberosa</i> e três espécies equinoides em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte, calculada a partir da densidade diurna e noturna.	<b>38</b>
<b>Figura 12</b>	Histograma da largura de bolachas-da-praia predadas em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.	<b>39</b>
<b>Figura 13</b>	Correlação entre o comprimento da concha de <i>Cassiss tuberosa</i> e a largura de suas presas bolachas-da-praia ( $r = 0,56$ ; $p = 0,01$ ).	<b>39</b>
<b>Figura 14</b>	Perfurações de predação deixadas por <i>Cassiss tuberosa</i> nas bolachas-da-praia predadas em praias arenosas de Macau, Rio Grande do Norte. (a) Distribuição dos furos na região oral das presas. Note as diferenças de diâmetro. (b) <i>Encope emarginata</i> com furo de predação na região central superior. (c-e) <i>Mellita quinquiesperforata</i> em diferentes ocasiões, com perfurações orais próximas à boca. Esquema: Ellori Mota. Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>40</b>

<b>Figura 15</b>	Percentual de esqueletos predados e não predados por <i>Cassidulinia tuberosa</i> das três espécies de bolachas-da-praia estudadas em praias arenosas de Macau, Rio Grande do Norte.	<b>41</b>
<b>Figura 16</b>	Correlação entre a largura das bolachas-da-praia e o diâmetro do furo de predação deixado por <i>Cassidulinia tuberosa</i> ( $r = 0.39$ ; $p < 0,0001$ ).	<b>42</b>
		<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b>	Caracterização das atividades registradas para <i>Cassidulinia tuberosa</i> nas praias arenosas estudadas no litoral de Macau, Rio Grande do Norte.	<b>32</b>
<b>Tabela 2</b>	Dados morfométricos dos esqueletos de bolachas-da-praia coletados nas praias estudadas no litoral de Macau, Rio Grande do Norte.	<b>41</b>

## CAPÍTULO II

		<b>Página</b>
<b>Figura 1</b>	Áreas de estudo nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil. Fonte: ICMBio (2013).	<b>58</b>
<b>Figura 2</b>	Vista parcial das áreas de estudo nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil. (a) Vista aérea do recife da Ilha da Barra, localizada na área fechada. Foto: Antônio Henrique. (b) Vista parcial dos recifes situados na zona visitação, na área aberta. Foto: Thelma Dias © 2013.	<b>59</b>
<b>Figura 3</b>	Medida do comprimento da concha (a) obtida dos indivíduos de <i>Cassidulinia tuberosa</i> encontrados nos recifes de Tamandaré. (b) Ilustração do método de obtenção da estimativa de componentes do microhabitat. Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>60</b>
<b>Figura 4</b>	Distribuição de tamanho de <i>Cassidulinia tuberosa</i> na área aberta (a) e fechada (b) nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.	<b>64</b>

<b>Figura 5</b>	Distribuição dos indivíduos de <i>Cassia tuberosa</i> nas classes de tamanho estabelecidas nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.	<b>65</b>
<b>Figura 6</b>	Comportamentos dos indivíduos de <i>Cassia tuberosa</i> na área aberta e fechada nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.	<b>66</b>
<b>Figura 7</b>	(a) <i>Cassia tuberosa</i> parcialmente enterrada no substrato de cascalho sob banco de fanerógamas marinhas. (b) Indivíduo predado de <i>Echinometra lucunter</i> logo após o evento de predação. (c) <i>C. tuberosa</i> após predação sobre <i>Lytechinus variegatus</i> . (d) Detalhe do <i>L. variegatus</i> predado. Note a carapaça quebrada devido ao peso do predador sobre o ouriço. Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>67</b>
<b>Figura 8</b>	Adulto de <i>Cassia tuberosa</i> desovando sobre algas na área fechada. (a) Animal apoiado entre algas do gênero <i>Padina</i> no momento da desova. (b) Vista geral do animal com a extremidade anterior sobre a alga. (c) Detalhe da liberação das cápsulas ovíferas. (d) Desova de <i>C. tuberosa</i> aderida às algas. Note as cápsulas vasiformes com coloração alaranjada. Fotos: Thelma Dias © 2013.	<b>68</b>
<b>Figura 9</b>	Correlação de Pearson entre a densidade de <i>Cassia tuberosa</i> e de sua presa <i>Echinometra lucunter</i> na área aberta nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco ( $r = 0.49$ ; $p = 0.0002$ ).	<b>69</b>
<b>Figura 10</b>	Cobertura bêntica percentual nos locais de estudo de <i>Cassia tuberosa</i> nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil. Legendas na tabela 2.	<b>70</b>
<b>Figura 11</b>	Cobertura bêntica percentual do microhabitat de <i>Cassia tuberosa</i> nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil. Legendas na tabela 2.	<b>70</b>
<b>Figura 12</b>	Análise dos componentes principais ilustrando a distribuição dos comportamentos de <i>Cassia tuberosa</i> em função dos microhabitats utilizados. Legenda: ▲ = em movimento, ○ = parcialmente enterrado, * = repouso, ● = predando, ◇ = enterrado.	<b>71</b>
<b>Figura 13</b>	<i>Cassia tuberosa</i> em diferentes microhabitats durante comportamentos variados. (a) Em repouso sobre fundo de areia e cascalho. (b) Em repouso sobre fundo de cascalho cercado por tufo de macroalgas. (c) Parcialmente enterrada em fundo arenoso. (d) Em repouso sobre banco de fanerógamas marinhas. (e) Parcialmente enterrada em fundo arenoso	<b>72</b>

cercado por fragmentos rochosos. (f) Indivíduo jovem deslocando-se sobre fundo arenoso com fragmentos de *Halimeda*. Fotos: Thelma Dias © 2013.

		<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b>	Caracterização dos comportamentos observados para <i>Cassia tuberosa</i> nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.	<b>60</b>
<b>Tabela 2</b>	Categorias e códigos dos componentes de substratos analisados (Reef Check adaptado) para avaliar a cobertura bêntica nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.	<b>61</b>

## SUMÁRIO

Resumo geral

Abstract

1. Introdução geral .....	14
1.1. Comportamento predatório e papel ecológico de <i>Cassia tuberosa</i> .....	15
1.2. Ameaças e necessidades de conservação.....	17
1.3. Áreas marinhas protegidas e seu papel no manejo pesqueiro.....	18
2. Objetivos.....	19
2.1. Objetivo geral .....	19
2.2. Objetivos específicos .....	19
3. Perguntas e hipóteses do tema central da dissertação.....	20
4. Estrutura geral da dissertação .....	20
5. Referências bibliográficas .....	21

### **CAPÍTULO I. Aspectos populacionais, padrões de atividade e relação presa-predador entre *Cassia tuberosa* (Gastropoda: Cassidae) e suas presas equinoides (bolachas-da-praia) em uma praia arenosa (NE Brasil) .....**

Resumo .....	26
Abstract.....	27
Introdução .....	28
Material e métodos .....	30
Áreas de estudo.....	30
Coleta dos dados .....	31
Análises estatísticas .....	33
Resultados.....	34
Aspectos populacionais e atividade de <i>Cassia tuberosa</i> .....	34
Aspectos populacionais das bolachas-da-praia.....	35
Relação presa-predador .....	38
Padrões de predação evidenciados nos esqueletos equinoides .....	40
Discussão .....	42
Conclusões.....	48
Agradecimentos .....	48
Referências .....	49

<b>CAPÍTULO II. Estrutura populacional, densidade e microhabitats do gastrópode <i>Cassis tuberosa</i> (Mollusca: Cassidae) dentro e fora de uma área de exclusão de pesca no nordeste brasileiro: implicações para a conservação e manejo.....</b>	<b>52</b>
Resumo .....	53
Abstract.....	54
Introdução .....	55
Material e métodos .....	57
Área de estudo .....	57
Desenho amostral.....	59
Análise do dados.....	62
Resultados.....	63
Discussão .....	73
Conclusões.....	79
Agradecimentos .....	80
Referências .....	81
Conclusão geral da dissertação.....	85

## **RESUMO GERAL**

Das mais de 100.000 espécies de gastrópodes marinhos descritas atualmente, pelo menos 60.000 possuem concha, que devido ao seu valor estético têm movimentado um comércio internacional ainda pouco documentado, e, sobretudo, pouco quantificado. A grande maioria das espécies de moluscos comercializadas para fins ornamentais são gastrópodes e entre estes, espécies de grande porte como *Cassis tuberosa*, que está entre os principais alvos do comércio ornamental. Assim, por ser uma espécie amplamente explorada o papel ecológico de *C. tuberosa* nos ecossistemas marinhos pode estar sendo comprometido pela sua remoção do ambiente. Nos ambientes de praia arenosa analisados neste estudo, a população de *Cassis tuberosa* é estruturalmente jovem, o que caracteriza assim uma área de importância no recrutamento desta espécie. Nas áreas recifais estudadas, a população do gastrópode é predominantemente adulta, caracterizando uma área importante no desenvolvimento da espécie, podendo favorecer o estágio reprodutivo e conseqüentemente o crescimento da população. A ausência de captura de *C. tuberosa* tanto no ambiente de planície arenosa quanto nos recifes justifica a densidade populacional deste gastrópode, que pode ser considerada alta nas áreas estudadas. Em uma perspectiva de conservação, sugerimos que os ambientes tratados neste estudo sejam locais em potencial para monitoramento de populações naturais de *C. tuberosa* e para o desenvolvimento de estudos populacionais e ecológicos mais detalhados que colaborem para elaboração de planos de manejo para esta espécie.

**PALAVRAS-CHAVE:** Características populacionais, Densidade populacional, Uso do habitat, Interações presa-predador, Áreas de exclusão de pesca, Conservação.

## **ABSTRACT**

Of the more than 100,000 species of marine gastropods currently described, at least 60,000 are shelled, which due to its aesthetic value are involved in the international shell trade, which is poorly documented, and mainly, unquantified. The great majority of molluscs species traded for ornamental purposes are gastropods, large species as *Cassis tuberosa*, which is among the main targets of the ornamental trade. Thus, being a widely exploited species the ecological role of *C. tuberosa* in marine ecosystems may be compromised by their removal from the environment. In sandy beach environments analyzed in this study, the population of *C. tuberosa* is structurally young, which to characterize this area as important on the recruitment of this species. In reef areas studied, the gastropod population is predominantly adult, featuring an important area on the development of the species, which may contribute to the reproductive stage and hence population growth. The absence of *C. tuberosa* capture both the sandy plain environment and the reefs to justifies the population density of this gastropod that can be consider high in the studied areas. On a conservation perspective, we suggest that the environments analyzed in this study are potential sites for monitoring of natural populations of *C. tuberosa* and the development of more detailed population and ecological studies that collaborate to the elaboration of management plans for this species.

**KEYWORDS:** Population characteristics, Population density, Habitat use, Predator-prey interactions, No-take fishing zones, Conservation.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Os gastrópodes marinhos são o maior subgrupo de Mollusca, compreendendo atualmente mais de 100.000 espécies descritas (GEIGER, 2006). Eles apresentam uma ampla faixa de tamanho, variando desde espécies diminutas (<0,5 mm) até espécies de grande porte que atingem 800 mm de comprimento total da concha (e.g. *Syrinx aruanus*) (GEIGER et al., 2007; TAYLOR; GLOVER, 2003). De acordo com Geiger (2006), pelo menos 60.000 espécies de gastrópodes possuem concha, que funciona como vestígio da ocorrência das espécies ao longo do tempo e de áreas geográficas.

Populações humanas utilizam os moluscos desde tempos pré-históricos para uso como peças ornamentais e para alimentação (WELLS, 1981). Porém, nas últimas décadas, a demanda por curiosidades marinhas e o aumento da pressão sobre os recursos pesqueiros tem despertado a preocupação de diversas nações quanto ao uso demasiado destes recursos. De acordo com Wood e Wells (1988), ao redor do mundo, existe uma enorme pesca de moluscos para alimentação, especialmente voltada para os gastrópodes, bivalves e cefalópodes. No entanto, devido ao seu valor estético, as conchas de gastrópodes têm movimentado um comércio internacional ainda pouco documentado, e, sobretudo, pouco quantificado (WOOD; WELLS, 1995). Estima-se que pelo menos 5.000 espécies de moluscos são comercializadas para fins ornamentais, a grande maioria gastrópodes (WOOD; WELLS, 1988). De acordo com Wood e Wells (1988), os gastrópodes de grande porte são os principais alvos do comércio, principalmente para venda como conchas ornamentais. *Strombus* spp. (Strombidae), *Cassis* spp. (Cassidae) e *Cypraea* spp. (Cypraeidae) estão entre as espécies mais procuradas para uso como artesanato (WOOD; WELLS, 1995).

No Brasil, embora o comércio de moluscos marinhos para fins ornamentais e como souvenir já tenha sido documentado, informações sobre a captura das espécies na natureza ainda são praticamente inexistentes, principalmente para os gastrópodes (DIAS et al., 2011). Seguindo um padrão mundial, no nordeste brasileiro, os gastrópodes de grande porte são os principais alvos do comércio ornamental para usos em diversos tipos de peças. De acordo com Dias et al. (2011), embora o comércio de moluscos para fins ornamentais envolva espécies de diferentes partes do mundo, a maioria provém do Oceano Atlântico (68%) e ocorrem em habitats com fundo não consolidado (42%) ou recifes e outros habitats consolidados (34%).

Um dos principais alvos deste comércio é o gastrópode marinho de grande porte, *Cassis tuberosa* (Linnaeus, 1758) (Família Cassidae), que ocorre desde a Carolina do Norte até a Flórida e região do Caribe ao Brasil (ARDILA et al., 2002; LEAL, 2002), onde é encontrado do Pará ao Espírito Santo (RIOS, 2009). *C. tuberosa* é uma espécie normalmente de vida solitária (MOORE, 1956), podendo ser eventualmente observada em número maior de indivíduos em situações específicas, como na busca por suas presas equinoides (MATTHEWS; COELHO, 1972).

Estes gastrópodes são carnívoros, predadores especialistas em equinoides, que inclui ouriços-do-mar e bolachas-da-praia (HUGHES; HUGHES, 1981). Ao atacar sua presa equinoide, *Cassis tuberosa* a envolve com seu pé muscular e projeta sua probóscide para perfurar o esqueleto da presa (HUGHES; HUGHES, 1981). *Cassis* utiliza ácido sulfúrico para corroer o esqueleto da presa (CORNMAN, 1963) e após a perfuração de um pequeno orifício, projeta sua rádula para raspar os tecidos internos (HUGHES; HUGHES, 1971). Ouriços-do-mar e bolachas-da-praia predados por *C. tuberosa* na região do esqueleto exibem uma evidência de predação representada por um furo, cujo diâmetro é em torno de 5 mm (HUGHES; HUGHES, 1971).

*Cassis tuberosa* vive desde águas rasas costeiras até profundidades de 40 m (RIOS 2009) e vive tanto em habitats arenosos quanto ambientes recifais alternando os itens da sua dieta em relação ao habitat onde se encontra, ou seja, alimenta-se de ouriços-do-mar em ambientes recifais e de bolachas-da-praia em praias arenosas (HUGHES; HUGHES, 1971; McCLINTOCK; MARION, 1993). Nos ambientes recifais, *C. tuberosa* utiliza diferentes micro-habitats que variam de fundos arenosos a cascalhos, bancos de rodolitos e em torno de frondes de macroalgas (DIAS et al., em preparação).

### **1.1. Comportamento predatório e papel ecológico de *Cassis tuberosa***

A predação, frequentemente tem assumido um importante papel na organização dos ecossistemas recifais (CONNELL, 1972). As relações presa-predador são de grande importância no controle de ambas as populações, pois podem evitar que a população de presas esgote seus recursos alimentares. Paine (1966) evidencia a importância do mecanismo de predação ao realizar experimentos que relatam a extinção de alguns invertebrados bentônicos e algas quando há remoção de predadores.

A maior parte dos estudos envolvendo *Cassis tuberosa* e até mesmo outras espécies da família Cassidae enfocam o mecanismo de captura de presas e os traços de predação

deixados nas carapaças predadas. Hughes e Hughes (1971) forneceram o primeiro estudo detalhado acerca da atividade alimentar, método de ataque, consumo das presas e preferência alimentar de *C. tuberosa* sobre presas equinóides, principalmente ouriços-do-mar. Posteriormente, Hughes e Hughes (1981) abordaram a anatomia do aparelho digestivo, modo de penetração, ataque e consumo de presas por *C. tuberosa* e outros Cassidae (e.g. *Cypraecassis testiculus*). Pequeno e Matthews-Cascon (2001, 2010), através de observações em laboratório, analisaram aspectos do comportamento predatório de *C. tuberosa*, como por exemplo, posição e dimensão do furo feito pelo gastrópode sobre *Mellita quinquiesperforata* (bolacha-da-praia) e *Lytechinus variegatus* (ouriço-do-mar).

Levitan e Genovese (1989) realizaram estudos de perspectiva mais ecológica sobre interação presa-predador entre *Cassia tuberosa* e o ouriço *Diadema antillarum*, no qual constataram que *Cassia* atua como um predador mais eficiente em trechos arenosos do que em substratos rochosos, onde o ouriço encontra mais refúgio contra a predação.

Ouriços-do-mar da espécie *Echinometra lucunter*, assim como muitos outros equinóides regulares que são predados por *Cassia tuberosa*, são herbívoros altamente especializados, atuando como organismos pastadores nos ambientes marinhos, podendo ocasionalmente alimentar-se de animais bentônicos como esponjas e corais (McCLANAHAN; MUTHIGA, 2007). Devido a este hábito, tais equinóides desempenham um papel importante no controle da cobertura de algas, de modo que a taxa de consumo algal é dependente da densidade populacional de ouriços (ENGSTROM, 1976). A remoção de predadores que controlem a população dos ouriços pode resultar em situações como a registrada por Edmunds e Carpenter (2001) em estudo realizado na costa norte da Jamaica, onde o aumento da população do ouriço *Diadema antillarum* levou a uma redução na cobertura macroalgal e favoreceu o crescimento de corais jovens em ambientes recifais. Nesse sentido, *Cassia tuberosa* pode atuar como espécie-chave para o controle populacional de ouriços e conseqüentemente para o equilíbrio da cobertura bentônica nos habitats recifais.

Segundo McClintock e Marion (1993), *Cassia tuberosa* desenvolve uma alta pressão de predação sobre a bolacha-da-praia *Leodia sexiesperforata* em um ambiente arenoso nas Bahamas. Através de estudos de densidade de *C. tuberosa* e do ouriço *Lytechinus variegatus*, Engstrom (1982) inferiu que a predação por *C. tuberosa* foi um fator significativo que influenciou a mortalidade do ouriço em bancos da fanerógama *Thalassia testudinum*. O mesmo foi constatado por Gladfelter (1978), que indicou *C.*

*tuberosa* como o principal agente de mortalidade do ouriço *Cassidulus caribbearum* na Baía de Loblolly, Ilhas Virgens.

Nesse sentido, é importante que estudos ecológicos sejam desenvolvidos visando testar o papel de *Cassis tuberosa* no controle populacional de suas presas, inclusive, os efeitos de sua remoção do ambiente. Isto se torna urgente, uma vez que se trata de um predador que vem sendo continuamente removido do habitat natural (DIAS et al., 2010, 2011), e que alterações em suas densidades no ambiente podem ocasionar alterações também na cadeia trófica da qual participa.

## **1.2. Ameaças e necessidades de conservação**

Apesar do potencial papel ecológico de *Cassis tuberosa* nos habitats marinhos onde ocorre, como controlador das populações de ouriços-do-mar e bolachas-da-praia, a beleza da concha de *Cassis* em todas as fases do seu crescimento, tem gerado uma demanda crescente por esta espécie para fins ornamentais. Há décadas, *C. tuberosa* tem sido alvo da pesca para fins ornamentais e para suprir o comércio de suvenires e curiosidades marinhas (GASPARINI et al., 2005; DIAS et al., 2010, 2011). Além disso, conchas de *C. tuberosa* são utilizadas para fins medicinais e mágico-religiosos (ALVES; DIAS, 2010; LÉO-NETO et al., 2012), resultando em uma pressão adicional sobre os estoques naturais.

A exploração de *Cassis tuberosa* no habitat natural é facilitada pelo fato destes animais habitarem ambientes costeiros rasos e assim, serem facilmente capturados. Alves et al. (2006) chamam a atenção para o fato de que *C. tuberosa* tornou-se um dos gastrópodes marinhos mais explorados da costa brasileira, sendo, segundo Dias et al. (2011), normalmente vendida no comércio ornamental marinho da região Nordeste do país como um dos componentes mais importantes de artesanatos decorativos e utilitários.

Do ponto de vista conservacionista, por ser uma espécie amplamente explorada, o papel ecológico de *Cassis tuberosa* nos ecossistemas marinhos pode estar sendo comprometido pela sua remoção do ambiente. Quatro décadas atrás, *C. tuberosa* foi considerada por Matthews e Coelho (1972) como um dos gastrópodes de grande porte mais abundantes do nordeste brasileiro. No entanto, após décadas de exploração, estudos populacionais sobre esta espécie são virtualmente inexistentes (ALVES; DIAS, 2010) e esta ausência de informações detalhadas acerca da biologia, ecologia e comércio desses moluscos impede a inclusão desta espécie em programas de conservação e manejo (DIAS et al., 2011). Além disso, a pesca de *C. tuberosa* não é documentada nem sua importância

econômica quantificada, fatores que não a colocam no foco das medidas de manejo de recursos pesqueiros.

### **1.3. Áreas marinhas protegidas e seu papel no manejo pesqueiro**

Unidades de Conservação (UCs) marinhas são porções do ambiente marinho sob legislação de proteção especial, cujo objetivo principal é promover a proteção e o uso sustentável dos recursos biológicos marinhos. Na realidade brasileira, as UCs marinhas podem se enquadrar em diferentes categorias pertencentes a dois grupos, as Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável, caracterizadas e regulamentadas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC, 2002).

As UCs marinhas brasileiras, embora possam ser visitadas e utilizadas pelas populações humanas, podem conter parte de seu território onde qualquer atividade humana é proibida, e nestes casos, estas porções de proteção integral são normalmente denominadas de zonas de exclusão ou santuários marinhos, mundialmente conhecidas como “no-take reserve”. Este tipo de reserva de proteção integral, devem representar maior proteção para os recursos e ecossistema marinhos por ser mais restritiva quanto às atividades dentro de seus limites (LESTER et al., 2009).

Em um contexto mundial, as áreas marinhas protegidas ou simplesmente reservas marinhas são definidas por Lubchenco et al. (2003) como “áreas do oceano completamente protegidas de todas as atividades extrativistas e destrutivas”. Elas têm sido utilizadas como um elemento complementar de manejo pesqueiro (ROWLEY, 1994) e como ferramenta importante na conservação marinha (HALPERN, 2003). Segundo Tewfik e Béné (2003), na prática, um dos objetivos principais das áreas marinhas protegidas é garantir um recrutamento contínuo de espécies-alvo da pesca para áreas pesqueiras adjacentes, protegendo assim, populações reprodutoras destas espécies. Estes autores reforçam que a proteção de populações reprodutoras de espécies comercialmente importantes é gerada por dois mecanismos que garantem a manutenção de estoques pesqueiros: (a) a exportação de indivíduos através da migração de espécies-alvo a partir da área protegida para áreas de pesca (efeito *spillover*) e (b) a produção de ovos resultantes de atividade reprodutiva dentro da reserva e dispersão de larvas sobre áreas fora dos limites da área protegida (efeito recrutamento).

A efetividade das reservas marinhas na proteção de populações-alvo da pesca e na restauração do ecossistema tem sido amplamente estudada na última década (e.g. JONES et al., 2004; KRAMER; HECK Jr, 2007; MUMBY et al., 2007; SWEATMAN, 2008;

SELIG; BRUNO, 2010). O sucesso de diversas áreas marinhas protegidas na restauração de populações de peixes e invertebrados sobreexplotados tem sido registrado em várias partes do mundo (e.g. KAY et al., 2012; STONER et al., 2012). Porém, na costa brasileira, além do número de áreas marinhas protegidas ainda ser muito pequeno, estudos para avaliar a efetividade destas áreas na proteção de espécies-alvo de exploração comercial são escassos (e.g. FLOETER et al., 2006). No tocante aos gastrópodes como recurso pesqueiro, este tipo de avaliação é inexistente para a costa brasileira.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Caracterizar a relação presa-predador, fornecer dados acerca da ecologia populacional de *Cassia tuberosa* e de suas presas equinoides, em habitats arenosos e recifais, e testar a efetividade de uma unidade de conservação marinha em proteger populações naturais deste gastrópode economicamente explorado.

### 2.2. Objetivos específicos

- \* Estimar a densidade e caracterizar a estrutura populacional de tamanho de *Cassia tuberosa* e de suas presas equinoides em ambiente de praia arenosa;
- \* Caracterizar a atividade diurna e noturna de *C. tuberosa* em habitat arenoso intertidal;
- \* Analisar a proporção de presas predadas e os padrões de perfuração deixados por *C. tuberosa* sobre três espécies simpátricas de bolacha-da-praia (gêneros *Mellita*, *Leodia* e *Encope*) a partir de evidências deixadas nos esqueletos das presas em habitat arenoso;
- \* Estimar a densidade e caracterizar a estrutura populacional de tamanho de *C. tuberosa* dentro de uma área recifal com exclusão de pesca e em áreas recifais adjacentes exploradas pela pesca;
- \* Caracterizar o microhabitat e a atividade diurna de *C. tuberosa* em recifes costeiros rasos.

### 3. PERGUNTA (S) E HIPÓTESE (S) DO TEMA CENTRAL DA DISSERTAÇÃO

A pesquisa é norteada pelas seguintes perguntas:

- (1) Qual o perfil populacional de tamanho do gastrópode *Cassia tuberosa* e de suas presas equinoides em ambiente de praia arenosa?
- (2) Os comportamentos desempenhados por *C. tuberosa* em ambiente de praia arenosa diferem entre os períodos diurno e noturno?
- (3) Existe um padrão de predação deixado por *C. tuberosa* nos esqueletos das bolachas de praia?
- (4) As densidades e a estrutura populacional de *C. tuberosa* difere entre áreas recifais com exclusão de pesca e em áreas adjacentes exploradas pela pesca?
- (5) Em ambiente recifal, *Cassia tuberosa* utiliza os microhabitats de acordo com o tipo de comportamento que desenvolve?

Foram levantadas as seguintes hipóteses:

- (1) A população de *Cassia tuberosa* é predominantemente composta por indivíduos de tamanho pequeno (considerados jovens) em praias arenosas.
- (2) A densidade populacional de bolachas-da-praia é significativamente maior do que a densidade de *C. tuberosa* em habitat arenoso.
- (3) *C. tuberosa* é uma espécie mais ativa durante a noite.
- (4) O padrão de predação deixado por *C. tuberosa* nos esqueletos equinoides indicam preferência pela região central das bolachas, tendo em vista que esta região concentra as vísceras do animal.
- (5) *C. tuberosa* apresenta maior densidade e mais indivíduos em estágio adulto dentro dos limites da área com exclusão de pesca.
- (6) *Cassia tuberosa* desenvolve comportamentos de acordo com o tipo de hábitat em que se encontra.

### 4. ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO

O presente estudo está organizado em 2 capítulos, que foram desenvolvidos em dois tipos de ambientes marinhos do Nordeste brasileiro. Os capítulos tem como objeto

principal de estudo aspectos ecológicos do gastrópode de grande porte *Cassia tuberosa*, espécie fortemente explorada ao longo da costa do Brasil. Os manuscritos são intitulados:

- (1) Aspectos populacionais, padrões de atividade e relação presa-predador entre *Cassia tuberosa* (Gastropoda: Cassidae) e suas presas equinoides (bolachas-da-praia) em uma praia arenosa (NE Brasil).
- (2) Estrutura populacional, densidade e caracterização do habitat do gastrópode *Cassia tuberosa* (Mollusca: Cassidae) dentro e fora de uma área de exclusão de pesca no Nordeste brasileiro: implicações para a conservação e manejo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. S.; SILVA, M. A.; MELO JUNIOR, M.; PARANAGUA, M. N.; PINTO, S. L. Zooartesanato comercializado em Recife, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecias**, vol. 8, n. 2, p. 99-109, 2006.

ALVES, R. R. N.; DIAS, T. L. P. Usos de invertebrados na medicina popular no Brasil e suas implicações para conservação. **Tropical Conservation Science**, vol. 3, n. 2, p. 159-174, 2010.

ARDILA, N.; NAVAS, G.R.; REYES, J. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia, Bogotá, Colombia, 2002.

CORNMAN, I. Toxic properties of the saliva of *Cassia*. **Nature**, vol. 200, p. 88-89, 1963.

CONNELL, J. H. Community Interactions on Marine Rocky Intertidal Shores. **Annual Review of Ecology and Systematics**, vol. 3, p. 169-192, 1972.

DIAS, T.L.P.; ALVES, R.R.N.; LÉO NETO, N.A. Zooartesanato marinho da Paraíba. In: ALVES RRN, MEDEIROS WMS, MOURÃO JS. (Org.). A etnozoologia no Brasil: importância, status atual e perspectivas. A etnozoologia no Brasil: importância, status atual e perspectivas. 1ed. NUPEEA, Recife, vol. 4, p. 515-534, 2010.

DIAS, T.L.P.; NETO, N.A.L.; ALVES, R.R.N. Molluscs in the marine curio and souvenir trade in NE Brazil: species composition and implications for their conservation and management. **Biodiversity Conservation**, vol. 20, p. 2393-2405, 2011.

DIAS, T. L. P.; MOTA, E. L. S.; DUARTE, R. C. S.; ALVES, R. R. N. What do we know about *Cassia tuberosa* (Mollusca: Cassidae), a heavily exploited marine gastropod? **Ethnobiology and Conservation**, Submetido.

EDMUNDS, P.J.; CARPENTER, R.C. Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. **Proceedings of the National Academy of Science**, vol. 98, p. 5067-5071, 2001.

ENGSTROM, N. A. Predation by the helmet shell *Cassia tuberosa* upon sea urchins in *Thalassia* beds. **Proceedings Association of Island Marine Laboratories of the Caribbean**, vol. 11, p. 14, 1976.

ENGSTROM, N. A. Immigration as a factor in maintaining populations of the sea urchin *Lytechinus variegates* (Echinodermata: Echinoidea) in seagrass beds on the southwest coast of Puerto Rico. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, vol. 17, p. 51-60, 1982.

FLOETER, S. R.; HALPERN, B. S.; FERREIRA, C. E. L. Effects of fishing and protection on Brazilian reef fishes. **Biological Conservation**, vol. 28, p. 391-402, 2006.

GASPARINI, J. L.; FLOETER, S.R.; FERREIRA, C.E.L.; SAZIMA, I. Marine ornamental trade in Brazil. **Biodiversity Conservation**, vol. 14, p. 2883-2899, 2005.

GEIGER, D. L. Marine Gastropoda. p. 295-312. In: Sturm, C. F., Pearce, T. A. & Valdés, A. (Eds.). The mollusks: a guide to their study, collection and preservation. American Malacological Society. 2006.

GEIGER, D. L., MARSHALL, B. A., PONDER, W. F., SASAKI, T. and WARÉN, A. Techniques for collecting, handling, preparing, storing and examining small molluscan specimens. **Molluscan Research**, vol. 27, n. 1, p. 1-50, 2007.

GLADFELTER, W. B. General ecology of the Cassiduloid Urchin *Cassidulus caribbearum*. **Marine Biology**, vol. 47, p. 149-160, 1978.

HALPERN, B. S. The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter? **Ecological Applications**, vol. 13. p. 117-137, 2003.

HUGHES, R. N.; HUGHES, H. P. I. A study of the gastropod *Cassia tuberosa* (L.) preying upon sea urchins. **Journal of Experimental in Marine Biology and Ecology**, vol. 7, p. 305-314, 1971.

HUGHES, R. N.; HUGHES, H. P. I. Morphological and behavioural aspects of feeding in the Cassidae (Tonnacea, Mesogastropoda). **Malacologia**, vol. 20, n. 2, p. 385-402, 1981.

KAY, M. C.; LENIHAN, H. S.; KOTCHEN, M. J.; MILLER, C. J. Effects of marine reserves on California spiny lobster are robust and modified by fine-scale habitat features and distance from reserve borders. **Marine Ecology Progress Series**, vol. 451, p. 137-150, 2012.

KRAMER, K. L.; HECK JR, K. L. Top-down trophic shifts in Florida Keys patch reef marine protected areas. **Marine Ecology Progress Series**, vol. 349, p. 111-123, 2007.

JONES, G. P.; MCCORMICK, M. I.; SRINIVASAN, M.; EAGLE, J. V. Coral decline threatens fish biodiversity in marine reserves. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, vol. 101, p. 8251-8253, 2004.

LEAL, J.H. Gastropods. In CARPENTER, K.E. (ed.). **The living marine resources of the Western Central Atlantic. Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO species identification guide for fishery purposes, American Society of Ichthyologists and Herpetologists and the European**

**Commission.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia, vol. 1, 2002.

LÉO-NETO, N. A.; VOEKS, R. A.; DIAS, T. L. P.; ALVES, R. R. N. Mollusks of Candomblé: symbolic and ritualistic importance. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, vol. 8, 10 p. 2012.

LESTER, S. E.; HALPERN, B. S.; GRORUND-COLVERT, K.; LUBCHENCO, J.; RUTTENBERG, B.; GAINES, S. D.; AIRAMÉ, S.; WARNER, R. R. Biological effect within no-take marine reserves: a global synthesis. **Marine Ecology Progress Series**, vol. 384, p.33-46, 2009.

LEVITAN, D. R.; GENOVESE, S. J. Substratum-dependent predator-prey dynamics: patch reefs as refuges from gastropod predation. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 130, p. 111-118, 1989.

LUBCHENCO, J.; PALUMI, S. R.; GAINES, S. D.; ANDELMAN, S. Plugging a hole in the ocean: the emerging science of marine reserve. **Ecological Applications**, vol. 13, n. 1, p. 3-7, 2003.

MATTHEWS, H.R.; COELHO, A.C.S. Superfamília Tonnaceae do Brasil. IV – Família Cassidae (Mollusca, Gastropoda). **Arquivos de Ciências do Mar**, vol. 12, n. 1, p. 1-16, 1972.

McCLANAHAN, T. R.; MUTHIGA, N.A. Ecology of *Echinometra*. In: LAWRENCE, J. M. **Edible Sea Urchins: Biology and Ecology**, Elsevier Science, 2 ed., vol. 38, 2007.

McCLINTOCK, J. B, MARION, K. R. Predation by the King helmet (*Cassis tuberosa*) on six-holed sand dollars (*Leodia sexiesperforata*) at San Salvador, Bahamas. **Bulletin of Marine Science**, vol. 52, n. 3, p. 1013-1017, 1993.

MOORE, R. D. Observations of predation on echinoderms by three species of Cassidae. **The Nautilus**, vol. 69, p. 73-76, 1956.

MUMBY, P. J.; HARBORNE, A. R.; WILLIAMS, J.; KAPPEL, C. V.; BRUMBAUGH, D. R.; MICHELI, F.; HOLMES, K. E.; DAHLGREN, C. P.; PARIS, C. B.; BLACKWELL, P. G. Trophic cascade facilitates coral recruitment in a marine reserve. **Proceedings of the National Academy of Science**, vol. 104, n. 20, p. 8362–8367, 2007.

PAINE, R. T. Food web complexity and species diversity. **American Naturalist**, vol. 100, p. 65–75, 1966.

PEQUENO, A. P. L. C.; MATTHEWS-CASCON, H. Predation by young *Cassis tuberosa* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda) on *Mellita quinquesperforata* (Clarck, 1940) (Echinodermata: Echinoidea), under laboratory conditions. **Arquivos de Ciências do Mar**, vol. 34, p. 83-85, 2001.

PEQUENO, A. P. L. C.; MATTHEWS-CASCON, H. Predation by Young *Cassis tuberosa* (Mollusca:Gastropoda: Cassidae) on *Lythechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea), under laboratory conditions. **Arquivos de Ciências do Mar**, vol. 43, n. 2, p. 55-58, 2010.

RIOS, E C. **Compendium of Brazilian Sea Shells**. Rio Grande: FURG, 2009, 668 p.

ROWLEY, R. J. Case studies and reviews: marine reserves in fisheries management. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, vol. 4, p. 233-254, 1994.

SELIG, E. R.; BRUNO, J. F. A Global Analysis of the Effectiveness of Marine Protected Areas in Preventing Coral Loss. **PlosOne**, vol. 5. e9278. doi:10.1371/journal.pone.0009278, 2010.

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. 2ª. Edição Ampliada. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2002.

STONER, A.W.; DAVIS, M.H.; BOOKER, C.J. Abundance and population structure of queen conch inside and outside a marine protected area: repeat surveys show significant declines. **Marine Ecology Progress Series**, vol. 460, p. 101-114, 2012.

SWEATMAN, H. No-take reserves protected coral reefs from predatory starfish. **Current Biology**, vol. 18, n. 14, p. 598-599, 2008.

TAYLOR, J. D.; GLOVER, E. A. Food of giants – field observations on the diet of *Syrinx aruanus* (Linnaeus, 1758) (Turbinellidae) the largest living gastropod. In: WELLS, F. E.; WALKER, D. I.; JONES, D. S. (eds.) **The Marine Flora and Fauna of Dampier, Western Australia**. Western Australian Museum, Perth. 2003, p. 217-224.

TEWFIK, A.; BÉNÉ, C. Effects of natural barriers on the spillover of a marine mollusc: implications for fisheries reserves. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, vol. 13, p. 473-488, 2003.

WELLS, S.M. International trade in ornamental corals and shells. **Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium**, vol. 1, p. 323-330, 1981.

WOOD, E.; WELLS, S. The marine curio trade: conservation issues. **A report for the Marine Conservation Society**, UK, 1988, 120 p.

WOOD, E.; WELLS, S. The shell trade: a case for sustainable utilization. p. 41-52. In: KAY, E.A. (ed) *The Conservation Biology of Molluscs*. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission 9. IUCN, Cambridge, 1995.

## CAPÍTULO I

---

Manuscrito a ser submetido ao periódico *Marine Biology*

**Aspectos populacionais, padrões de atividade e relação presa-predador entre *Cassia tuberosa* (Gastropoda: Cassidae) e suas presas equinoides (bolachas-da-praia) em uma praia arenosa (NE Brasil)**

Ellori Laíse Silva Mota & Thelma Lúcia Pereira Dias

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba, Laboratório de Biologia Marinha, CCBS, Departamento de Biologia, Rua das Baraúnas, 351, Bairro Universitário, Campina Grande, PB, Brasil.

**Resumo** O gastrópode marinho de grande porte, *Cassis tuberosa* (Linnaeus, 1758), tem sido fortemente capturado ao longo de sua distribuição geográfica e suas conchas, que atingem 30 cm de comprimento, são intensamente comercializadas como suvenires marinhos, como peça ornamental e para fins medicinais e mágico-religiosos. Neste estudo, objetivou-se caracterizar a estrutura populacional de tamanho, atividade diurna e noturna, e densidade de *Cassis tuberosa* em habitat arenoso intertidal, bem como a interação presa-predador entre o gastrópode e três espécies simpátricas de bolachas-da-praia que ocorrem na área estudada e que fazem parte de sua dieta natural em praias arenosas no litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. De um modo geral, *Cassis* apresentou densidade média de  $0,011 \pm 0,007$  ind.m<sup>-2</sup>, mas houve diferença significativa quando comparamos os períodos diurno e noturno, sendo maior durante o dia ( $t=1,92$ ;  $p=0,03$ ). Em média, os indivíduos apresentaram comprimento da concha de  $9,36 \pm 2,54$  cm, com o maior indivíduo medindo 15,3 cm. *Cassis* teve maior atividade noturna, embora durante o dia a densidade tenha sido maior do que a noite. Dentre as três espécies de presas utilizadas, *Mellita quinquiesperforata* foi a espécie mais abundante e mais consumida por *Cassis* nos registros de predação. Observou-se uma proporção de 18 indivíduos de *M. quinquiesperforata*, 0,4 de *Leodia sexiesperforata* e 0,9 *Encope emarginata* para cada indivíduo registrado de *C. tuberosa*. Dos 229 esqueletos examinados, 39,3% estavam predados, dentre estes, 72,2% pertenciam à *M. quinquiesperforata*. Houve diferença significativa no número de esqueletos predados e não predados ( $G=27,25$ ;  $p<0,0001$ ), indicando uma possível preferência alimentar de *C. tuberosa* por uma das espécies de presas analisadas. Em relação à superfície de perfuração, a região oral foi significativamente mais utilizada por *Cassis*, representando 94,4% das ocorrências ( $G=589,9$ ;  $p<0,0001$ ) assim como a porção central das bolachas-da-praia (81% dos registros) ( $G=240,4$ ;  $p<0,0001$ ). A área estudada portanto atua como área de recrutamento para esta espécie. A alta incidência de esqueletos predados nos permite inferir que *C. tuberosa* exerce um importante papel no equilíbrio da cadeia alimentar marinha. As capturas indiscriminadas desta espécie no habitat natural podem romper relações ecológicas ainda pouco estudadas e compreendidas, como o papel que este gastrópode predador exerce sobre as populações de suas presas.

**Palavras-chave** Equinodermata · Echinoidea · Estrutura populacional · Predação · Proporção presa-predador · Conservação

**Abstract** The large marine gastropod, *Cassis tuberosa* (Linnaeus, 1758), has been strongly exploited along their geographical distribution and their shells, which reach 30 cm in length, are heavily marketed as marine souvenirs, ornamental objects and for medicinal and magical-religious purposes. This study aimed to characterize the population size structure, diurnal and nocturnal activities, and density of *C. tuberosa* in sandy intertidal habitat, as well as to characterize predator-prey interactions between the gastropod and three sympatric species of sand dollars occurring in the study area and that are its natural prey on sandy beaches in the northern coast of the state of Rio Grande do Norte, northeastern Brazil. In general, *Cassis* presented average density of  $0.011 \pm 0.007$  ind.m<sup>-2</sup> showing significant difference when comparing the daytime and nighttime periods, being higher during the day ( $t = 1.92$ ,  $p = 0.03$ ). Regarding the size, mean shell length was  $9.36 \pm 2.54$  cm, with the largest individual measuring 15.3 cm. *Cassis* was more active at night, although during the day the density was higher than the night. Among the three prey species used, *Mellita quinquiesperforata* was the most abundant species and more consumed by *Cassis* on the records of predation. There were a proportion of 18 individuals of *M. quinquiesperforata*, 0.4 and 0.9 of *Leodia sexiesperforata* and *Encope emarginata*, respectively, for each *cassis* recorded in the study sites. Of the 229 sand dollar tests examined, 39.3% were preyed upon, among these, 72.2% belonged to *M. quinquiesperforata*. Number of preyed and not preyed tests were significantly different ( $G = 27.25$ ,  $p < 0.0001$ ), indicating a possible feeding preference of *C. tuberosa* by one of prey species analyzed. With regard to surface of drilling, the oral region of the dollars was significantly used by *Cassis*, representing 94.4% of the occurrences ( $G = 589.9$ ,  $p < 0.0001$ ). Preference was also observed in the distribution of the holes, which were concentrated in the central portion of tests (81% of records) ( $G = 240.4$ ,  $p < 0.0001$ ). The area in question may act as recruitment area for this species. The high incidence of preyed tests allow us to infer that *C. tuberosa* plays an important role in the balance of the marine food web. The indiscriminate capture of this species in natural habitat can disrupt ecological relationships still poorly studied and understood, and the role that this predator gastropod plays on the sand dollar populations.

**Keywords** Equinodermata · Echinoidae · Population structure · Predation · Predator-prey interactions · Conservation

## Introdução

Os moluscos marinhos estão entre os mais importantes alvos de pesca de invertebrados bentônicos ao redor do mundo, o que aumentou em 38% a retirada dos estoques de gastrópodes marinhos do ambiente, nos últimos anos (Leiva e Castilla 2002). Devido ao seu alto valor econômico, os gastrópodes marinhos apresentam grandes riscos de sobreexploração (e.g. Narvarte et al. 2007; Hobday et al. 2001).

*Cassis tuberosa* (Linnaeus 1758) é um gastrópode marinho de grande porte pertencente à família Cassidae (Rios 2009) que tem sido fortemente capturado devido à beleza de sua concha que pode atingir até 30 cm de comprimento total (Ardila et al. 2002). *C. tuberosa* habita regiões marinhas costeiras rasas desde a zona entre marés até 40 m de profundidade (Rios 2009), sendo registrada em diversos tipos de ambientes tais como praias arenosas (McClintock e Marion 1993), recifes (Moore 1956; Lindsay e Gerace 1994) e bancos de fanerógamas marinhas (Storr 1964; Engstrom 1976). A ocorrência em águas costeiras rasas em locais de fácil acesso facilita a captura de *C. tuberosa* por pescadores, mergulhadores, e até mesmo por banhistas.

Na região caribenha, *Cassis tuberosa* é capturada através de mergulho e suas conchas são vendidas para colecionadores ou como suvenires marinhos (Leal 2002). Também ocorre a captura acidental em arrastos de camarão e outras pescarias bentônicas. No Caribe Colombiano, desde 2002, esta espécie está ameaçada de sobreexploração, tendo sido incluída no livro vermelho de espécies ameaçadas na categoria vulnerável (Ardila et al. 2002) seguindo os critérios adotados pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN 2001). Na costa brasileira, *C. tuberosa* desponta como um dos principais alvos no comércio ornamental marinho devido ao grande porte e valorização da concha (Dias et al. 2011). De acordo com Gasparini et al. (2005), espécimes vivos de *C. tuberosa* também são comercializados pelo comércio aquarista. Diante do comércio em torno desta espécie, Alves et al. (2006) a apontam como um dos gastrópodes mais explorados da costa brasileira.

Apesar de sua importância econômica, *Cassis tuberosa* ainda é uma espécie pouco conhecida do ponto de vista biológico e ecológico. A grande maioria dos estudos centrados nesta espécie aborda, em algum aspecto, sua dieta e/ou comportamento alimentar, que envolve um elaborado mecanismo de captura de presas (e.g. Foster 1947; Moore 1956; Schroeder 1962; Cornman 1963; Hughes e Hughes 1971, 1981; Levitan e Genovese 1989; Gerace e Lindsay 1992; McClintock e Marion 1993; Pequeno e Matthews-Cascon 2001,

2010). Assim como outras espécies da família Cassidae, *C. tuberosa* alimenta-se exclusivamente de equinodermos equinoides (ouriços-do-mar e bolachas-da-praia), detectando sua presa por quimiorrecepção e envolvendo-a com seu pé muscular. Uma vez capturada a presa, *Cassia* projeta a probóscide sobre o indivíduo e libera ácido sulfúrico produzido em uma glândula salivar acessória, que provoca a corrosão de um pequeno orifício (~5mm de diâmetro) na carapaça equinoide. Através desse orifício, o animal insere sua rádula para raspar os tecidos internos da presa (Hughes and Hughes 1971).

No contexto de comportamento alimentar desenvolvido por *Cassia tuberosa*, acredita-se que ela desempenha um papel importante em ambientes marinhos atuando como um predador de topo que alterna os itens da sua dieta em relação ao habitat onde vive, ou seja, consomem ouriços-do-mar em ambientes recifais e bolachas-da-praia em praias arenosas (e.g. Hughes and Hughes 1971; McClintock and Marion 1993).

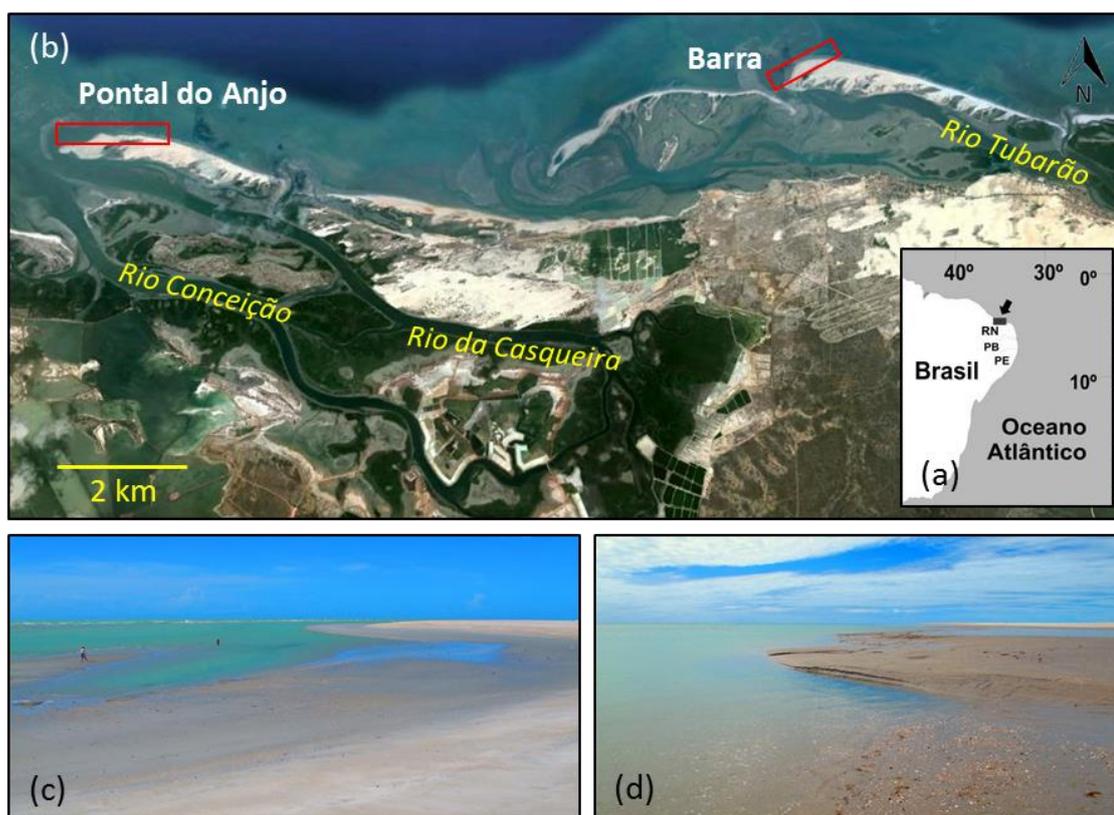
Estudos populacionais que caracterizem a abundância, uso do habitat, atividade e reprodução de *Cassia tuberosa* na natureza são escassos (e.g. Lindsay 1996; Nieto-Bernal et al. 2013), tornando inviável a tomada de medidas adequadas que possibilitem sua conservação. Pesquisas sobre o habitat, estrutura populacional e disponibilidade de alimento de espécies alvo de exploração comercial são de grande importância visando a elaboração de medidas de conservação e manejo, e sobretudo, auxiliam na delimitação de áreas a serem protegidas.

Nesse cenário, o presente estudo tem como objetivo principal caracterizar a estrutura populacional de tamanho, atividade diurna e noturna, e densidade de *Cassia tuberosa* em habitat arenoso intertidal. Na área estudada ocorrem três espécies simpátricas de bolachas-da-praia que fazem parte da dieta de *C. tuberosa*, por isso, esta área torna-se um local único para se avaliar a proporção populacional presa (equinoides)-predador (*C. tuberosa*) na natureza, especialmente por se tratar de uma área onde não ocorre a exploração desse gastrópode. Dessa forma, um outro objetivo deste estudo é caracterizar a interação presa-predador através da análise da densidade presa-predador na mesma área e inferir, a partir das evidências de predação observadas nas carapaças de bolachas-da-praia, se a espécie mais predada é também a mais abundante na área estudada. Estes dados básicos, aliados a outras pesquisas futuras, fornecerão informações inéditas que poderão dar a *C. tuberosa* a visibilidade necessária para que esta espécie integre os esforços governamentais de conservação de moluscos marinhos.

## Material e métodos

### Áreas de estudo

O estudo foi conduzido em duas praias arenosas situadas no município de Macau, no litoral norte do Estado do Rio Grande do Norte (Fig. 1a-b). As praias de Pontal do Anjo ( $5^{\circ}04'43,96''S$ ;  $36^{\circ}36'21,92''O$ ) e Barra ( $5^{\circ}03'56,34''S$ ;  $36^{\circ}30'27,57''O$ ) são planícies arenosas contínuas na linha da costa, que ficam expostas na maré baixa ( $< 0,5m$ ), formando grandes terraços entremarés que são rapidamente submersos na maré enchente (Fig. 1c-d). Essas praias apresentam características semelhantes, principalmente quando se referem a composição tipicamente arenosa e espécies de bolachas da praia disponíveis. No entanto, estes locais foram considerados pontos de amostragem da única grande área. O pontal do Anjo e a Barra estão localizados próximos às desembocaduras dos rios Casqueira e Tubarão, respectivamente.

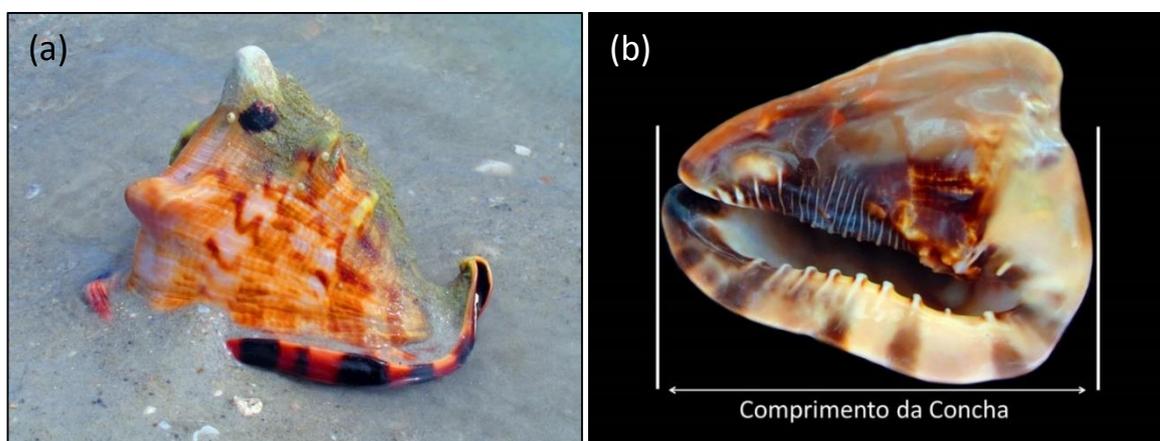


**Fig. 1** Localização das áreas de estudo no litoral norte do estado do Rio Grande do Norte (a). Detalhe do município de Macau, indicando o Pontal do Anjo e a Barra (delimitadas em vermelho), próximas aos rios Casqueira (esquerda) e Tubarão (direita), respectivamente (b). Vistas parciais das praias Pontal do Anjo (c) e Barra (d). Imagem de satélite: Google Earth. Fotos: Thelma Dias © 2013.

A área estudada localiza-se em uma região de clima semiárido, com fortes ventos na maior parte do ano e baixa pluviosidade. De acordo com o INMET (2012), em 2012, a média de chuva na estação seca foi de 65 mm e no período chuvoso foi de 290 mm. As poucas chuvas estão concentradas nos meses de abril e maio. A temperatura anual média fica em torno dos 30° C. Visitas prévias às áreas de estudo indicaram a presença de *Cassis tuberosa* (Fig. 2a) nestas áreas e contatos com pescadores locais comprovaram que não há exploração econômica desta espécie nas praias em questão. As áreas são de acesso restrito, sendo possível apenas através de embarcações. A atividade pesqueira desenvolvida na área é de caráter artesanal, consistindo na pesca com rede de espera, desenvolvida por pescadores em embarcações do tipo canoa. Além da pesca artesanal, outras atividades econômicas predominam na região, a exemplo da exploração de sal marinho, exploração petrolífera marinha e terrestre, e o cultivo de camarão em cativeiro.

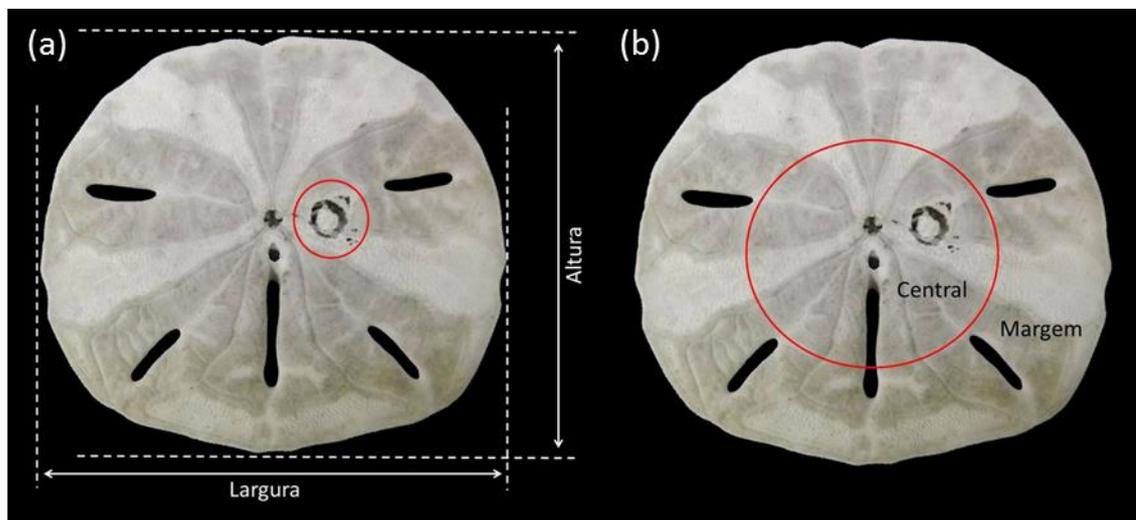
#### Coleta dos dados

Foram realizados 30 transectos de 50 x 4 m de comprimento, sendo 15 diurnos e 15 noturnos, paralelos a linha de costa perfazendo uma área total amostrada de 6.000 m<sup>2</sup>. Os transectos foram dispostos em período diurno (entre 10:00 e 14:00 horas) e noturno (entre 22:00 e 01:00 horas) entre os meses de março e junho de 2013, em período de maré baixa (entre 0,0 e 0,3 m). Indivíduos de *C. tuberosa* foram cuidadosamente procurados ao longo de cada transecto e à medida que cada indivíduo foi encontrado, os seguintes dados foram obtidos: comprimento total da concha (CC) (Fig. 2b), comportamento realizado no momento da avistagem (conforme Tab. 1), e atividade alimentar, se presente.



**Fig. 2** (a) Indivíduo adulto de *Cassis tuberosa*. (b) Ilustração da medida do comprimento da concha (CC). Fotos: Thelma Dias © 2013.

Quando o exemplar avistado estava com a presa, a mesma era identificada, mensurada (altura e largura, Fig. 3a) e o padrão de perfuração deixado por *Cassid* foi anotado, levando-se em consideração a posição (marginal/central e oral/aboral), tamanho (em cm) e diâmetro da perfuração realizada pelo predador (Fig. 3a-b).



**Fig. 3** Informações obtidas nos esqueletos de bolachas-da-praia coletadas nas praias estudadas no litoral do município de Macau, Rio Grande do Norte. (a) Medidas de altura e largura (mm). (b) Indicação das posições central e marginal nos esqueletos. Perfuração destacada com círculo vermelho (figura a). Esquema: Ellori Mota © 2013.

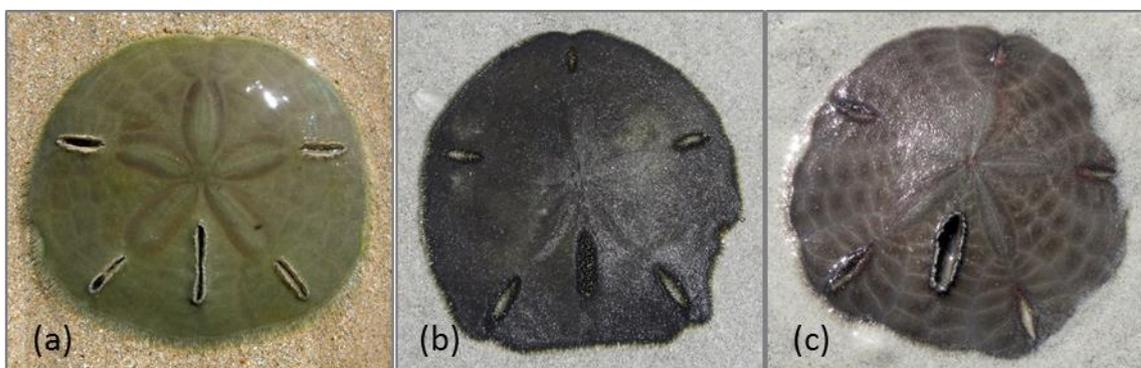
**Tabela 1.** Caracterização dos componentes registrados para *Cassid tuberosa* nas praias arenosas estudadas no litoral de Macau, Rio Grande do Norte.

Comportamentos	Descrição
Enterrado	Completamente coberto pelo substrato, com pequena porção dorsal da concha evidenciada.
Parcialmente enterrado	Maior parte da concha evidenciada, pouco coberto por substrato.
Deslocamento	Deslocando-se sobre o substrato.
Repouso	Em repouso sobre o substrato, desenterrado, sem movimentação ou deslocamento.
Predando	Indivíduo caçando ou se alimentando da presa.

Na mesma área de cada transecto também foram quantificadas as três espécies de bolachas-da-praia previamente observadas na área, obtendo-se sua densidade por meio de cinco quadrados de 1 m<sup>2</sup> alocados aleatoriamente ao longo da linha de cada transecto. As

espécies equinóides observadas foram: *Mellita quinquesperforata*, *Encope emarginata* e *Leodia sexiesperforata* (Fig. 4). Para as bolachas-da-praia situadas na área de cada quadrado foram obtidas as medidas de altura e largura (em cm) da carapaça, seguindo Nebelsick e Kowalewski (1999) (Fig. 3a).

A caracterização dos padrões de perfuração deixados por *C. tuberosa* nas presas equinóides foi feita a partir da coleta aleatória de esqueletos de bolachas-da-praia das três espécies presentes na área de estudo. Os esqueletos coletados foram inicialmente medidos (altura e largura conforme Fig. 3a) e em seguida categorizados quanto à presença ou ausência das evidências de predação, indicada pela perfuração feita pelo predador. Os seguintes parâmetros também foram obtidos: (a) superfície perfurada (oral ou aboral), localização (marginal ou central, conforme Fig. 3b) e diâmetro do furo (em cm).



**Fig. 4** Equinóides (bolachas-da-praia) estudadas no litoral de Macau, Rio Grande do Norte. (a) *Mellita quinquesperforata*, (b) *Encope emarginata* e (c) *Leodia sexiesperforata*. Fotos: Thelma Dias © 2013.

#### Análises estatísticas

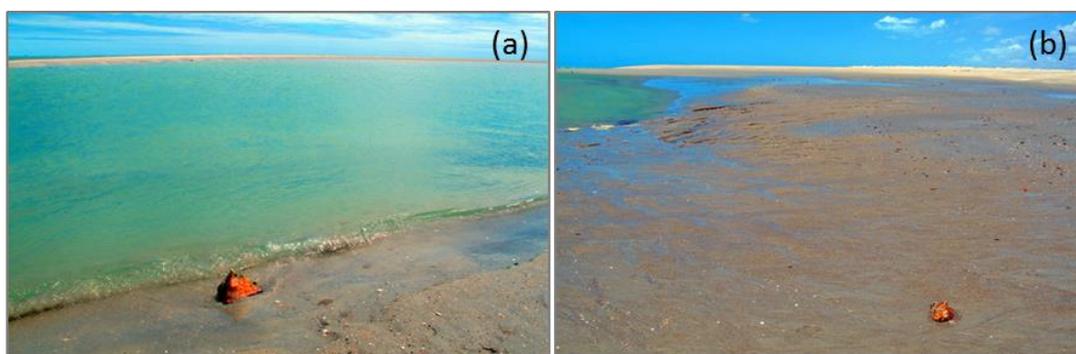
As densidades de *Cassia tuberosa* e das presas foram estimadas em m<sup>2</sup> e os tamanhos são fornecidos em cm. Teste *t* pareado foi empregado para comparar as densidades de *C. tuberosa* e os tamanhos da concha entre os períodos diurno e noturno. O teste G foi realizado para testar diferenças significativas entre as quantidades de esqueletos predados e não predados por espécie, comparar a ocorrência de perfurações feitas nas regiões central/marginal, nas superfícies oral/aboral dos esqueletos predados e para testar se há preferência alimentar de *Cassia* por uma das três espécies de bolachas-da-praia. Correlação de Pearson (*r*) foi utilizada para verificar se existe relação entre o tamanho de *Cassia* e o tamanho das presas que estavam sendo predadas durante os comportamentos de predação registrados, entre o tamanho de *C. tuberosa* e o diâmetro das perfurações feitas

por este sobre as presas visualizadas, e por fim, entre o tamanho dos esqueletos de bolachas predadas com os valores dos diâmetros das perfurações contidas nestes. Todas as médias são fornecidas juntamente com o desvio-padrão. Os dados foram inicialmente organizados em planilhas Excel e as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Statistica 8.0.

## Resultados

### Aspectos populacionais e atividades de *Cassia tuberosa*

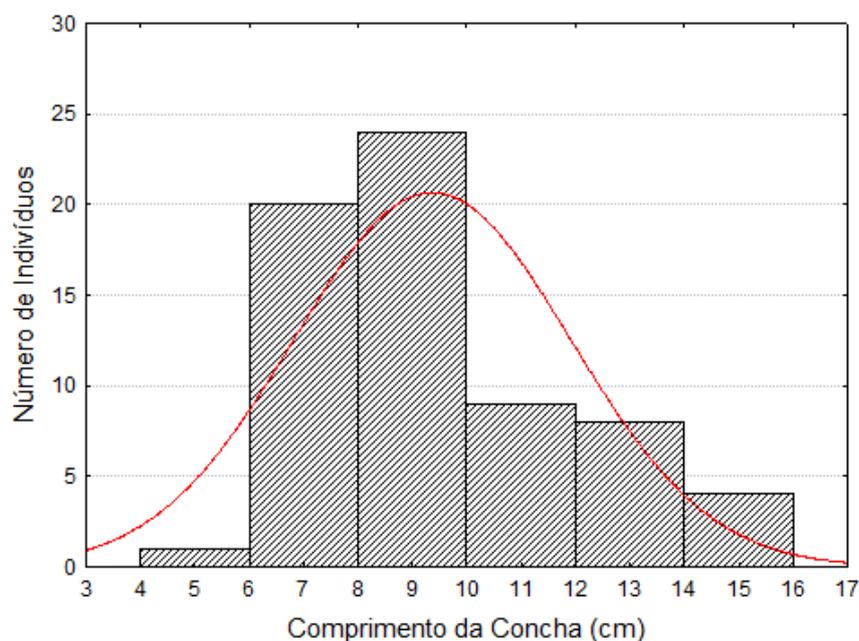
O gastrópode *Cassia tuberosa* apresentou frequência de ocorrência de 93,3% nos transectos diurnos e 80% nos transectos noturnos. Foi avistado um total de 66 indivíduos, sendo 62,2% em período diurno (N=41) e 37,8% em período noturno (N=25). *C. tuberosa* foi avistada em área de praia, em região intertidal, sendo facilmente encontrada no substrato arenoso em período de baixa mar (entre 0 e 0,3 m) (Fig. 5). Em média, os indivíduos apresentaram comprimento da concha de  $9,36 \pm 2,54$  cm, variando de 5,7 a 15,3 cm (Fig. 6). Indivíduos de maior porte, com tamanho próximo ao máximo que a espécie pode atingir não foram registrados.



**Fig. 5** Ocorrência de *Cassia tuberosa* em área intertidal de praia, nas áreas estudadas no litoral de Macau, Rio Grande do Norte. (a) Indivíduo próximo à linha d'água (canto inferior esquerdo) e (b) Indivíduo em planície arenosa durante a baixa mar (canto inferior direito). Fotos: Thelma Dias © 2013.

Considerando-se os tamanhos dos indivíduos por período amostrado, não houve diferença significativa no comprimento da concha entre os indivíduos avistados durante o dia (Média= $9,13 \pm 2,62$  cm) e à noite (Média= $9,76 \pm 2,41$  cm) ( $t = -0,5$ ;  $p = 0,6$ ). Em média, foram observados 2,2 indivíduos de *C. tuberosa* por transecto, variando de 0 a 5 indivíduos, mas analisando-se separadamente os períodos diurno e noturno, nos transectos diurnos a avistagem média de indivíduos foi maior (2,7 ind/transecto). De um modo geral,

*Cassis* apresentou densidade média de  $0,011 \pm 0,007 \text{ ind.m}^{-2}$ , variando de 0,00 ao máximo de  $0,025 \text{ ind.m}^{-2}$ . Comparando-se as avistagens diurnas e noturnas, a densidade média de *C. tuberosa* foi significativamente diferente entre os períodos diurno e noturno ( $t = 2,60$ ;  $p = 0,02$ ), sendo maior durante o dia (Média =  $0,0137 \pm 0,0076 \text{ ind.m}^{-2}$ ), atingindo o máximo de  $0,025 \text{ ind.m}^{-2}$ .



**Fig. 6**

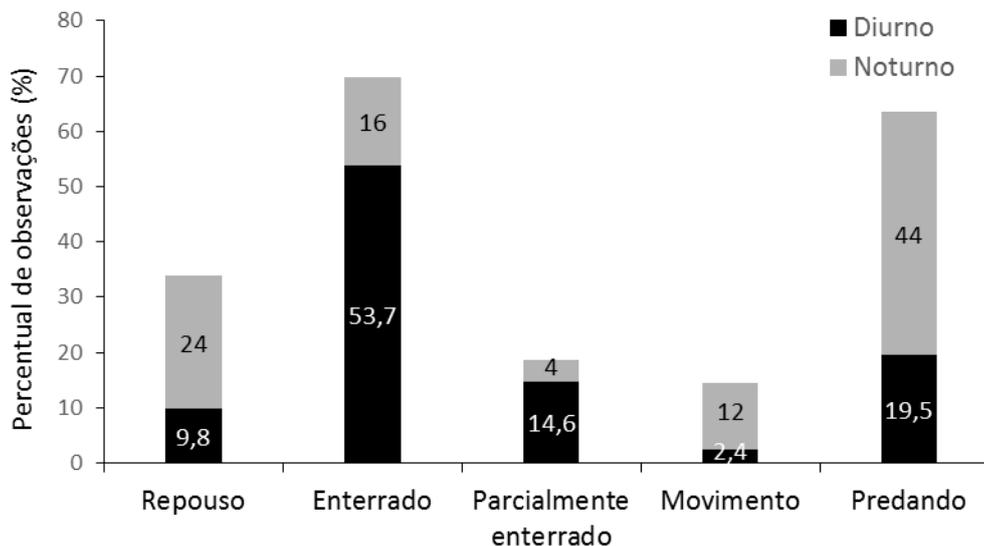
Histograma do comprimento da concha de *Cassis tuberosa* de praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.

Durante o período diurno, 53,6% dos indivíduos de *C. tuberosa* estavam enterrados ( $N=22$ ) e 19,5% estavam realizando atividade predatória ( $N=8$ ) (Fig. 7; Fig. 8). Durante o dia, *C. tuberosa* foi raramente observada se deslocando (2,4% dos indivíduos). Em período noturno, a atividade predominante de *C. tuberosa* foi a predação (44% dos indivíduos) (Fig.7; Fig. 8).

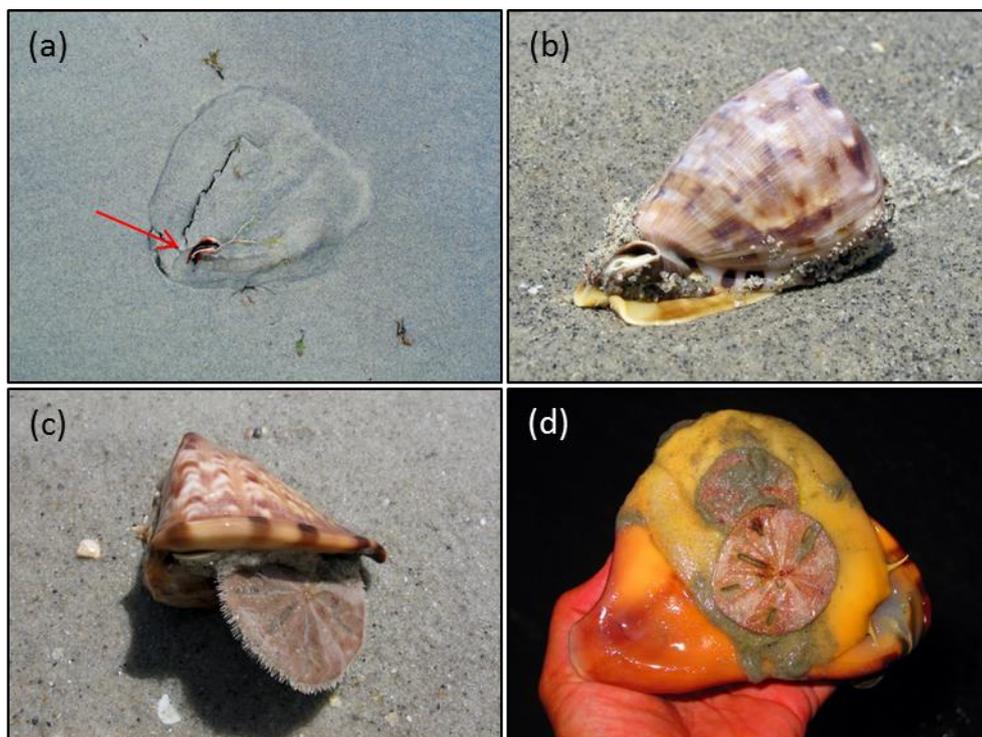
#### Aspectos populacionais das bolachas-da-praia

As três espécies de bolachas-da-praia registradas nas áreas de estudo apresentaram diferenças na estrutura de tamanho e densidade. No total, foram estudadas 1.279 bolachas-da-praia, sendo 535 em período diurno e 744 em período noturno. *Mellita quinquiesperforata* foi a espécie mais abundante, sendo registrados 1.184 indivíduos (92,6% do total de indivíduos) nos quadrados amostrados dentro dos transectos diurnos e

noturnos (Fig. 9). *Encope emarginata* e *Leodia sexiesperforata* apresentaram-se em baixa abundância nas amostragens realizadas (Fig. 9).

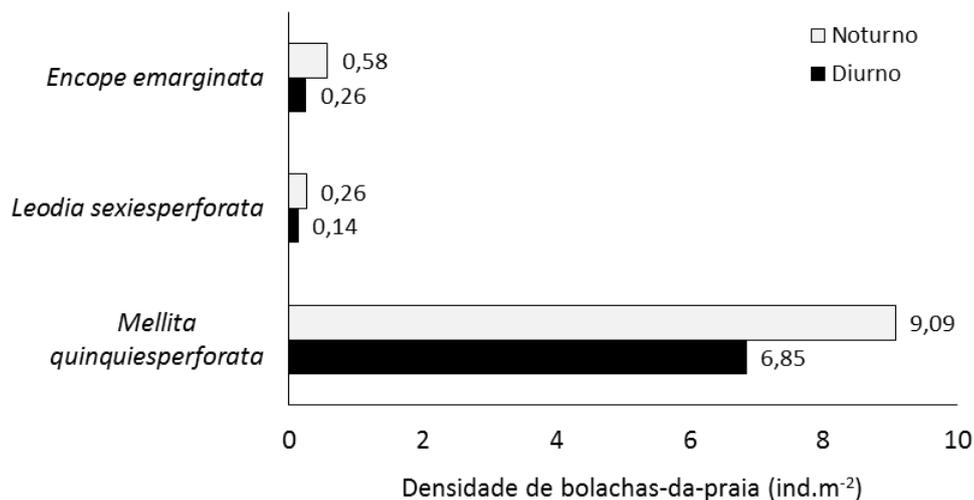


**Fig. 7** Atividades diurnas e noturnas realizadas por *Cassis tuberosa* em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.



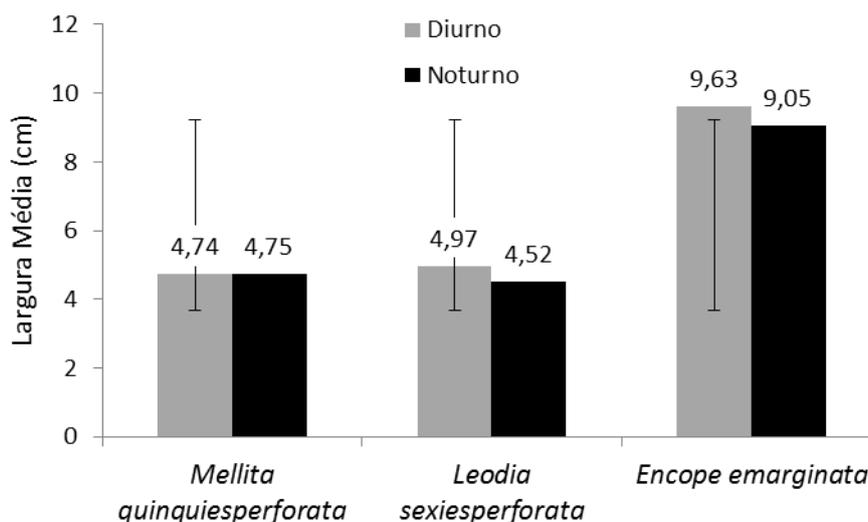
**Fig. 8** Algumas atividades diurnas e noturnas realizadas por *Cassis tuberosa*. (a) Indivíduo enterrado no substrato arenoso. A seta vermelha aponta a extremidade sifonal. (b) Indivíduo jovem deslocando-se em período diurno. (c) Indivíduo jovem em atividade diurna de predação e (d) Indivíduo adulto em atividade noturna de predação. Fotos: Thelma Dias © 2013.

O mesmo padrão de abundância foi observado comparando-se os períodos diurno e noturno, com *M. quinquiesperforata* apresentando-se em maior densidade do que as demais espécies de bolachas-da-praia estudadas (Fig. 9).



**Fig. 9** Densidade (ind.m<sup>-2</sup>) de bolachas-da-praia em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.

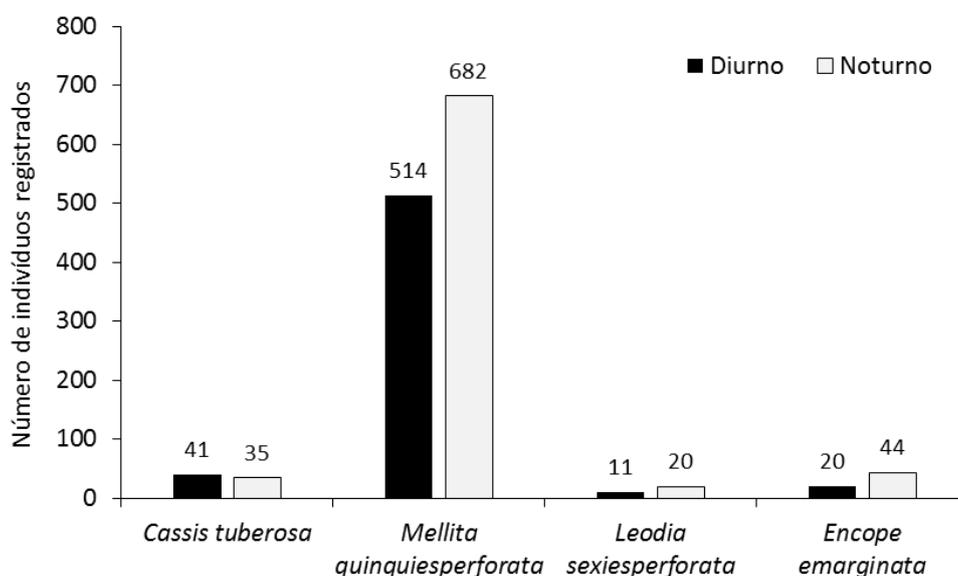
Em termos de tamanho, as três espécies de bolachas-da-praia estudadas também apresentaram larguras médias diferentes, com *E. emarginata* exibindo maior média de largura (Média=9,23±1,94 cm; Variação=5,5-11,4 cm), o mesmo padrão observado comparando-se os períodos diurno e noturno (Fig. 10).



**Fig. 10** Largura média das três espécies de bolachas-da-praia estudadas em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.

## Relação presa-predador

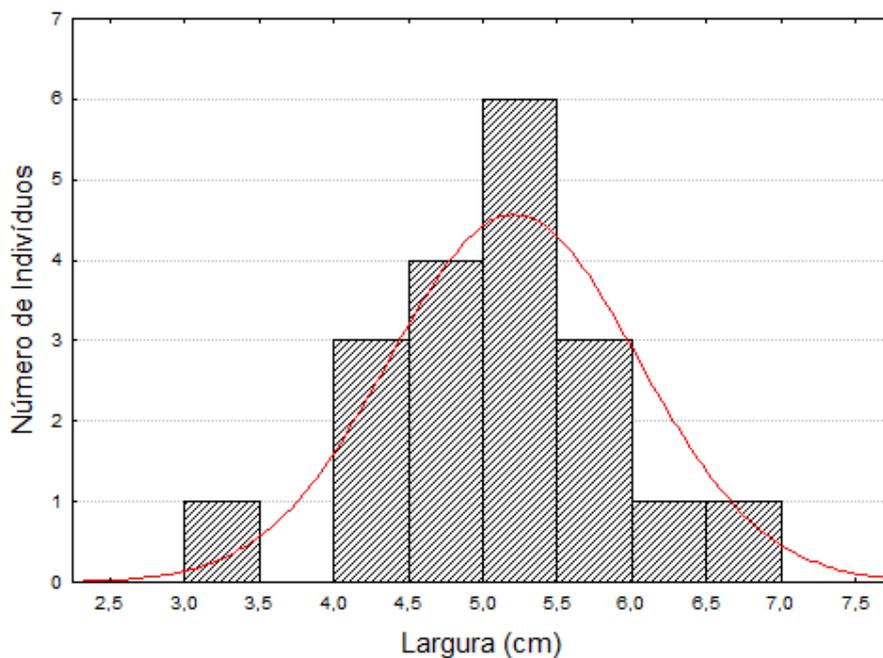
No geral, comparando-se a abundância de *Cassia tuberosa* em relação às de suas presas equinoides, observou-se uma proporção de 1.196 indivíduos de *Mellita quinquesperforata* (18,1 *Mellita*:1 *Cassia*), 31 de *Leodia sexiesperforata* (0,46 *Leodia*:1 *Cassia*) e 64 *Encope emarginata* (0,96 *Encope*:1 *Cassia*) para 66 *C. tuberosa* registrados na área amostral (Fig. 11). Como observado, a maior proporção presa-predador ocorreu entre *Cassia* e *Mellita*. O mesmo padrão foi observado comparando-se os períodos diurno e noturno.



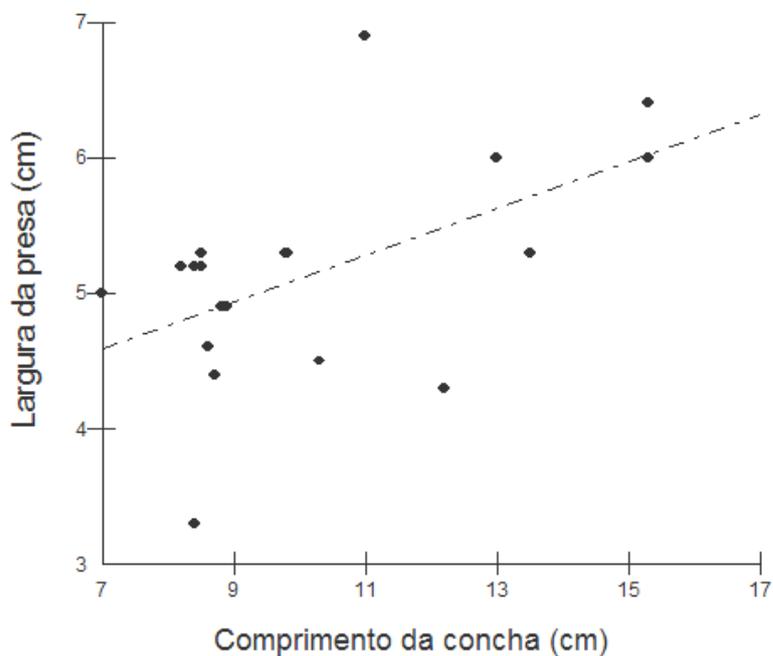
**Fig. 11** Relação entre a abundância de *Cassia tuberosa* e as três espécies de presas equinoides em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.

Das presas que estavam sendo consumidas no momento da atividade alimentar de *C. tuberosa* apenas uma pertencia a espécie *Leodia sexiesperforata*, sendo as demais (N=18) da espécie *Mellita quinquesperforata*. As bolachas predadas tiveram uma largura média de  $5,19 \pm 0,83$  cm, variando de 3,3 cm ao máximo de 6,9 cm (Fig. 12).

Os dados de predação obtidos indicam correlação positiva ( $r = 0,56$ ;  $p = 0,01$ ) entre o tamanho do predador *Cassia tuberosa* e o tamanho das presas que estavam sendo consumidas no momento de comportamento de predação registrado (Fig. 13). Também houve correlação positiva entre o tamanho do predador e o tamanho do furo de predação deixado nas bolachas predadas, porém, neste caso, trata-se de uma correlação fraca e não significativa ( $r=0,33$ ;  $p=0,15$ ). As perfurações de predação apresentaram, em média,  $0,34 \pm 0,05$  cm, variando de 0,3 a 0,4 cm.



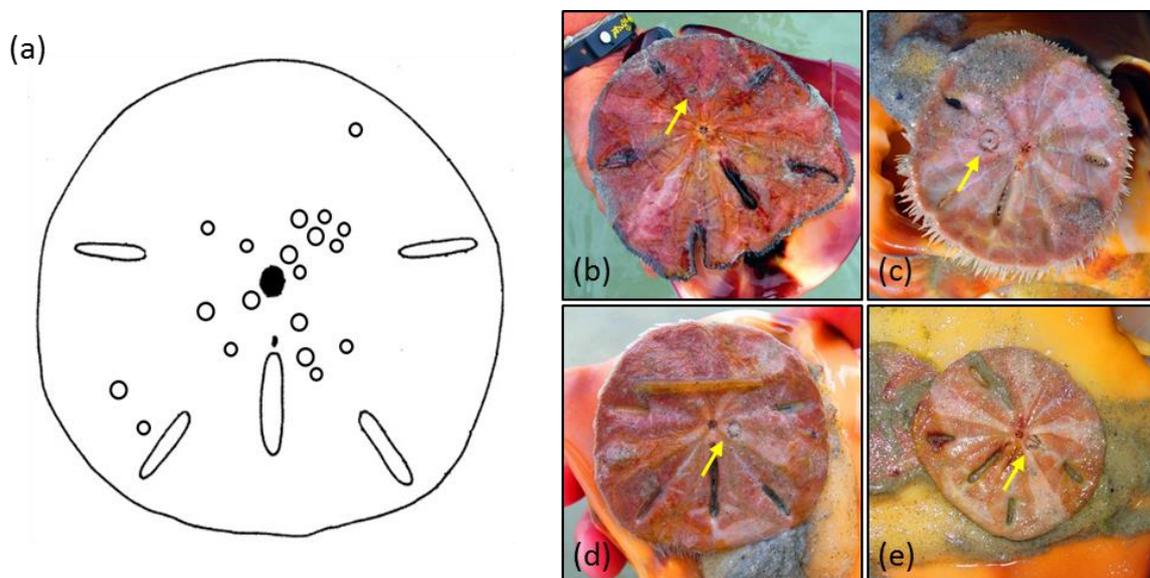
**Fig. 12** Histograma da largura de bolachas-da-praia predadas em praias arenosas do município de Macau, Rio Grande do Norte.



**Fig. 13** Correlação entre o comprimento da concha de *Cassia tuberosa* e a largura de suas presas bolachas-da-praia ( $r = 0,56$  ;  $p = 0,01$ ).

A análise das perfurações deixadas por *C. tuberosa* nas bolachas-da-praia predadas indicam o uso de locais variados (Fig. 14a), de modo que, nas 19 bolachas predadas

registradas, os furos foram feitos na superfície oral da presa (100%) e a maioria deles (84,2%) foi observada na região central das bolachas, nas proximidades da boca e ânus (N=16) (Fig. 14a-e).



**Fig. 14** Perfurações de predação deixadas por *Cassisi tuberosa* nas bolachas-da-praia predadas em praias arenosas de Macau, Rio Grande do Norte. (a) Distribuição dos furos na região oral das presas. Note as diferenças de diâmetro. (b) *Encope emarginata* com furo de predação na região central superior. (c-e) *Mellita quinquiesperforata* em diferentes ocasiões, com perfurações orais próximas à boca. Esquema: Ellori Mota. Fotos: Thelma Dias © 2013.

#### Padrões de predação evidenciados nos esqueletos equinoides

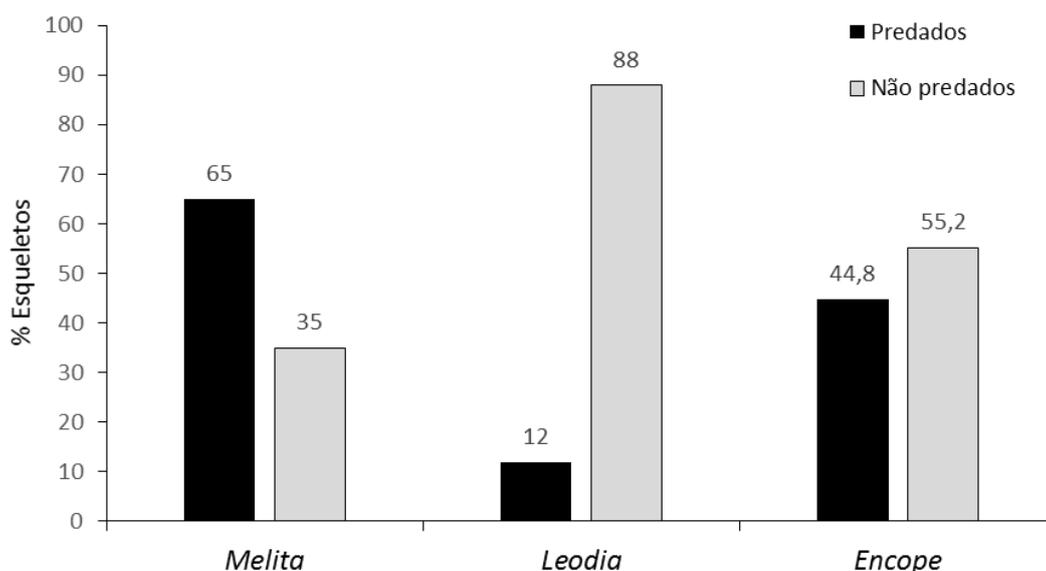
Foram examinados 229 esqueletos de bolachas-da-praia coletados nas áreas estudadas, sendo 100 de *Mellita quinquiesperforata*, 100 de *Leodia sexiesperforata* e 29 de *Encope emarginata*. Para esta última espécie, não foi possível obter um número maior de amostras devido à sua escassez no ambiente. No geral, 39,3% dos esqueletos (N=90 esqueletos) obtidos apresentaram evidência de predação, representada pela perfuração deixada por *Cassisi* em suas presas, conforme dito anteriormente. Dos 90 esqueletos predados, 72,2% foram de *M. quinquiesperforata* (N=65), 14,5% de *E. emarginata* (N=12) e 13,3% de *L. sexiesperforata* (N=13) (Tab. 2).

Dos 100 esqueletos analisados de *M. quinquiesperforata*, 65% continham evidência de predação por *Cassisi tuberosa*, sendo, portanto, a espécie mais predada pelo gastrópode de acordo com as amostras obtidas. *E. emarginata* apresentou 44,8% de seus esqueletos predados e *L. sexiesperforata* apenas 12% (Fig. 15). As perfurações feitas por *Cassisi tuberosa* nos esqueletos das bolachas apresentaram um diâmetro médio de  $0,38 \pm 0,09$  cm,

variando de 0,2 a 0,7 cm. A espécie *Mellita quinquesperforata* apresentou os menores diâmetros dos esqueletos e a menor média do diâmetro da perfuração ( $0,36 \pm 0,09$  cm) (Tab. 2).

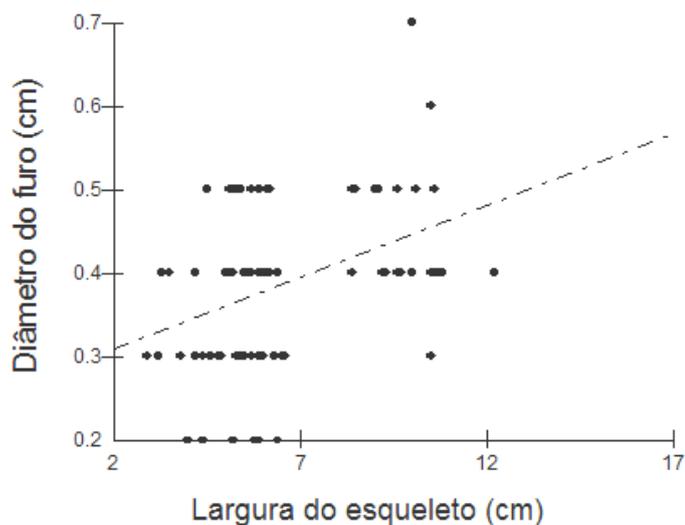
**Tabela 2.** Dados morfométricos dos esqueletos de bolachas-da-praia coletados nas praias estudadas no litoral de Macau, Rio Grande do Norte.

Espécies de presas	N	Largura da carapaça (cm)			Diâmetro do furo (cm)			
		Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	
<b>Esqueletos predados</b>	<i>M. quinquesperforata</i>	65	5,1	2,9	6,6	0,36	0,2	0,5
	<i>L. sexiesperforata</i>	12	9,4	5,9	12,2	0,42	0,3	0,5
	<i>E. emarginata</i>	13	9,5	6,4	10,6	0,45	0,4	0,7
<b>Esqueletos não predados</b>	<i>M. quinquesperforata</i>	35	4,7	2,7	6,2	-	-	-
	<i>L. sexiesperforata</i>	88	7,5	1,8	12,8	-	-	-
	<i>E. emarginata</i>	16	9,6	4,9	10,9	-	-	-



**Fig. 15** Percentual de esqueletos predados e não predados por *Cassis tuberosa* das três espécies de bolachas-da-praia estudadas em praias arenosas de Macau, Rio Grande do Norte.

Houve correlação positiva entre o diâmetro do furo de predação e a largura das presas, uma vez que esqueletos maiores apresentam diâmetro do furo maior ( $r=0,39$ ;  $p<0,0001$ ) (Fig. 16). Também houve diferença significativa no número de esqueletos predados e não predados ( $G=27,25$ ;  $p<0,0001$ ), indicando uma possível preferência alimentar de *C. tuberosa* por uma das espécies de presas analisadas.



**Fig. 16** Correlação entre a largura das bolachas-da-praia e o diâmetro do furo de predação deixado por *Cassia tuberosa* ( $r = 0.39$  ;  $p < 0,0001$ ).

Em relação à superfície de perfuração, a região oral foi significativamente mais utilizada por *Cassia*, representando 94,4% das ocorrências ( $G=589,9$ ;  $p<0,0001$ ), enquanto a superfície aboral apresentou-se predada em apenas 5,6% dos casos analisados. Também se pode observar preferência na distribuição dos furos, que estiveram concentrados na porção central das bolachas-da-praia (81% dos registros) ( $G=240,4$ ;  $p<0,0001$ ) (Fig. 14a).

## Discussão

Com este estudo foi possível gerar novas informações ao descrever aspectos ecológicos de uma população do gastrópode *C. tuberosa* em um ambiente arenoso do litoral brasileiro. Indivíduos adultos de *Cassia tuberosa* podem chegar a 30 cm de comprimento da concha (Ardila et al. 2002), e nas praias estudadas os indivíduos registrados não ultrapassaram o tamanho de 15,3 cm, com média de 9,36 cm, o que revela uma população predominantemente composta por indivíduos jovens. Devido a bela ornamentação da concha, exemplares de todas as fases de crescimento são alvos de capturas para suprir o comércio ornamental marinho (Dias et al. 2011). Estudos que contemplam aspectos populacionais de *Cassia tuberosa* e contribuam para o conhecimento do estado de conservação de populações do gastrópode em suas áreas de ocorrência são limitados.

Dentre os poucos estudos que mencionam os tamanhos de *C. tuberosa* destacamos McClintock e Marion (1993) que estudaram 10 indivíduos com 15 cm de comprimento em uma praia arenosa em São Salvador (Bahamas), os quais foram considerados adultos. Na Baía de Lameshur (Ilhas Virgens), Levitan e Genovese (1989) estudaram seis exemplares de *C. tuberosa* com tamanhos entre 15 e 21 cm, também representando adultos. O mesmo foi registrado por Hughes e Hughes (1971), que estudaram 11 indivíduos entre 14 e 20 cm de comprimento. Nieto-Bernal et al. (2013) registram indivíduos adultos de *C. tuberosa* apresentando um comprimento total da concha de pelo menos 21 cm, na região do Caribe Colombiano.

Na área estudada, a predominância de indivíduos jovens pode sugerir que esta área pode atuar como área de recrutamento para esta espécie ou pode estar relacionada à localização intertidal dos pontos de amostragem, de modo que, indivíduos adultos podem ser mais abundantes em áreas adjacentes mais profundas. Em todos os estudos supracitados com informações acerca do tamanho de *Cassia* as coletas de dados foram realizadas em profundidade maior do que 3 m, o que sugere que em profundidades maiores, *C. tuberosa* pode apresentar-se em tamanho maior.

Se as áreas intertidais de praias arenosas realmente forem importantes para jovens de *Cassia tuberosa*, manter as características destes habitats é um passo importante visando a conservação desta espécie. Segundo Amaral e Jablonski (2005) e Wood (2001a), identificar e proteger áreas com características de berçário para espécies ameaçadas de sobrepesca, ocasionada, por exemplo, pelo comércio ornamental, é necessário para garantir a sobrevivência destas espécies, bem como impulsionar a recolonização de áreas adjacentes exploradas.

A densidade média de *C. tuberosa* nas praias estudadas (Média=0,011 ind.m<sup>-2</sup>) configura-se a mais alta comparando-se a outras áreas onde este aspecto foi investigado. Engstrom (1982) encontrou, em bancos de fanerógamas marinhas de Porto Rico, densidades médias de um indivíduo em 660 m<sup>2</sup> (0,0015 ind.m<sup>-2</sup>) e de até mesmo um *Cassia* em 14.000 m<sup>2</sup> pesquisados (=0,00007 ind.m<sup>-2</sup>). Nieto-Bernal et al. (2013) estimaram uma densidade de 0,8 indivíduos/hectare (=0,00008 ind.m<sup>-2</sup>) em La Guajira (Caribe Colombiano). Estes autores indicam as áreas estudadas como locais de exploração pesqueira de *C. tuberosa*, o que pode estar relacionado a baixa densidade registrada. No presente estudo, a densidade média de 0,011 ind.m<sup>-2</sup> sendo consideravelmente alta, justifica-se pela ausência de capturas nas praias estudadas, mesmo a espécie ocorrendo em áreas intertidais.

*Cassia tuberosa* foi mais frequentemente avistada em período diurno o que provavelmente se deve à maior visibilidade proporcionada pela luz do dia em relação à iluminação artificial utilizada à noite. Porém, considerando-se o comportamento desenvolvido pelos indivíduos nos dois períodos estudados, assim como registrado por Hughes e Hughes (1971), *Cassia* apresentou-se mais ativa no período noturno, no qual a espécie esteve, na maior parte das observações, em atividade predatória (44% das avistagens). Durante o dia os indivíduos estiveram predominantemente enterrados, parcialmente enterrados ou em repouso, sem nenhuma atividade aparente (78% das avistagens), corroborando com os resultados obtidos em outras áreas de ocorrência da espécie e em estudos experimentais. Em laboratório, Hughes e Hughes (1971) observaram que *C. tuberosa* iniciam a busca por presas ao anoitecer, com atividade máxima entre 23h e 06h do dia seguinte. Estes autores mencionam que excepcionalmente alguns indivíduos foram vistos caçando durante o dia, mas a grande maioria deles foi mais ativa do anoitecer ao amanhecer. Nas Bahamas, McClintock e Marion (1993) registraram atividade de predação por *C. tuberosa* sobre bolachas-da-praia nas primeiras horas da manhã.

Dentre as populações de presas de *Cassia tuberosa* disponíveis no ambiente de praia arenosa estudada, a espécie *Mellita quinquiesperforata* foi a mais abundante apresentando a maior densidade média (Diurna=6,853 ind.m<sup>-2</sup>; Noturna=9,03 ind.m<sup>-2</sup>) e, portanto, maior proporção de presas por predador. Já em termos de estrutura de tamanho das presas, *Encope emarginata* foi a espécie que atingiu a maior média de tamanho, seguida pela espécie *Leodia sexiesperforata*. Entre a espécie mais abundante e aquelas de maior tamanho corporal, *C. tuberosa* na grande maioria das avistagens predou *M. quinquiesperforata*. Segundo Hughes e Hughes (1971), *C. tuberosa* pode exibir preferência alimentar por uma das espécies de presas disponíveis no meio quando estão igualmente abundantes e acessíveis. No presente estudo, observamos que *C. tuberosa* predou mais frequentemente *M. quinquiesperforata*, que é a espécie de presa mais abundante nas áreas estudadas. Evidências de predação nos esqueletos também sugerem uma preferência de *C. tuberosa* pela presa *M. quinquiesperforata*, porém, estudos adicionais devem ser realizados visando testar se há preferência alimentar de *Cassia tuberosa* por presas em diferentes densidades.

Na perspectiva de custo e benefício do sistema predador-presa observado, a alta densidade de *Mellita quinquiesperforata* pode oferecer uma vantagem para o predador *Cassia tuberosa* na escolha da presa, uma vez que em altas densidades de presa a média do tempo de busca será menor do que em ambientes com baixa abundância desta,

esperando-se então que o predador despenda menos energia durante o forrageio (McArthur 1972; Hughes 1980).

Ao analisar a incidência de perfurações feitas por *Cassia tuberosa* nos esqueletos das três espécies de bolachas da praia disponíveis no ambiente de ocorrência do gastrópode, pode-se verificar que houve diferença significativa no número de esqueletos predados entre as espécies. Apesar de utilizar as três espécies como recurso alimentar, a predação por *C. tuberosa* foi cinco vezes maior sobre *Mellita quinquiesperforata* do que sobre as demais espécies. Em estudo experimental, o gastrópode foi observado ignorando completamente a espécie *M. quinquiesperforata* quando esta foi oferecida ao molusco juntamente com outras presas equinóides (Hughes e Hughes 1971).

As espécies de diferentes gêneros de bolachas-da-praia presentes no ambiente de estudo, apesar de pertencerem à mesma família de equinóides, Mellitidae, são morfologicamente distintas, com características marcantes em cada uma delas. *Mellita quinquiesperforata* é a espécie que atinge os menores tamanhos do corpo, enquanto *Leodia sexiesperforata* apresenta formato mais visivelmente achatado e maior porte do que *Mellita*. A terceira, *Encope emarginata*, é a espécie de maior largura e espessura do corpo encontrada, e foi pela primeira vez registrada com evidências de predação pelo gastrópode.

Tais características morfológicas podem ser determinantes da escolha alimentar de *Cassia tuberosa* por alguma destas três espécies. A predação de *C. tuberosa* sobre bolachas-da-praia ainda é pouco documentada em habitat natural, em comparação com a predação sobre ouriços-do-mar. McClintock e Marion (1993) documentaram a predação de *Cassia* sobre *L. sexiesperforata* nas Bahamas, enquanto Lindsay (1996) registrou a predação de *Cassia* sobre *M. quinquiesperforata*. Este estudo fornece o primeiro registro de predação de *Cassia* sobre *E. emarginata*, mesmo que esta espécie não tenha sido a mais predada a partir das evidências obtidas.

As evidências de predação deixadas por gastrópodes Cassidae sobre suas presas equinóides são traços bastante característicos e facilmente reconhecíveis (Nebelsick and Kowalewski 1999). De acordo com Ceranka e Zlotnik (2003), perfurações em equinóides fósseis atribuídas a gastrópodes da família Cassidae tem sido registrado desde o Cretáceo e Terciário. Segundo Hughes e Hughes (1981), o diâmetro da perfuração feita por indivíduos desta família de gastrópodes marinhos sobre sua presa equinoide corresponde diretamente ao tamanho do predador. No presente estudo, devido à baixa correlação entre os tamanhos de *Cassia tuberosa* e o diâmetro da perfuração feita por estes, ainda não é possível afirmar se os tamanhos das evidências de predação sejam diretamente

proporcionais ao tamanho do predador. Por outro lado, a correlação positiva entre o tamanho do predador e o tamanho da presa sugere que indivíduos maiores de *C. tuberosa* podem preferir presas maiores.

Assim, a correlação positiva entre o diâmetro do furo e a largura dos esqueletos das presas podem indicar que indivíduos adultos de *C. tuberosa* não necessariamente tenham selecionado presas maiores, mas que ajustam o tamanho da perfuração da presa de acordo com o tamanho desta e conseqüentemente, pela quantidade de material interno a ser ingerido por este predador.

No presente estudo, observamos que *Cassia tuberosa* utiliza significativamente a região oral das bolachas-da-praia para se alimentar, corroborando com McClintock e Marion (1993) e Pequeno e Matthews-Cascon (2001), e sugerindo que a preferência pela superfície oral pode refletir formas de manipulação da presa pelo predador. A preferência pela região central das presas também ficou evidenciada. Esta provável preferência pela área mais próxima à abertura oral das bolachas-da-praia pode estar estritamente associada ao arranjo dos tecidos internos no corpo da presa, que estão concentrados na região central, a exemplo de órgãos como estômago e intestino (Hendler 1995) onde o predador pode garantir acesso rápido a tecidos de maior valor energético (McClintock e Marion 1993). Além da predação sobre equinoides bolachas-da-praia demonstrar uma potencial vantagem para o gastrópode *C. tuberosa*, ao se alimentar de um tipo de presa que aponta uma aparente baixa capacidade de fuga (McClintock e Marion 1993), tal benefício pode ser potencializado de acordo com a escolha pela região de perfuração no corpo da presa.

Nas praias estudadas, cerca de 40% dos esqueletos de bolachas-da-praia obtidos aleatoriamente no ambiente apresentaram evidência de predação, indicando que *Cassia tuberosa* pode ser um importante agente de mortalidade para os equinoides. De acordo com McClintock e Marion (1993), nas Bahamas, *Leodia sexiesperforata* pode sofrer alto nível de mortalidade como resultado da predação por *Cassia*, tendo em vista que na área estudada, não há outros predadores conhecidos para as bolachas-da-praia. Em Porto Rico, Engstrom (1982) indica *C. tuberosa* como um importante predador de *Lytechinus variegatus*, representando um fator significativo influenciando as populações destes ouriços. O mesmo foi registrado por Gladfelter (1978), que considerou *C. tuberosa* como o principal agente de mortalidade do equinoide *Cassidulus caribbearum* nas Ilhas Virgens Britânicas.

Ao exercer o controle populacional dessas espécies equinoides habitantes de ambientes arenosos, *Cassia tuberosa* desenvolve um papel ecológico na manutenção dos

processos biológicos realizados por suas presas. Os indivíduos da Ordem Clypeasteroidea são muito representativos e abundantes na comunidade bêntica de praias arenosas, contribuindo por grande parte da produção secundária nesses ambientes e alterando substancialmente a estrutura de comunidade bentônica (Steimle 1989; Creed e Coull 1984).

De acordo com estas informações, podemos inferir que *C. tuberosa* exerce um importante papel no equilíbrio da cadeia alimentar marinha podendo atuar como uma espécie chave, em especial nas praias arenosas e ambientes recifais, onde normalmente busca suas presas equinoides. De acordo com o conceito de espécie chave definido como espécies que se removidas do ambiente este pode sofrer alterações na estrutura, funcionamento e diversidade da comunidade de organismos (Paine, 1966), as capturas indiscriminadas de *Cassis tuberosa* no habitat natural podem romper relações ecológicas ainda pouco estudadas e compreendidas, como o papel que este gastrópode predador exerce sobre as populações de suas presas.

Incluir uma espécie em lista de prioridades de conservação requer uma série de informações sobre as ameaças sofridas pela espécie, seu estoque na natureza, estrutura populacional, distribuição geográfica, suas exigências ecológicas e de habitats, sendo possível então elaborar ações de conservação a serem postas em prática para evitar sua extinção (IUCN 2001, Wood 2001b). Na Colômbia, medidas de conservação, como gestão de pesca, são propostas para *Cassis tuberosa* baseadas na avaliação de suas populações e da pressão de pesca sobre a espécie (Ardila et al. 2002), porém, este é o único país onde *Cassis* está sob legislação especial.

No Brasil, há cerca de quatro décadas, *Cassis tuberosa* foi documentada como a espécie mais abundante entre os gastrópodes de grande porte do litoral nordeste do país (Matthews e Coelho 1972). Atualmente, os poucos dados acerca do comércio desta espécie no país já sugerem uma situação preocupante (Dias et al. 2011, 2010) e até os dias atuais, o conhecimento sobre o estado populacional, aspectos ecológicos comportamentais e de hábitat, e dados atualizados sobre pressão de captura sobre *C. tuberosa* são escassos ou virtualmente inexistentes em diversas áreas de sua distribuição no Brasil e América como um todo.

Dentro da perspectiva de conservação de espécies, dados de estrutura e estoque populacional, distribuição geográfica e aspectos de ecologia alimentar do gastrópode *Cassis tuberosa* foram maximizados com o presente estudo referente a uma área restrita da costa brasileira. Os dados ora fornecidos são um primeiro passo para que esta espécie

possa figurar como alvo de políticas de conservação no Brasil, assim como a mesma já figura como alvo de um comércio mundialmente visado, como é o comércio de conchas ornamentais. Baseado nestes resultados, sugerimos que áreas de praia arenosa sejam áreas em potencial para monitoramento de populações naturais de *Cassia tuberosa* e para o desenvolvimento de estudos populacionais e ecológicos mais detalhados que, certamente, melhor colaborem para elaboração de planos de manejo para esta espécie.

## **Conclusões**

Este estudo apresentou informações inéditas acerca dos aspectos biológicos e ecológicos da espécie de gastrópode marinho *Cassia tuberosa* em um ambiente de praia arenosa da costa brasileira. A população de *C. tuberosa* analisada é estruturalmente jovem, o que caracteriza assim a área da pesquisa como de grande relevância no recrutamento desta espécie. A ausência de capturas de *C. tuberosa* deve contribuir com a manutenção desta população e conseqüentemente, com seu papel ecológico nestes ambientes, onde demonstraram ser predadores ativos das espécies de bolachas-da-praia, apresentando preferência aparente pela espécie mais abundante no ambiente (*Mellita quinquiesperforata*) e pela superfície oral e região central destas suas presas. Em uma perspectiva de conservação, sugerimos que áreas de praia arenosa sejam locais em potencial para monitoramento de populações naturais de *C. tuberosa* e para o desenvolvimento de estudos populacionais e ecológicos mais detalhados que colaborem para elaboração de planos de manejo para esta espécie.

## **Agradecimentos**

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro concedido em forma de bolsa de demanda social. Agradecemos pelo valioso apoio e dedicação de Jacicleide M. Oliveira e Graciele de Barros nos trabalhos de campo, em especial à Luís Carlos P. Damasceno pela grande contribuição nos trabalhos de campo, laboratório e nas ideias criadas a todo momento. À Sra. Dalci e Sr. Belo pelo ótimo cuidado com a alimentação e hospedagem durante a etapa de amostragem dos dados e ao Sr. Branco pela disponibilidade de seu barco para que as coletas nas praias arenosas fossem possíveis. Este estudo foi possível graças ao apoio do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e

Conservação da UEPB e ao apoio financeiro obtido da PADI Foundation (Grant #8069) e Conchologists of America (Small Grants).

## Referências

Alves MS, Silva MA, Melo Jr M, Paranagua MN, Pinto SL. 2006. Zooartesanato comercializado em Recife, Pernambuco, Brasil. *Rev Bras Zoociênc.* 8(2): 99-109.

Amaral ACZ, Jablonski S. 2005. Conservação da biodiversidade marinha e costeira do Brasil. *Megadivers.* 1(1): 43-50.

Ardila N, Navas GR, Reyes J. 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia, Bogotá, Colombia.

Ceranka T, Złotnik M. 2003. Traces of cassid snails predation upon the echinoids from the Middle Miocene of Poland. *Acta Palaeontol. Pol.* 48 (3): 491–496.

Creed EL, Coull BC. 1984. Sand dollar, *Mellita quinquesperforata* (Leske), and sea pansy *Renilla reniformis* (Cuvier) effects on meiofaunal abundance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 84: 225-234.

Cornman I. 1963. Toxic properties of the saliva of *Cassid*. *Nature.* 200: 88-89.

Dias TLP, Alves RRN, Léo Neto NA. 2010. Zooartesanato marinho da Paraíba. *In* Alves RRN, Souto WMS, Mourão JS. Editors. *A Etnozoologia no Brasil: Importância, Status atual e Perspectivas.* Volume 7. 1st edition. Recife, PE, Brazil: NUPEEA. 513-534.

Dias TLP, Neto NAL, Alves RRN. 2011. Molluscs in the marine curio and souvenir trade in NE Brazil: species composition and implications for their conservation and management. *Biodivers Conserv.* 20: 2393-2405.

Engstrom NA. 1976. Predation by the helmet shell *Cassid tuberosa* upon sea urchins in *Thalassia* beds. *Proc. Assoc. Isl. Mar. Lab. Carib.* 11: 14.

Engstrom NA. 1982. Immigration as a factor in maintaining populations of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea) in seagrass beds on the southwest coast of Puerto Rico. *Stud. Neotr. Fauna Envir.* 17(1): 51-60.

Foster RW. 1947. *Cassid tuberosa* L. feeding on na echinoid (*Clypeaster rosaceus* L.) *Nautilus.* 61: 35-36.

Gasparini JL, Floeter SR, Ferreira CEL, Sazima I. 2005. Marine ornamental trade in Brazil. *Biodivers Conserv.* 14: 2883-2899.

Gerace DT, Lindsay W. 1992. *Cassid* in captivity: na ongoing research project. *Proc. 4<sup>th</sup> Symp. Nat. Hist. Bahamas.* Bahamian Field Station, 59-66.

Gladfelter WB. 1978. General ecology of the cassiduloid urchin *Cassidulus caribbearum*. *Mar. Biol.* 47: 149–160.

- Hendler G, Miller JE, Pawson DL, Kier PM. 1995. Sea stars, sea urchins and allies: echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Washington, 390pp.
- Hobday AJ, Tegner MJ, Haaker PL. 2001. Over-exploitation of a broadcast spawning marine invertebrate: Decline of the white abalone. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 10: 493–514.
- Hughes RN. 1980. Optimal foraging theory in the marine context. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 18:423-481.
- Hughes RN, Hughes HPI. 1971. A study of the gastropod *Cassia tuberosa* (L.) preying upon sea urchins. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 7: 305-314.
- Hughes RN, Hughes HPI. 1981. Morphological and behavioural aspects of feeding in the Cassidae (Tonnacea, Mesogastropoda). *Malacologia* 20 (2): 385-402.
- IUCN. 2001. IUCN Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Leal JH. 2002. Gastropods. In Carpenter, K. E., editor . The living marine resources of the Western Central Atlantic. Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO species identification guide for fishery purposes, American Society of Ichthyologists and Herpetologists and the European Commission. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia.
- Leiva GE, Castilla JC. 2002. A review of the world marine gastropod fishery: evolution of catches, management and the Chilean experience. *Rev Fish Biol Fisheries.* 11: 283–300.
- Levitan DR, Genovese SJ. 1989. Substratum-dependent predator-prey dynamics: patch reefs as refuges from gastropod predation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 130: 111-118.
- Lindsay Jr WJ. 1996. Changing abundances of *Cassia tuberosa* and its echinoid prey on San Salvador, 1973-1995. *Proc. 6th Symp. Nat. Hist. of Bahamas. Bahamian Field Station,* 121-125.
- Lindsay Jr WG, Gerace DT. 1994. Description of egg cases and egg masses of the helmet *Cassia madagascarensis*. *Proc. 5th Symp. Nat. Hist. of Bahamas. Bahamian Field Station,* 57-59.
- Matthews HR, Coelho ACS. 1972 Superfamília Tonnaceae do Brasil. IV – Família Cassidae (Mollusca, Gastropoda). *Arq. Ciênc. Mar.* 12(1): 1-16.
- McArthur RH. 1972. *Geographical Ecology: Patterns in the distribution of species.* Harper and Row, London, 269 p.
- McClintock JB, Marion KR. 1993. Predation by the King helmet (*Cassia tuberosa*) on six-holed sand dollars (*Leodia sexiesperforata*) at San Salvador, Bahamas. *Bull. Mar. Sci.* 52 (3): 1013-1017.
- Moore RD. 1956. Observations of predation on echinoderms by three species of Cassidae. *Nautilus.* 69: 73-76.

- Narvarte M, Gonzalez R, Filippo P. 2007. Artisanal mollusk fisheries in San Matias Gulf (Patagonia, Argentina): an appraisal of the factors contributing to unsustainability. *Fish Res* 87:68–76.
- Nebelsick JH, Kowalewski M. 1999. Drilling predation on recent Clyperasteroid Echinoids from the Red Sea. *Palaios*. 14:127-144.
- Nieto-Bernal R, Chasqui LV, Rodríguez AMR, Castro EG, Gil-Agudelo DL. 2013. Composición, abundancia y distribución de las poblaciones de gasterópodos de importancia comercial em La Guajira, Caribe colombiano. *Rev. Biol. Trop.* 61 (2): 683-700.
- Paine, RT. 1966. Food web complexity and species diversity. *Amer. Nat.* 100: 65–75.
- Pequeno APLC, Matthews-Cascon H. 2001. Predation by young *Cassia tuberosa* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda) on *Mellita quinquiesperforata* (Clarck, 1940) (Echinodermata: Echinoidea), under laboratory conditions. *Arq. Ciênc. Mar.* 34: 83-85.
- Pequeno APLC, Matthews-Cascon H. 2010. Predation by Young *Cassia tuberosa* (Mollusca:Gastropoda: Cassidae) on *Lythechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea), under laboratory conditions. *Arq. Ciênc. Mar.* 43(2): 55-58.
- Rios EC. 2009. Compendium of Brazilian Sea Shells. Rio Grande: FURG.
- Schroder RE. 1962. Urchin killer. *Sea Frontiers*. 8(3): 156-160.
- Steimle, FN. 1989. Population dynamics, growth and production estimates for the sand dollar *Echinarachnius parma*. *Fish. Bull.* 88(1): 179-189.
- Storr JF. 1964. Ecology and oceanography of coral reef-tract, Abaco Island, Bahamas. *Special Papers of the Geological Society of America*. 79: 1-94.
- Wood EM. 2001a. Global Advances in Conservation and Management of Marine Ornamental Resources. *Aquat. Sci. Conserv.* 3: 65–77.
- Wood EM. 2001b. Collection of Coral Reef Fish for Aquaria: Global Trade, Conservation Issues and Management Strategies. *Marine Conservation Society, Ross-on-Wye, UK*, 80 pp.

## CAPÍTULO II

---

Manuscrito a ser submetido ao periódico *Biodiversity and Conservation*

**Estrutura populacional, densidade e microhabitat do gastrópode *Cassia tuberosa* (Mollusca: Cassidae) dentro e fora de uma área de exclusão de pesca no Nordeste brasileiro: implicações para a conservação e manejo**

Ellori Laíse Silva Mota e Thelma Lúcia Pereira Dias

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba, Laboratório de Biologia Marinha, CCBS, Departamento de Biologia, Rua das Baraúnas, 351, Bairro Universitário, Campina Grande, PB, 58109-753, Brasil.

**Resumo** Reservas marinhas tem sido uma das principais ferramentas utilizadas ao redor do mundo visando a conservação da biodiversidade marinha e a sustentabilidade pesqueira. No Brasil, a maior reserva marinha, a Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC) abriga estiques naturais do gastrópode *Cassia tuberosa*, que figura entre as espécies mais exploradas no nordeste brasileiro principalmente para o comércio de conchas e curiosidades marinhas. Este estudo caracterizou a estrutura populacional, densidade e o microhabitat de *Cassia tuberosa* na APACC em uma área aberta à pesca e outra fechada, caracterizada como uma zona de exclusão de pesca. Nessa perspectiva, o estudo apresenta-se como a primeira avaliação da efetividade de uma reserva marinha brasileira na proteção de um gastrópode alvo da pesca recifal. Foram registrados 61 indivíduos de *Cassia tuberosa*, sendo 46 na área aberta e 15 na área de exclusão de pesca. A densidade de *C. tuberosa* foi maior na área aberta (Média=0,004 ind.m<sup>2</sup> do que na área fechada (Média=0,003 ind.m<sup>2</sup>). A população analisada é estruturalmente adulta, com indivíduos de tamanho médio superior aos 15 cm de comprimento da concha. Houve relação positiva e significativa da distribuição das populações de *Cassia tuberosa* e de *Echinometra lucunter*, que representa uma de suas principais presas naturais ( $r = 0.49$ ;  $p = 0.0002$ ). O gastrópode utiliza microhabitats heterogêneos, com uma variedade de tipos de substrato, sendo areia, alga frondosa, rocha dura, alga calcária e fanerógamas marinhas os mais frequentemente utilizados. *C. tuberosa* utiliza de forma significativamente diferente os microhabitats disponíveis nas duas áreas estudadas (Pseudo-F<sub>1,60</sub> = 6,04;  $p = 0,0002$ ). O estudo apresenta resultados importantes sobre características populacionais e sobre as exigências do habitat de *C. tuberosa*, tornando possível o desenvolvimento de políticas de proteção de habitats essenciais e de manejo desta espécie mundialmente explorada.

**Palavras-chave** sistemas da costa recifal · associação com habitat · estoque populacional · gastrópode marinho · complexo recifal de Tamandaré · Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais

**Abstract** Marine reserves has been a major tool used around the world to promote the conservation of marine biodiversity and fishery sustainability. In Brazil, the largest marine reserve, the Costa dos Corais Environmental Protection Area (APACC) has an important stock of the gastropod *Cassis tuberosa*, which is among the most exploited species in northeastern Brazil mainly for the shell trade and as marine curiosities. This study characterized the population structure, density and microhabitat of *C. tuberosa* in the reefs of APACC considering an open area and a no-take reserve, characterized as a fishing exclusion zone. In this perspective, the study presents the first evaluation of the effectiveness of a Brazilian marine reserve in protecting a gastropod target of reef fishing. A total of 61 individuals were recorded, 46 in the open area and 15 in the no-take reserve. *Cassis* density was higher in open area (Mean = 0.004 ind.m<sup>-2</sup>) than the closed area (Mean = 0.003, ind.m<sup>2</sup>). The population consists of adult individuals with average size over the 15 cm in total shell length. There was a positive and significant relationship of the distribution of populations of *C. tuberosa* and the sea urchin *Echinometra lucunter*, which is one of its main natural prey ( $r = 0.49$ ,  $p = 0.0002$ ). The gastropod inhabits heterogeneous microhabitats, with a variety of substrate types, where sand, macroalgae, hard rock, coralline algae and seagrasses were the most frequently microhabitats. The use of microhabitats by *C. tuberosa* were significantly different between the two studied areas (Pseudo-F<sub>1,60</sub> = 6.04,  $p = 0.0002$ ). This study presents important results on the population characteristics and on the habitat requirements of *C. tuberosa*, which will subsidize the development of specific policies aiming the protection of essential habitats and management of this widely exploited species.

**Keywords** · back reef systems · habitat association · population stock · marine gastropod · Tamandaré reef complex · Costa dos Corais Environmental Protection Area

## Introdução

Reservas marinhas tem sido uma das principais ferramentas utilizadas ao redor do mundo visando a conservação da biodiversidade marinha e a sustentabilidade pesqueira. Estas áreas são definidas de acordo com Halpern e Warner (2002) como zonas de não captura onde é proibida a coleta de qualquer tipo de organismo, e, de acordo com Stoner et al. (2012), os principais objetivos destas áreas são preservar a comunidade natural local e a estrutura das populações, e ajudar a manter a produtividade pesqueira das espécies-alvo.

Os benefícios gerados pela criação de reservas marinhas podem ser percebidos dentro das próprias reservas e nas áreas adjacentes. De um modo geral, os resultados mais evidentes incluem o aumento na abundância, biomassa e tamanhos de peixes e invertebrados (e.g. Roberts e Polunin 1991; Halpern et al. 2002, 2003; Stoner et al. 2012), especialmente dentro do limite da reserva. Os efeitos fora das reservas incluem a exportação de indivíduos jovens e adultos (efeito *spillover*) e de larvas e recrutas (efeito *recrutamento*) das espécies beneficiadas pela proteção para áreas adjacentes. Além disso, a criação de reservas marinhas atualmente é considerada um importante mecanismo para diminuir a situação de ameaça muitas espécies (Roberts e Polunin 1993; Roberts 1997; Lubchenco et al. 2003). De acordo com Selig e Bruno (2010), as reservas marinhas também podem aumentar a capacidade de resiliência do ecossistema.

Na costa brasileira, as reservas marinhas, representadas pelas unidades de conservação marinhas de proteção integral (e.g. reservas biológicas, estações ecológicas e refúgios de vida silvestre), cobrem menos de 1% do território marinho (Kalikoski e Vasconcellos 2011). Além disso, a maioria das áreas delimitadas sob proteção integral não são fiscalizadas adequadamente, nem monitoradas do ponto de vista biológico, ecológico ou pesqueiro. Apesar disto, avanços têm sido observados quanto à efetividade de algumas reservas marinhas brasileiras na proteção de peixes recifais de interesse comercial (e.g. Ferreira e Maida 2007; Francini-Filho e Moura 2008). Para os invertebrados marinhos de importância econômica, o conhecimento acerca do manejo pesqueiro e efetividade das reservas marinhas ainda é incipiente, especialmente em se tratando de espécies exploradas para o comércio ornamental.

O molusco *Cassis tuberosa* (Linnaeus, 1758) é uma espécie de gastrópode de grande porte cuja concha pode atingir 30 cm de comprimento total (Ardila et al. 2002). Esta espécie ocorre no infralitoral (0-40 m) do Atlântico Central Ocidental desde a

Carolina do Norte ao Brasil, e no Atlântico Leste ao redor das Ilhas Cabo Verde (Tewfik e Scheuer 2013). Ao longo de toda a sua distribuição, esta espécie tem sido fortemente capturada devido à beleza da sua concha, que representa um dos principais componentes do comércio de conchas ornamentais marinhas no nordeste brasileiro (Dias et al. 2011). Além deste uso, *C. tuberosa* também é capturada para fins de aquarismo no sudeste do Brasil (Gasparini et al. 2005), e medicinais (Alves e Dias 2010) e mágico-religiosos (Leo-Neto et al. 2012) no nordeste. Por habitar regiões marinhas costeiras rasas normalmente de fácil acesso, a captura de *C. tuberosa* por pescadores, mergulhadores e até mesmo por banhistas, é facilitada e não regulamentada. Por se tratar de um gastrópode carnívoro especialista em equinoides (ouriços-do-mar e bolachas-da-praia) (Hughes e Hughes 1971), *Cassis tuberosa* pode influenciar significativamente a mortalidade destes recursos (Gladfelter 1978; Engstrom 1982). Alterações na densidade da espécie ocasionada pela remoção contínua de indivíduos do ambiente podem influenciar o papel ecológico do gastrópode no controle populacional de suas presas e causar alterações na cadeia trófica da qual participa.

Em termos de conservação, *Cassis tuberosa* está sob proteção legal apenas na costa da Colômbia, onde está listada no livro vermelho de espécies ameaçadas na categoria vulnerável (Ardila et al. 2002). Na costa brasileira, o comércio e a pesca de *C. tuberosa* não sofre nenhum tipo de controle ou regulamentação. Embora seja uma espécie distribuída ao longo de toda a costa, a presença de *C. tuberosa* em unidades de conservação ainda não foi mapeada e aspectos biológicos e ecológicos de suas populações naturais ainda são escassos. Por se tratar de uma espécie-alvo da pesca e de importância comercial, qualquer iniciativa de manejo requer o conhecimento acerca da densidade e estrutura populacional na natureza e sobretudo, das necessidades do habitat da espécie explorada. Estas informações são fundamentais para o delineamento de reservas marinhas que possam efetivamente englobar espécies-alvo de manejo e seus habitats essenciais (Glazer e Kidney 2004).

O presente estudo teve como objetivos caracterizar a estrutura populacional, densidade e o microhabitat de *Cassis tuberosa* em uma área recifal da maior área de proteção marinha brasileira, a Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, situada nos estados de Pernambuco e Alagoas, nordeste brasileiro. O estudo foi realizado dentro e fora de uma área de exclusão de pesca, aqui nomeada de área fechada, onde só é permitida a pesquisa científica autorizada. Esta é a primeira avaliação da efetividade de uma reserva marinha brasileira na proteção de um gastrópode de grande porte fortemente explorado.

Nesse contexto, o presente estudo buscou responder às seguintes perguntas: (i) a estrutura populacional e densidade de *Cassia tuberosa* diferem significativamente dentro e fora da área fechada? (ii) qual a proporção populacional entre *C. tuberosa* e de suas presas ouriços dentro e fora da área fechada? (iii) o microhabitat utilizado por *C. tuberosa* e os comportamentos exibidos pelo gastrópode são os mesmos dentro e fora da área fechada? (iv) a área de exclusão de pesca é efetiva na proteção do gastrópode *C. tuberosa* considerando os parâmetros analisados?

## Material e Métodos

### Área de estudo

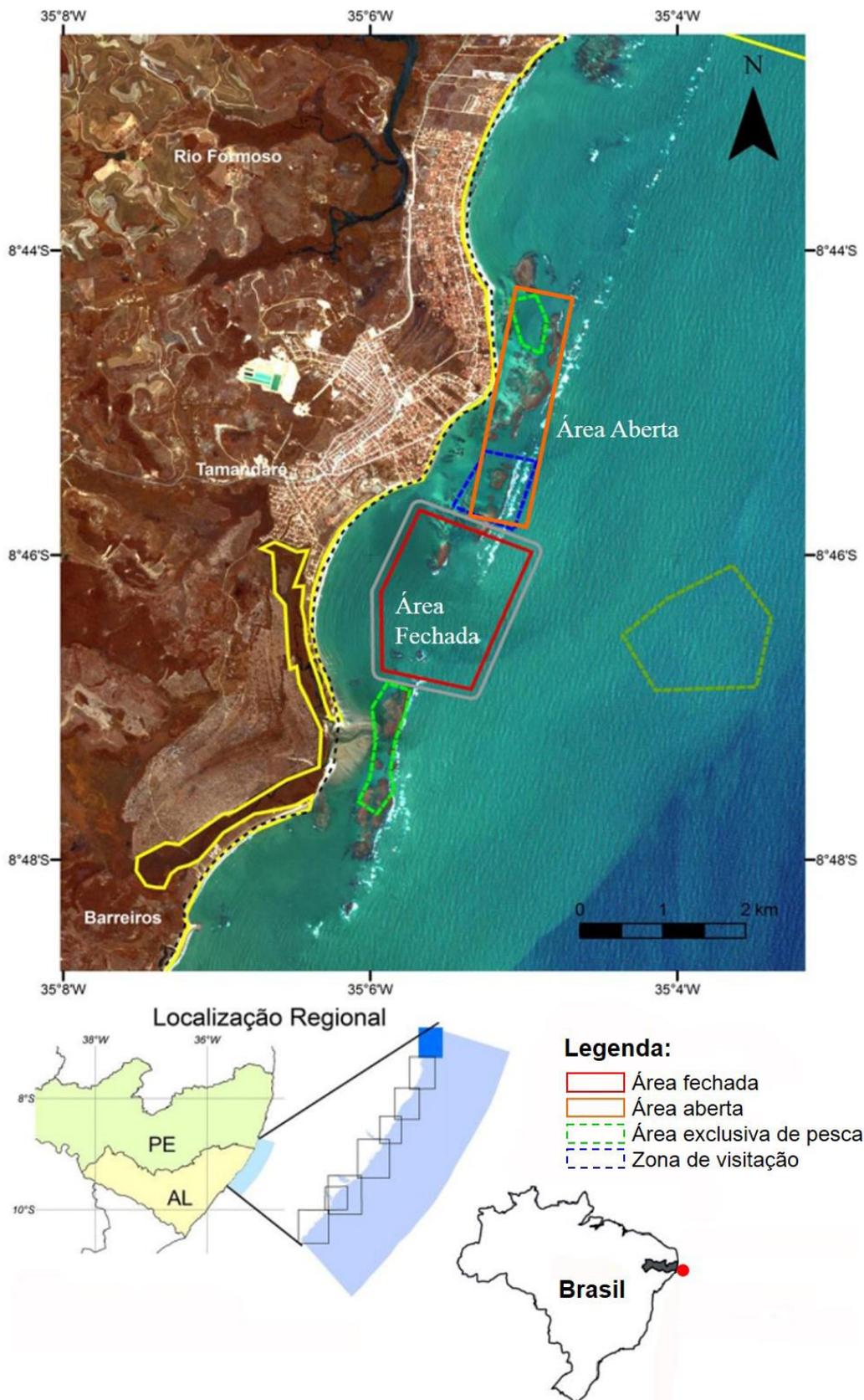
A Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC) é a maior área de conservação marinha do Brasil, com um total de 413,563 há (130 km de extensão) e estende-se do sul do estado de Pernambuco (município de Tamandaré) ao nordeste do estado de Alagoas (município de Maceió) (Fig. 1a). A APACC foi criada pelo governo federal em 1997 com o objetivo de garantir a conservação dos recifes e manguezais locais, assim como sua fauna e flora, ordenar o turismo e demais atividades econômicas compatíveis com a conservação ambiental, e ainda manter a cultura regional (Brasil 1997).

O presente estudo foi desenvolvido nos recifes de Tamandaré, localizados nos limites do município de Tamandaré, os quais são divididos em dois grandes setores: uma área mais ao sul, chamada de 'área aberta' por permitir pesca e atividades turísticas em geral e uma área ao norte, onde a pesca é proibida, bem como qualquer outra atividade extrativista e turística. Este segundo setor foi delimitado como uma área de exclusão de pesca (*no-take zone*), doravante denominada 'área fechada'.

A área aberta (8°45'49"S; 35°05'34"W) é muito utilizada por moradores locais, turistas, embarcações pesqueiras e de passeio, que exploram a praia e os habitats recifais ao redor (Fig. 2a). Esta área apresenta uma alta concentração de formações recifais com crescimento acentuado de corais, principalmente *Porites astreoides*. Durante a pesquisa observou-se extensos bancos de macroalgas, bancos de fanerógamas marinhas e fundos de cascalho e areia. Na área fechada (8°45'03"S; 35°05'08"W), o habitat recifal é representado apenas pela formação recifal denominada Ilha da Barra, situada a cerca de 800 m de distância da praia (Fig. 2b).

Esta área apresenta extensos bancos de macroalgas e é predominantemente composta por fundos lamacentos. Esta área está fechada para a pesca e turismo desde abril

de 1999, ou seja, há 15 anos não sofre intervenção humana direta proveniente de atividades destrutivas. Esta área é fiscalizada constantemente pelo órgão ambiental gestor.



**Fig. 1** Áreas de estudo nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil. Fonte: ICMBio (2013).



**Fig. 2** Vista parcial das áreas de estudo nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil. (a) Vista aérea do recife da Ilha da Barra, localizada na área fechada. Foto: Antônio Henrique. (b) Vista parcial dos recifes situados na zona visitação, na área aberta. Foto: Thelma Dias © 2013.

#### Desenho amostral

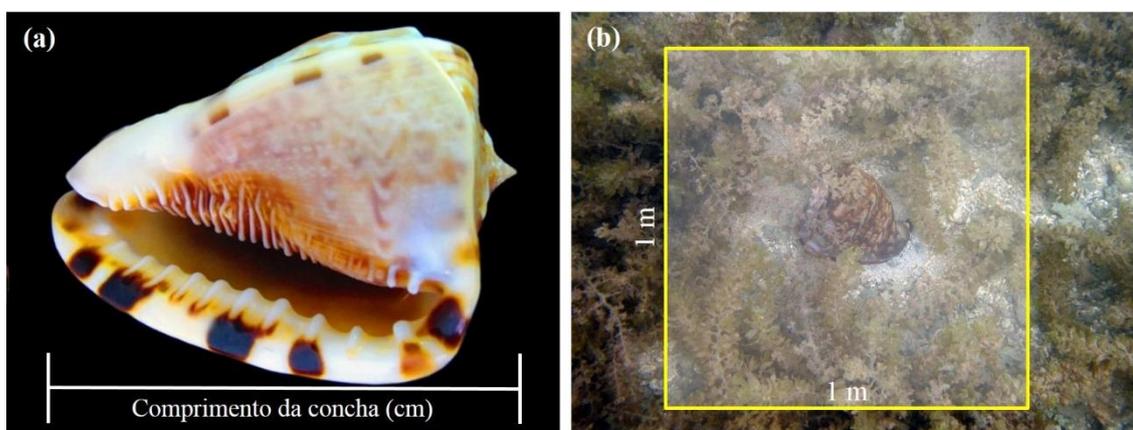
O estudo foi realizado através de observações subaquáticas durante mergulhos livres entre outubro de 2013 e janeiro de 2014, entre o período de 07:00 à 15:00. Os dados foram obtidos por meio de transectos aleatórios de 50 x 4m (área total de 200 m<sup>2</sup>/transecto) posicionados perpendicularmente à linha da costa. Ao longo de cada transecto, indivíduos de *C. tuberosa* foram cuidadosamente procurados e quando encontrados, os seguintes dados foram anotados: (a) comprimento total da concha em mm (distância da extremidade da espira até a extremidade do canal sifonal) (Fig. 3a), (b) profundidade de avistagem, (c)

estimativa visual dos componentes de microhabitat do animal considerando uma área de 1 m<sup>2</sup> ao redor do animal (Fig. 3b), (d) comportamento desenvolvido no momento da avistagem, conforme definição prévia (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização dos comportamentos observados para *Cassis tuberosa* nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Comportamento	Descrição
Enterrado	Completamente coberto pelo substrato, com pequena porção dorsal da concha evidenciada.
Parcialmente enterrado	Maior parte da concha evidenciada, pouco coberto por substrato.
Deslocamento	Deslocando-se sobre o substrato.
Repouso	Em repouso sobre o substrato, desenterrado, sem movimentação ou deslocamento.
Predando	Indivíduo atacando ou se alimentando da presa.

Para determinar o estágio de vida dos indivíduos, os adultos foram considerados aqueles que tiveram o comprimento total da concha igual ou maior do que 10 cm. Os dados de cobertura bêntica foram obtidos através do método de amostragem pontual, onde foi anotado o organismo/componente do substrato observado a cada metro do transecto, iniciando no número 1 e finalizando no número 50. As categorias de substratos foram pré-estabelecidas com base no protocolo Reef Check (Ferreira e Maida 2006) com adição de algumas categorias, a exemplo da categoria ‘fanerógama marinha’ (Tabela 2).



**Fig. 3** Medida do comprimento da concha (a) obtida dos indivíduos de *Cassis tuberosa* encontrados nos recifes de Tamandaré. (b) Ilustração do método de obtenção da estimativa de componentes do microhabitat. Fotos: Thelma Dias © 2013.

**Tabela 2.** Categorias e códigos dos componentes de substratos analisados (Reef Check adaptado) para avaliar a cobertura bêntica nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Código	Categoria	Descrição
CD	Coral duro	Corais pétreos, construtores de recifes (inclui <i>Millepora</i> spp.).
CM	Coral mole	Zoantídeos e octocorais.
CRM	Coral morto recentemente	Coral morto inteiro ou pedaços, com coralitos ainda reconhecíveis.
AF	Alga frondosa	Macroalgas frondosas, não calcárias, com mais de 5cm de altura (por exemplo <i>Sargassum</i> sp., <i>Dictyota</i> sp.).
SP	Espanja	Espanjas de diferentes formas de crescimento.
RD	Rocha dura	Rochas maiores do que 15 cm e qualquer substrato duro que esteja coberto p.ex., de cracas ou ostras.
CC	Cascalho	Fragmentos de rochas, pedregulhos e cascalho de <i>Halimeda</i> spp.
AR	Areia	Sedimento mais grosseiro, com grãos facilmente visíveis.
AC	Alga calcária	Incrustantes ou articuladas, de coloração geralmente rósea ou formadoras de cascalho, como <i>Halimeda</i> spp., porém, ainda vivas, com coloração verde evidente.
NIA	Alga indicadora de nutrientes	Algas que podem indicar a concentração de nutrientes no ambiente recifal (algas verdes filamentosas).
AG	Argila	Sedimento fino que permanece em suspensão se perturbado.

Tabela 1 - Continuação

SEA	Fanerógamas marinhas	Plantas subaquáticas geralmente da espécie <i>Halodule wrightii</i> .
RO	Rodolitos	Algas calcárias não articuladas nodulares.
OT	Outros	Organismos sésseis ou semi-sésseis incluindo anêmonas marinhas, tunicados ou substratos não incluídos nas categorias anteriores.

### Análise dos dados

A estrutura populacional foi analisada por meio de histogramas indicando a distribuição de tamanho dos espécimes registrados. Os organismos foram agrupados em classes de tamanho para melhor ilustrar a distribuição de tamanho dos espécimes entre a área aberta e fechada. As densidades foram determinadas a partir da média do número de indivíduos em cada transecto e extrapoladas para o número de indivíduos de *Cassia tuberosa* por m<sup>2</sup> (ind.m<sup>-2</sup>). Para verificar se existe um padrão de distribuição dos indivíduos da espécie no ambiente, foi testada a relação entre o estágio de vida (jovem/adulto) e a profundidade onde os espécimes foram avistados através de Correlação de Pearson.

O teste de Mann-Whitney foi utilizado para verificar se havia diferença entre as densidades de *Cassia tuberosa* dentro e fora da área de exclusão de pesca. Outro teste de correlação de Pearson foi utilizado para verificar se existe e o tipo de relação entre as densidades de *C. tuberosa* e de suas presas equinoides (ouriços da espécie *Echinometra lucunter*).

Os dados de cobertura do substrato foram tratados através de estatística descritiva, resultando em dados de porcentagem que indicam a contribuição de cada componente na composição do ambiente analisado. Para verificar se houve diferença no padrão de componentes dos microhabitats de *Cassia tuberosa* dentro e fora da zona de exclusão de pesca, foi empregada a análise de PERMANOVA. Para esta análise, os dados foram transformados em Log(X+1). A matriz de similaridade foi gerada a partir da medida de Distância Euclidiana. A influência dos fatores abióticos e dos componentes do microhabitat sobre a distribuição e ocorrência de *C. tuberosa* foi testada através de Análise de Componentes Principais (PCA) com base na correlação de Pearson (>0.5). As análises foram realizadas através do Software Primer 6 & Permanova+ e Statistica 8.0.

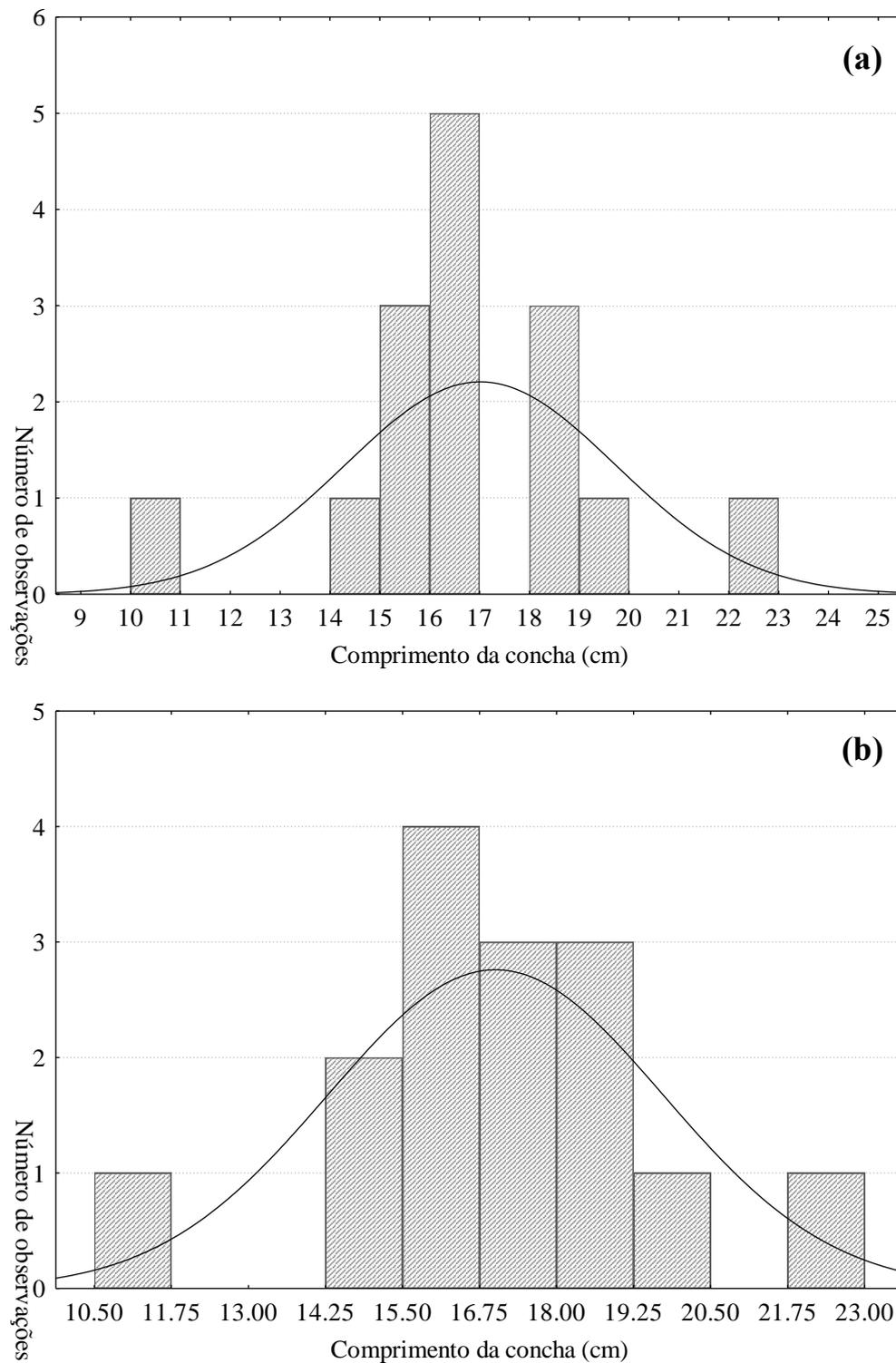
## Resultados

Foram realizados 73 transectos nos recifes de Tamandaré, sendo 52 na área aberta, totalizando 10.400 m<sup>2</sup> e 21 na área de exclusão de pesca, este último, correspondendo a 4.200 m<sup>2</sup>. No total, a área abrangida pelo estudo foi de 14.600 m<sup>2</sup> (=1,46 hectares). No geral, *Cassia* foi registrada em 46,5% (N=34 transectos) dos transectos, porém, analisando-se separadamente a área fechada e aberta, a espécie foi encontrada em 47,6% dos transectos na área de exclusão de pesca e em 46,1% dos transectos da área aberta. A profundidade média em que os indivíduos de *C. tuberosa* foram avistados foi de  $1,86 \pm 0,71$  m, sendo 0,6 m a menor profundidade e 3,6 m a maior profundidade onde os espécimes foram registrados. Comparando-se as duas áreas estudadas, a profundidade de avistagem foi maior na área fechada (Média= $2,52 \pm 0,65$  m), variando de 1,3 m a 3,5 m. Na área aberta a profundidade média onde *Cassia* foi registrada foi de  $1,64 \pm 0,59$  m. Não houve correlação entre a estrutura de tamanho dos espécimes analisados e as profundidades em que foram encontrados.

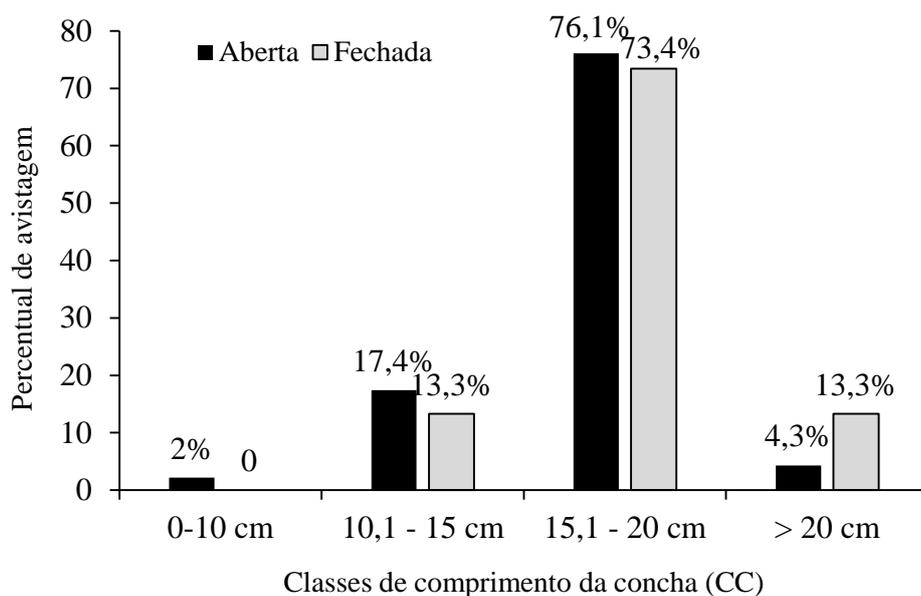
No total, foram registrados 61 indivíduos de *Cassia tuberosa*, sendo 46 na área aberta e 15 na área de exclusão de pesca. Na área aberta, a densidade de *C. tuberosa* foi de 0,004 ind.m<sup>-2</sup>, enquanto na área fechada foi de 0,003 ind.m<sup>-2</sup>. Apesar de uma maior densidade média ter sido observada na área aberta, a diferença na densidade dentro e fora da área protegida não foi significativa (U=533.00; p = 0.87). Na área fechada, a abundância de *C. tuberosa* nos transectos variou de 0 a 5 indivíduos, enquanto na área aberta, a variação foi de 0 a 7 indivíduos/transecto. Em um único transecto onde foram registrados 7 indivíduos, os mesmos estavam sobre um extenso banco rochoso com alta abundância de ouriços-do-mar da espécie *Echinometra lucunter*. Neste mesmo setor, havia um alto número de carapaças de ouriços com evidência de predação por *Cassia*.

A média de tamanho dos indivíduos, representados pelo comprimento total da concha, foi maior na área fechada ( $17,2 \pm 2,57$  cm) do que na área aberta à pesca ( $16,2 \pm 2,59$  cm), porém não houve diferença significativa no tamanho médio (t=-0,20; p=0,4) (Fig. 4). O indivíduo de maior tamanho apresentou 23 cm de comprimento da concha e foi registrado dentro da área de exclusão de pesca. O menor indivíduo apresentou 9,4 cm de comprimento da concha e foi registrado na área aberta. De acordo com a estrutura da população estudada, a maioria dos indivíduos (N=46) pertenceu à classe de tamanho entre 15,1-20 cm, demonstrando ser uma população predominantemente adulta em ambas as

áreas analisadas (Fig. 5). Apenas um indivíduo registrado na área aberta foi considerado jovem (CC=9,4 cm).



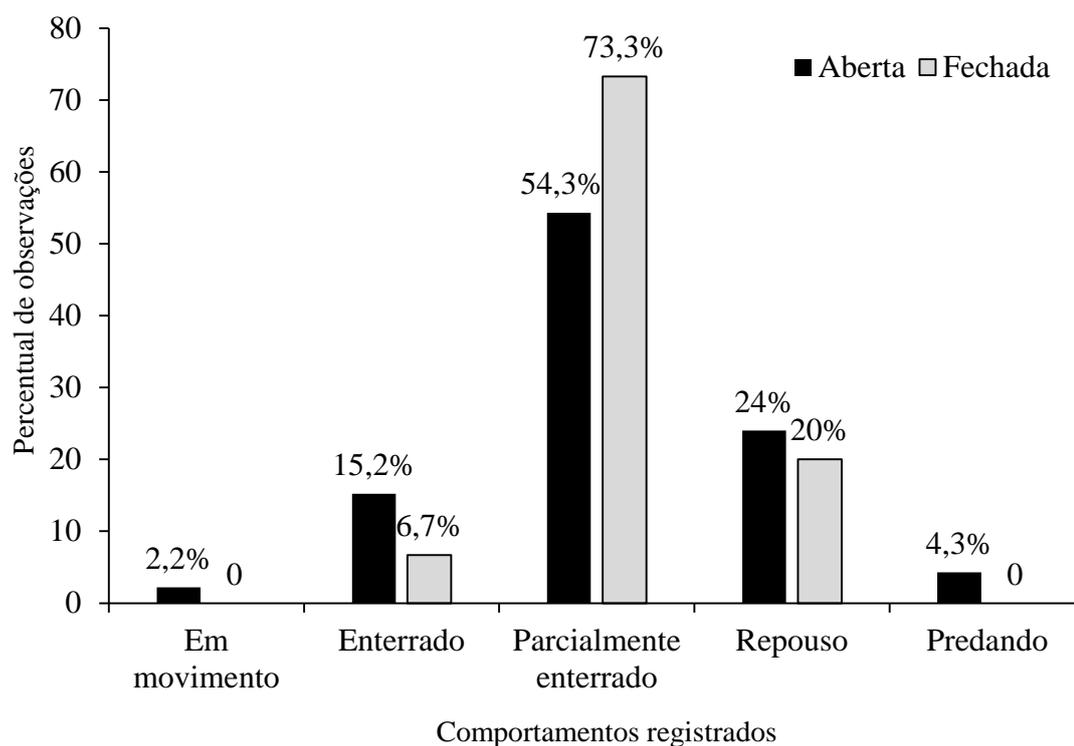
**Fig. 4** Distribuição de tamanho de *Cassis tuberosa* na área aberta (a) e fechada (b) nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.



**Fig. 5** Distribuição dos indivíduos de *Cassis tuberosa* nas classes de tamanho estabelecidas nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.

A análise do comportamento desempenhado por *Cassis tuberosa* em período diurno nos recifes estudados mostrou que os indivíduos permanecem parcialmente enterrados na maioria dos casos, tanto na área de exclusão da pesca (73,3%) quanto na área aberta à pesca (54,3%) (Fig. 6; Fig. 7a). Maior atividade dos indivíduos foi observada na área aberta (6,5% das observações), sendo registrados espécimes movendo-se e predando apenas nesta área. Três registros de predação foram obtidos, porém, sobre presas diferentes. Em dois eventos registrados, *C. tuberosa* foi observada predando o ouriço-do-mar da espécie *Echinometra lucunter*. Nesta ocasião, *Cassis* estava em ambiente com fundo arenosos com grande cobertura algal. O indivíduo de 16,5 cm de comprimento da concha estava apoiado em ângulo de 45° sobre uma rocha onde o ouriço estava enlocado. No momento da avistagem o animal já estava sugando os fluidos da presa, porém, cerca de 5 minutos após a avistagem, *Cassis* abandonou a presa (Fig. 7b) e deslocou-se por cerca de 2 m de distância, enterrando-se parcialmente em seguida em fundo arenosos entre algas.

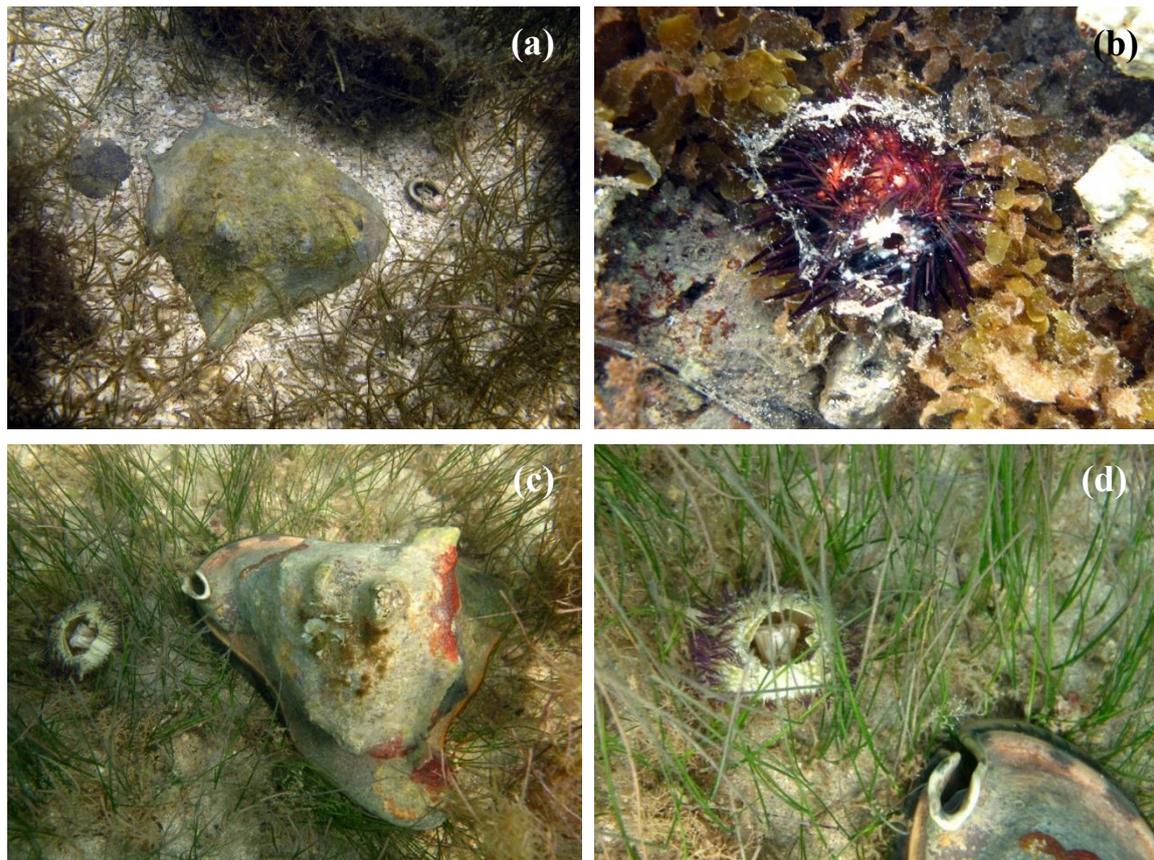
No segundo evento de predação sobre *E. lucunter*, o indivíduo que estava há 2,5 m de profundidade parecia estar finalizando o evento predatório sobre um ouriço também alojado em uma cavidade do recife. Em seguida, *Cassis* deslocou-se cerca de 1,5 m e imediatamente atacou outro ouriço, onde permaneceu sugando os fluidos da presa.



**Fig. 6** Comportamentos dos indivíduos de *Cassia tuberosa* na área aberta e fechada nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Na terceira ocasião, *Cassia* estava predando o ouriço da espécie *Lytechinus variegatus* que estava sobre um banco de fanerógamas marinhas. Na ocasião, *Cassia* aproximou-se da presa e antes de tocá-la, levantou a extremidade anterior do pé arqueando-a sobre a presa, que aparentemente não demonstrou reação. *Cassia* raspou o conteúdo interno da presa, abandonando-a após cerca de 30 minutos. Nesta ocasião, o esqueleto do ouriço foi danificado, provavelmente pelo peso do *Cassia* sobre ele, deixando parte da cavidade interna do ouriço exposta, inclusive sua lanterna de Aristóteles (Fig. 7c-d).

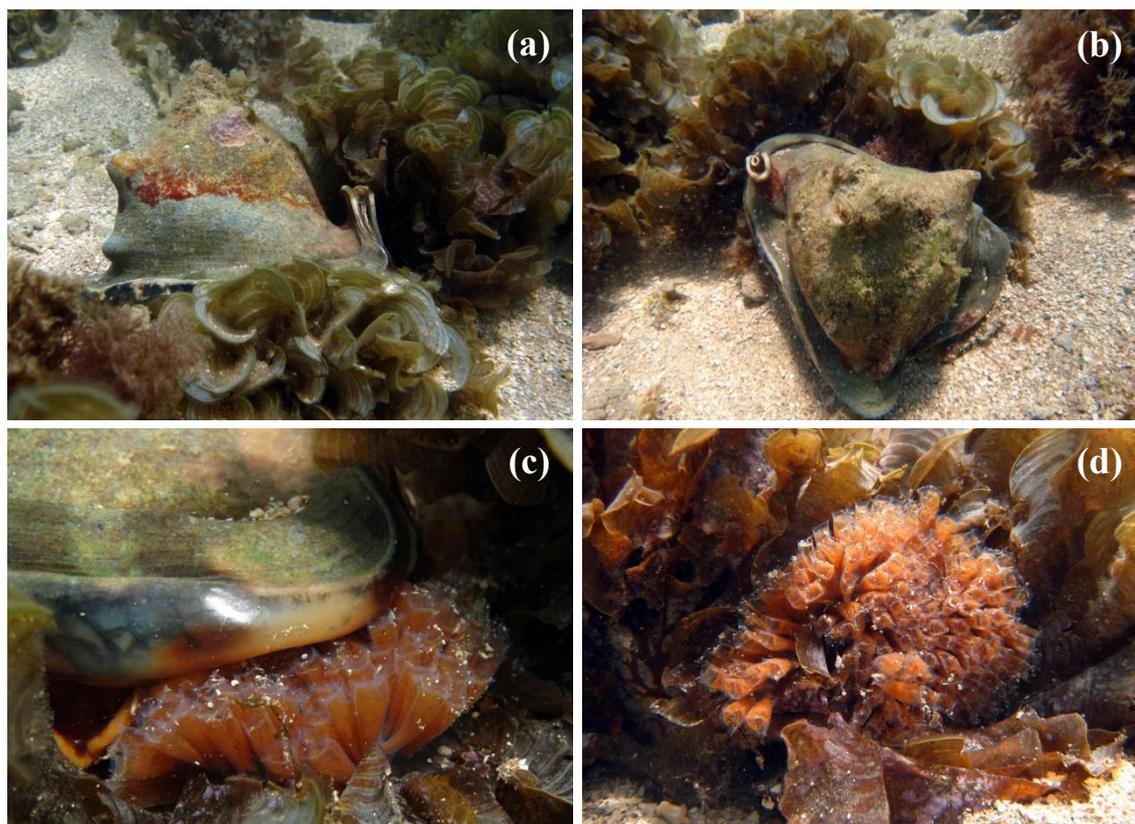
Um evento de desova foi registrado pela primeira vez na natureza para esta espécie, tendo ocorrido na área fechada. Na ocasião, *C. tuberosa* estava apoiada sobre um tufo de algas do gênero *Padina*, sobre a qual as cápsulas ovíferas estavam sendo depositadas (Fig. 8). A desova de *Cassia* tinha cerca de 13 x 10 cm, sendo composta por aproximadamente 200 cápsulas vasiformes, com coloração alaranjada. A desova foi observada durante o dia, por volta das 12:00 em período de maré baixa, a 1,8 m de profundidade. O indivíduo que estava desovando tinha 19 cm de comprimento da concha (Fig. 8). Após a desova, o espécime se deslocou a uma distância de 1 m do local de desova e enterrou-se parcialmente no substrato arenoso.



**Fig. 7** (a) *Cassis tuberosa* parcialmente enterrada no substrato de cascalho sob banco de fanerógamas marinhas. (b) Indivíduo predado de *Echinometra lucunter* logo após o evento de predação. (c) *C. tuberosa* após predação sobre *Lytechinus variegatus*. (d) Detalhe do *L. variegatus* predado. Note a carapaça quebrada devido ao peso do predador sobre o ouriço. Fotos: Thelma Dias © 2013.

Na área fechada, não foram registrados ouriços-do-mar nos transectos amostrados e mesmo nas observações gerais da área, pode-se perceber abundância visualmente muito baixa de ouriços da espécie *Echinometra lucunter* e ausência aparente de qualquer outra espécie de ouriço ou bolacha-da-praia, com exceção de um único indivíduo do ouriço *Eucidaris tribuloides* que foi visto sobre as algas. Por outro lado, na área aberta, a densidade de ouriços foi de 0,59 ind.m<sup>-2</sup>, todos da espécie *E. lucunter*, que é visivelmente a mais abundante nos recifes de Tamandaré. Esta espécie ocorreu em 32,7% dos transectos (N=17), onde apresentou abundância total de 6.145 indivíduos.

A correlação entre as abundâncias de *Cassis tuberosa* e de *E. lucunter* registradas na área aberta apontou uma relação positiva e significativa da distribuição de suas populações no ambiente amostrado ( $r = 0.49$ ;  $p = 0.0002$ ) (Fig. 9).



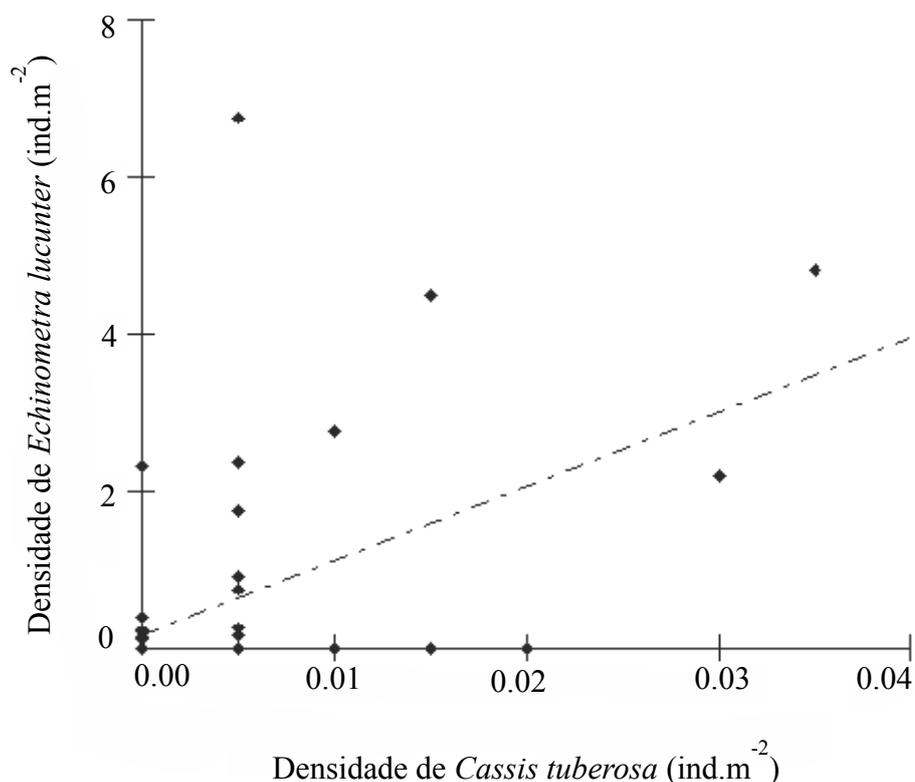
**Fig. 8** Adulto de *Cassis tuberosa* desovando sobre algas na área fechada. (a) Animal apoiado entre algas do gênero *Padina* no momento da desova. (b) Vista geral do animal com a extremidade anterior sobre a alga. (c) Detalhe da liberação das cápsulas ovíferas. (d) Desova de *C. tuberosa* aderida às algas. Note as cápsulas vasiformes com coloração alaranjada. Fotos: Thelma Dias © 2013.

Em relação à cobertura bêntica, foi possível visualizar um substrato heterogêneo nos ambientes recifais estudados, onde destacam-se as categorias ‘alga frondosa’ (AF) com o maior percentual de cobertura em ambas as áreas de estudo, seguida pela categoria ‘areia’ (AR), que esteve mais disponível na área fechada, mas foi também encontrada na área aberta (17,2% da cobertura). A categoria ‘cascalho’ (CC) foi também uma das mais frequentes, principalmente na área aberta.

Os bancos de fanerógamas marinhas da espécie *Halodule wrightii* apresentaram maior cobertura nas amostragens da área aberta. Embora se perceba cobertura percentual diferente entre os diversos componentes do substrato nas duas áreas, considerando-se que ambas fazem parte do mesmo complexo recifal, nota-se que os componentes com maior frequência de ocorrência foram semelhantes, porém em percentuais diferentes (Fig. 10).

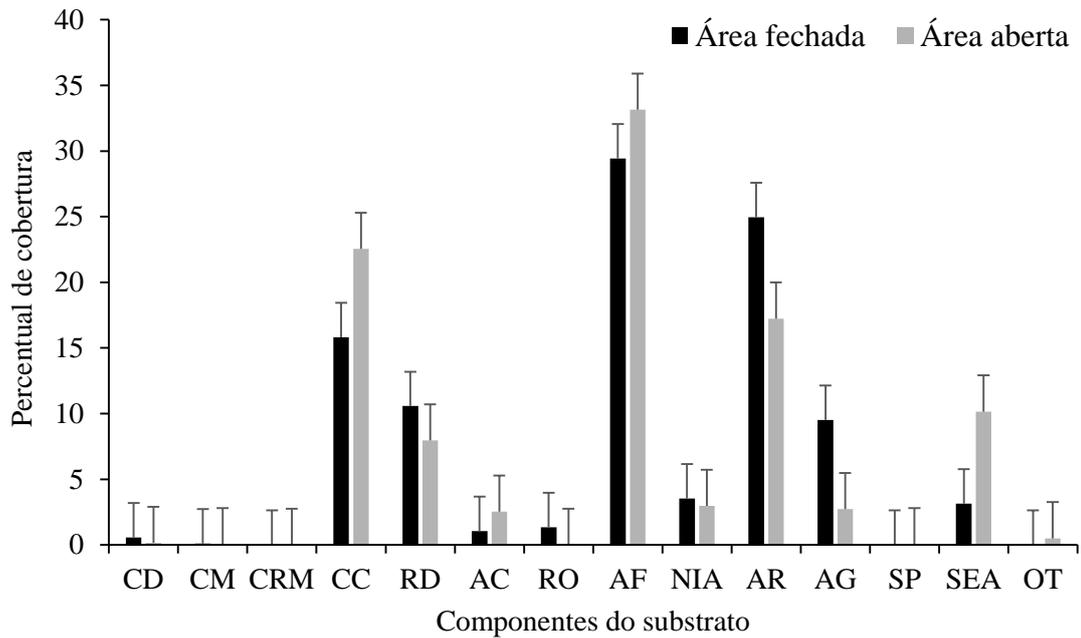
Os componentes do substrato mais frequentes nos microhabitats de *Cassis tuberosa* diferiram entre as áreas aberta e fechada, mas pode-se considerar que *C. tuberosa* utiliza

microhabitats heterogêneos, com uma variedade de tipos de substrato. Dos 14 componentes registrados, ‘areia’ (AR), ‘alga frondosa’ (AF), ‘rocha dura’ (RD), ‘alga calcária’ (AC) e ‘fanerógamas marinhas’ (SEA) foram mais frequentemente utilizados de um modo geral (Fig. 11).

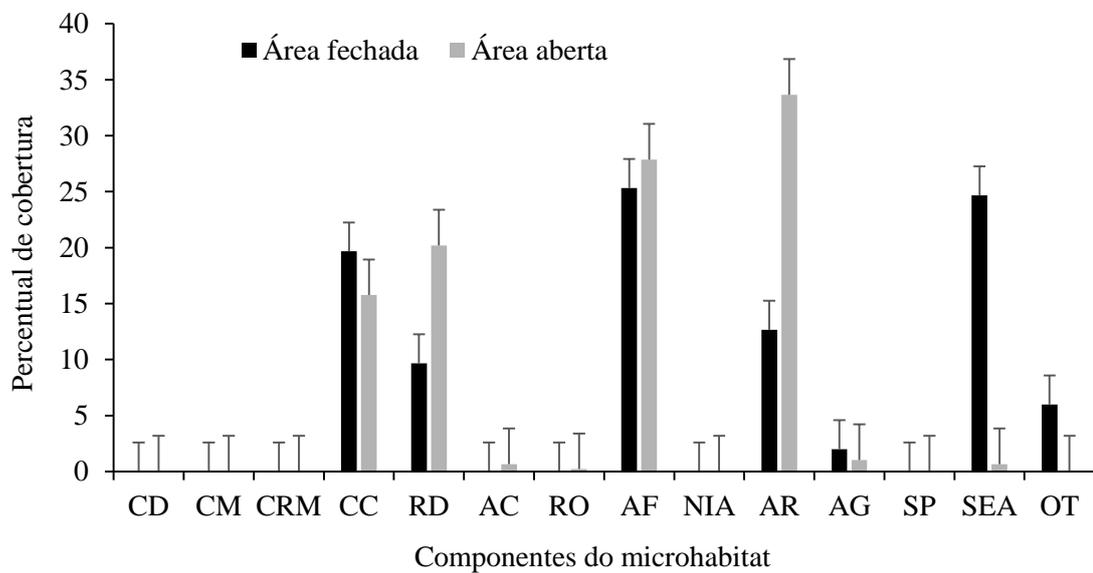


**Fig. 9** Correlação de Pearson entre a densidade de *Cassis tuberosa* e de sua presa *Echinometra lucunter* na área aberta nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco ( $r = 0.49$ ;  $p = 0.0002$ ).

Areia e alga frondosa foram os componentes com maior cobertura no microhabitat de *Cassis* na área aberta. As fanerógamas marinhas, embora tenham apresentado maior percentual de cobertura na área aberta (Fig. 10), foram mais utilizadas por *Cassis* nos microhabitats na área fechada (Fig. 11). Rocha dura foi um tipo de substrato que *Cassis* utilizou mais na área aberta (Fig. 11), onde esteve mais disponível (Fig. 10). A análise de PERMANOVA apontou que *C. tuberosa* utiliza de forma significativamente diferente os microhabitats disponíveis nas duas áreas estudadas (Pseudo- $F_{1,60} = 6,04$ ;  $p = 0,0002$ ).

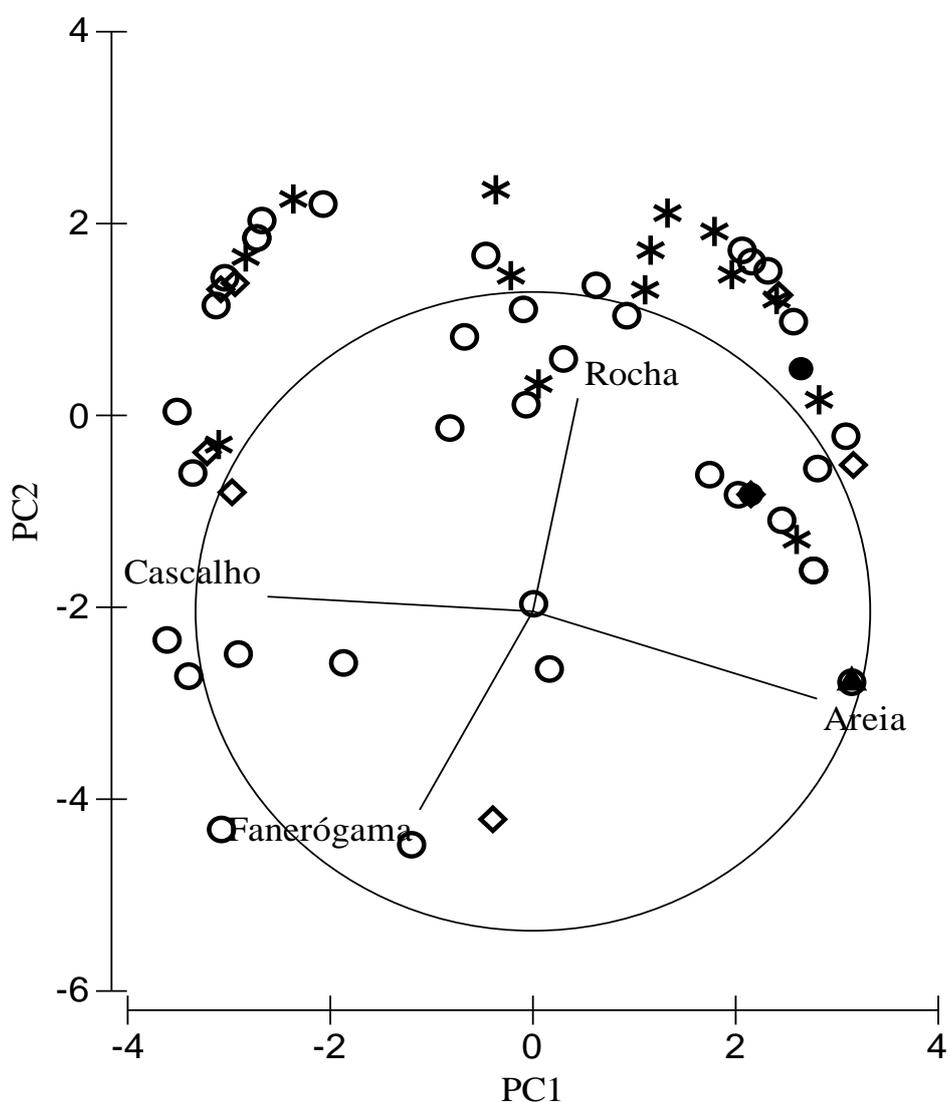


**Fig. 10** Cobertura bêntica percentual nos locais de estudo de *Cassis tuberosa* nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil. Legendas na tabela 2.

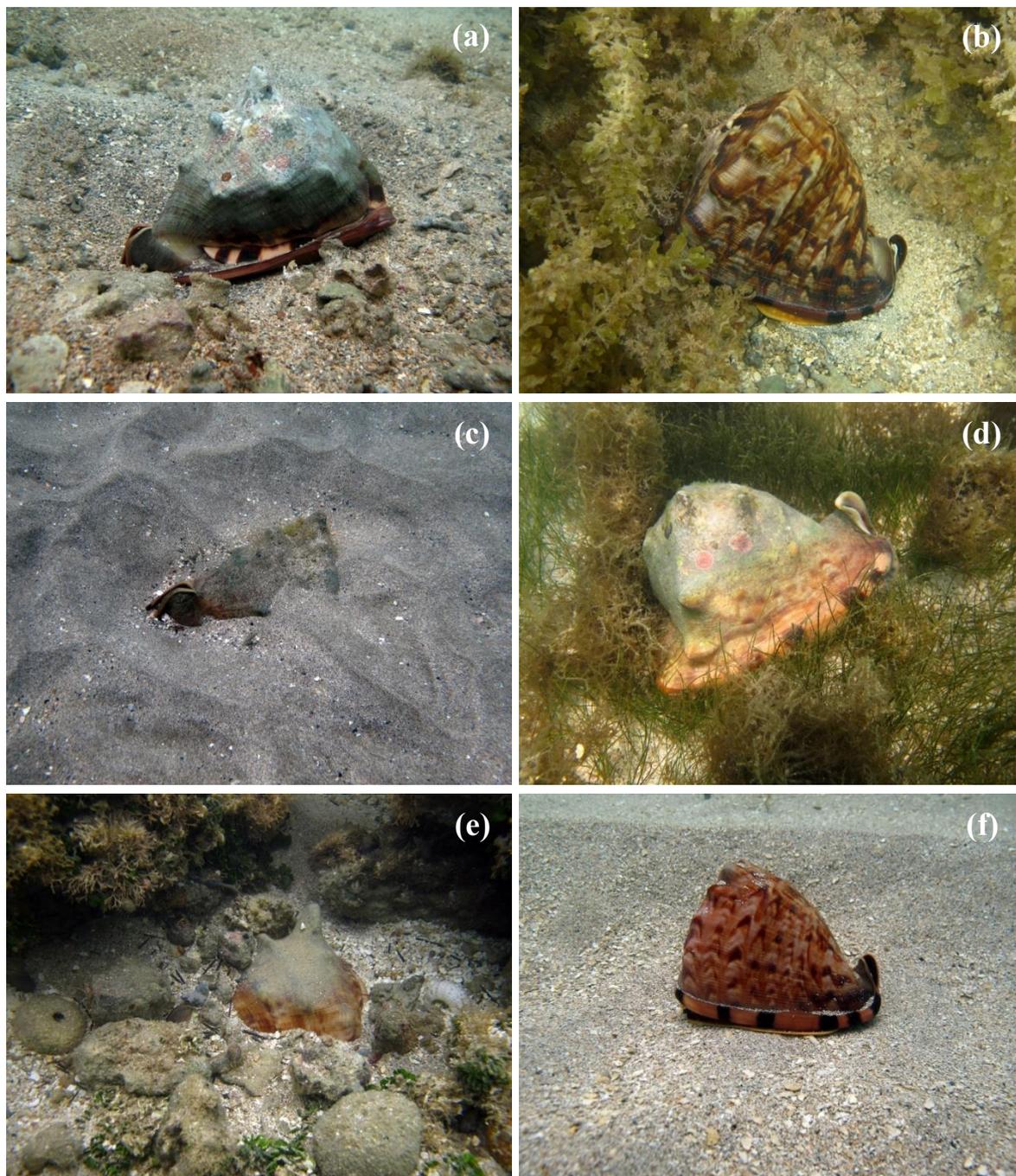


**Fig. 11** Cobertura bêntica percentual do microhabitat de *Cassis tuberosa* nos recifes de Tamandaré, APA Costa dos Corais, Pernambuco, nordeste do Brasil. Legendas na tabela 2.

A análise de componentes principais apontou variação total de 93%, onde os eixos 1 e 2 foram responsáveis por 61,5% desta variação (Fig. 12). A análise indica que o comportamento de repouso foi registrado predominantemente em ambientes com presença de rocha, bem como o comportamento de predação. Quando estava parcialmente enterrada, *Cassis tuberosa* utilizava todos os tipos de substratos, sendo em sua maioria na presença também do componente rocha dura. Os bancos de fanerógamas marinhas foram utilizados para comportamentos de baixa atividade como parcialmente enterrado e enterrado. A figura 13 ilustra o uso de diferentes microhabitats por *C. tuberosa* durante diferentes comportamentos.



**Fig. 12** Análise dos componentes principais ilustrando a distribuição dos comportamentos de *Cassis tuberosa* em função dos microhabitats utilizados. Legenda: ▲ = em movimento, ○ = parcialmente enterrado, \* = repouso, ● = predando, ◇ = enterrado.



**Fig. 13** *Cassis tuberosa* em diferentes microhabitats durante comportamentos variados. (a) Em repouso sobre fundo de areia e cascalho. (b) Em repouso sobre fundo de cascalho cercado por tufos de macroalgas. (c) Parcialmente enterrada em fundo arenoso. (d) Em repouso sobre banco de fanerógamas marinhas. (e) Parcialmente enterrada em fundo arenoso cercado por fragmentos rochosos. (f) Indivíduo jovem deslocando-se sobre fundo arenoso com fragmentos de *Halimeda*. Fotos: Thelma Dias © 2013.

## Discussão

Este estudo apresenta informações populacionais e do habitat inéditas acerca de uma população natural do gastrópode *Cassia tuberosa*, molusco altamente explorado pelo comércio internacional de conchas e souvenirs marinhos. Apesar de apresentar ampla distribuição ao longo de toda a costa ocidental do Atlântico, apenas um estudo recente aborda de forma mais detalhada, aspectos do habitat e características populacionais de *C. tuberosa* na natureza a partir de observações de campo conduzidas nas Ilhas Turks e Caicos, Arquipélago das Bahamas (ver Tewfik e Scheuer 2013). Nesse sentido, este estudo é pioneiro na costa brasileira, especificamente no nordeste.

A população de *Cassia tuberosa* analisada é estruturada por indivíduos predominantemente adultos, distribuídos em águas costeiras rasas que utilizam uma multiplicidade de microhabitats situados na costa recifal, a exemplo dos bancos de algas, bancos de fanerógamas, fundos arenosos e fundos de cascalho. De acordo com Dahlgren e Marr (2004), estes ecossistemas da costa recifal (*back reef systems*) são críticos para a manutenção da pesca e da diversidade de peixes e invertebrados em ecossistemas marinhos tropicais, em especial os recifes. Segundo estes autores, estes ecossistemas também funcionam como berçário para diversos táxons e promovem a conectividade destes habitats com os recifes adjacentes.

No presente estudo, pode-se observar que *Cassia tuberosa* utiliza habitats da costa recifal para diversas atividades, tais como repouso, alimentação e reprodução. A área estudada está inserida na maior área de proteção marinha da costa brasileira, porém, a categoria de manejo na qual está enquadrada é uma das menos restritivas dentre todas as categorias de manejo constantes na legislação brasileira. De acordo com Schiavetti et al. (2013), há uma desproporcionalidade evidente entre as diferentes categorias de manejo das áreas marinhas protegidas do Brasil, sendo a Área de Proteção Ambiental (APA) a categoria que maior compõe as áreas marinhas sob proteção legal na costa brasileira. A categoria APA é a que apresenta menor efetividade na proteção dos ambientes naturais e sua biodiversidade por ser criada com o objetivo principal de encorajar o uso sustentável de recursos e desenvolvimento do turismo (Artaza-Barrios e Schiavetti 2007).

Os recifes de Tamandaré são historicamente utilizados pela pesca artesanal (Ferreira e Maida 2007), mas ainda assim, *C. tuberosa* manteve uma população reprodutivamente ativa e aparentemente abundante. Não há legislação específica na área que proteja esta espécie, mas segundo conversas informais com pescadores, há um

entendimento da população local de que a captura de *C. tuberosa* não é permitida. A presença próxima do órgão de fiscalização ambiental certamente é um fator importante para que a captura de *Cassia* na área seja desencorajada, uma vez que o valor comercial da espécie está na venda da concha e esta atividade não ocorre no município de Tamandaré, onde a pesquisa foi realizada.

O tamanho médio dos indivíduos estudados mostra não apenas que a população é composta por adultos, mas também que a maioria deles possui conchas de grande porte, geralmente acima dos 15 cm de comprimento, corroborando com estudos realizados no Caribe (e.g. Hughes e Hughes 1971; McClintock e Marion 1993; Tewfik e Scheurer 2013). Não foi encontrada nenhuma relação entre o tamanho dos indivíduos e a profundidade onde foram encontrados, sugerindo que os adultos podem estar em diferentes profundidades do infralitoral raso. No entanto, é importante destacar que outros estudos feitos com populações naturais de *C. tuberosa*, analisaram populações adultas em áreas de mais de 3m de profundidade (e. g. Levitan e Genovese 1989, Hughes e Hughes 1971, Nieto-Bernal et al. 2013), reforçando que a espécie também pode ocorrer em áreas mais profundas, além das águas costeiras rasas exploradas neste estudo.

Nos recifes de Tamandaré, a visível escassez de indivíduos jovens sugere que *Cassia tuberosa* pode utilizar diferentes microhabitats de acordo com seu estágio de vida, podendo estar enterrada a maior parte do tempo ou habitar outro tipo de ecossistema marinho, tal como praias arenosas ou zonas mais profundas da plataforma continental. Esta baixa avistagem de jovens de *C. tuberosa* nos recifes de Tamandaré corrobora com outros estudos que envolvem esta espécie e outras espécies de *Cassia* em habitats recifais ao redor do mundo.

Para um estudo experimental, Hughes e Hughes (1971) capturaram *C. tuberosa* em recifes da costa de Barbados e os espécimes tinham entre 14 e 20 cm de comprimento, enquanto na Baía de Lameshur, Ilhas Virgens, os *Cassia* capturados para um experimento realizado por Levitan e Genovese (1989) tinham entre 15 e 21 cm de comprimento da concha. Um estudo recente de Dolorosa et al. (2013) monitorou 80 indivíduos de *Cassia cornuta* nas Filipinas, onde o comprimento total médio foi de 19,78 cm. É importante salientar que *C. cornuta* apresenta maior porte do que *C. tuberosa*, porém, da mesma forma, no estudo de Dolorosa et al. (2013) apenas um indivíduo com tamanho menor de 10 cm foi registrado, sugerindo também a baixa avistagem de jovens de *C. cornuta*. Nas Bahamas, Tewfik e Scheurer (2013) também registraram apenas um espécime de *C. tuberosa* com comprimento da concha inferior a 10 cm, dentre os 80 indivíduos estudados

ao longo de 8 meses em águas rasas (média de 2 m de profundidade). Segundo Linsley e Javidpour (1980), evidências indiretas indicam que recrutas de *Cassis tuberosa* provavelmente se enterram no substrato durante a formação da nova concha. Estes autores enfatizam que a estratégia de se enterrar durante uma fase do crescimento pode ser um comportamento de autoproteção de *Cassis*. Eles sugerem que os jovens emergem da areia quando a concha ainda está moderadamente fina e a formação posterior do lábio externo ajuda a proteger o animal da predação por caranguejos.

Tanto na área aberta quanto na área de exclusão de pesca, a média de tamanho de *Cassis tuberosa* foi semelhante (16,2 e 17,2 cm, respectivamente), não apresentando diferença significativa. Isto sugere que em ambas as áreas, a estrutura populacional apresentou distribuição similar, de modo que indivíduos estão se desenvolvendo de forma semelhante no que se refere às taxas de crescimento.

Diferenças significativas também não foram encontradas com relação à densidade de *C. tuberosa* entre as áreas aberta e fechada, embora tenha sido maior na área aberta (Média=0,004 ind.m<sup>-2</sup>). Esperava-se uma densidade maior na área fechada, devido ao fato de estar sobre proteção integral há 15 anos, sem nenhum tipo de atividade extrativista. No entanto, é importante destacar que as áreas aberta e fechada são ecossistemas contínuos, sem barreiras artificiais e aparentemente sem barreiras naturais. De acordo com Bohnsack (1998) dentro das reservas, indivíduos que eram alvo de pesca antes da implementação passam a viver mais, tornam-se mais abundantes, atingem tamanhos maiores e desenvolvem seu potencial reprodutivo. Além disso, as áreas fechadas (*no-take reserves*) podem promover uma rede de emigração de recrutas e adultos para áreas adjacentes utilizadas para pesca (efeito *spillover*) e de exportação de larvas (efeito recrutamento) (Tewfik e Béné 2003).

No caso dos recifes estudados, não podemos afirmar que a área aberta foi beneficiada pelos efeitos acima descritos, no entanto, sugerimos que esta área pode ter sido beneficiada por uma série de outros fatores, tais como (a) a implantação da área protegida como um todo, mesmo que seja de uso sustentável (ver SNUC 2002), que através de ações de fiscalização e de discussões com a comunidade local pode ter desencorajado e/ou reprimido a captura de *Cassis tuberosa* e outros gastrópodes comercializados para fins ornamentais, e (b) a proximidade da sede do órgão ambiental gestor da área protegida, que inibe atividades danosas ao ambiente recifal. Além disso, o fato das áreas aberta e fechada serem contínuas entre si, pode permitir o deslocamento de indivíduos entre elas. Um outro fator que precisa ser considerado é a predação sobre *C. tuberosa*. Nenhuma predação direta

foi observada sobre o gastrópode, mas um grande número de predadores em potencial foram avistados na área fechada, principalmente raias da espécie *Dasyatis mariana*. A presença de raias foi registrada em 5 transectos desta e um indivíduo de *Cassia* com marca de predação foi observado. Este indivíduo predado apresenta parte de seu pé removido e o opérculo estava ausente. O animal estava em estado inicial de decomposição. Na área aberta, nenhuma raia foi vista durante o estudo.

A cobertura bêntica nos locais estudados revelou uma multiplicidade de microhabitats que conferem heterogeneidade à área estudada, onde podemos observar que os bancos de macroalgas, os fundos arenosos e os fundos de cascalho são os componentes mais representativos. As algas frondosas, em especial, cobriram cerca de 30% do substrato bentônico estudado e foram substrato importante no microhabitat de *Cassia*. O registro da desova de *Cassia tuberosa* sobre algas do gênero *Padina* sugere que este gênero, assim como outras macroalgas presentes nos recifes de Tamandaré podem ser substratos essenciais para o ciclo de vida desta espécie, que ainda é praticamente desconhecido. Este foi o primeiro registro conhecido de desova de *C. tuberosa*, mas sabe-se que seu congênera, *C. madagascariensis*, precisa de substratos duros para desovar (D'Asaro 1963; Lindsey Jr. e Gerace 1994). A importância das macroalgas como habitat berçário para peixes e invertebrados já é razoavelmente reconhecida, especialmente após estudos realizados na última década (e.g. Dahlgren e Marr 2004; Kiyomoto et al. 2013), porém, recentemente, estudos revelaram a importância dos bancos de macroalgas como habitat para os peixes nos recifes de Tamandaré (Feitosa et al. 2012; Chaves et al. 2013). Para *C. tuberosa*, especialmente durante a desova, as algas parecem desempenhar um papel fundamental servindo como substrato para deposição de cápsulas ovíferas e como um dos componentes principais do seu microhabitat.

De um modo geral, os microhabitats utilizados por *Cassia tuberosa* dentro e fora da área fechada correspondem àqueles de maior cobertura bêntica nos locais estudados, como as algas frondosas, fundos de areia e fundos de cascalho. Alguns destes substratos, a exemplo dos fundos arenosos são essenciais ao comportamento de se enterrar parcialmente que *C. tuberosa* desempenha durante a maior parte do dia (54,3% e 73,3% nas áreas aberta e fechada, respectivamente). Uma vez que o animal gasta boa parte do seu tempo enterrado total ou parcialmente, a disponibilidade deste tipo de substrato parece ser crucial para a utilização de um dado habitat por esta espécie. Este comportamento de enterrar-se parcialmente já é conhecido para *C. tuberosa*, tanto que mesmo em estudos de

laboratório, os tanques e/ou aquários onde os indivíduos são mantidos contém camadas de areia para esta finalidade (e.g. Hughes e Hughes 1971; Hughes e Hughes 1981).

O uso dos bancos de fanerógamas por *Cassia* foi maior na área fechada, embora este substrato estivesse mais disponível na área aberta. Porém, na área fechada, os bancos de fanerógamas são visivelmente menos densos, permitindo que o animal permanecesse parcialmente enterrado na areia entre as fanerógamas. Na área aberta, os bancos de fanerógamas visivelmente mais densos e formados por longas folhas poderiam dificultar o enterramento do animal. O uso de diferentes microhabitats ou de microhabitats heterogêneos por *C. tuberosa* sugere que esta espécie pode utilizar diferentes ambientes para exercer atividades diversas, como o repouso, a alimentação e a reprodução. Nas Bahamas e Ilhas Virgens, no Caribe, o uso de fanerógamas marinhas por *C. tuberosa* é amplamente documentado (e.g. Engstrom 1982; Levitan e Genovese 1989; Tewfik e Scheurer 2013), o que indica que este habitat está entre os ambientes utilizados por *Cassia* ao longo de sua distribuição. Possivelmente, a heterogeneidade dos ambientes recifais estudados possam favorecer o uso de diferentes microhabitats por esta espécie na APACC.

A análise dos componentes principais apontou o substrato rocha dura como um importante componente do microhabitat de *Cassia tuberosa* para os comportamentos de repouso, enterrar-se parcialmente e de predação (Fig. 12). Estes três comportamentos estão diretamente relacionados, uma vez que, de acordo com Hughes e Hughes (1981), após consumir a sua presa, *C. tuberosa* procura um substrato arenoso para se enterrar ou manter-se em repouso, antes de se enterrar. Nos recifes estudados, o substrato rochoso pode ser crítico para *Cassia* principalmente considerando seus hábitos alimentares, pois o ouriço-do-mar *Echinometra lucunter*, que representa uma de suas principais presas conhecidas (e.g. Work 1969; Hughes e Hughes 1971) é uma espécie obrigatoriamente associada a substratos rochosos, onde vive dentro de locas (Hendler et al. 1995). Na área aberta, a densidade de *Cassia* mostrou correlação positiva com a densidade de ouriços *E. lucunter*, o que pode estar associado à busca por alimento. Em duas ocasiões, na área aberta, concentrações de 5 a 7 indivíduos de *Cassia* foram observadas sobre um platô rochoso densamente povoado por *E. lucunter*. Nesta mesma área, dezenas de esqueletos com marca de predação por *Cassia* foram observados, sugerindo que este local pode representar uma área de alimentação para *C. tuberosa*.

No Arquipélago de Fernando de Noronha, Matthews e Coelho (1972) observaram um grande número de indivíduos de *Cassia* onde existia uma alta concentração de ouriços da espécie *Tripneustes ventricosus*. Estes autores sugerem que um comportamento quase

gregário de *C. tuberosa* pode ser motivado pela grande concentração de suas presas em um mesmo local. No presente estudo, embora estas observações não configurem um comportamento visivelmente gregário de *Cassia*, é possível que esta maior concentração de indivíduos possa ter sido motivada pela alta disponibilidade de presas potenciais no ambiente. Inclusive, a menor densidade de *Cassia* na área fechada pode estar associada à baixa disponibilidade de sua presa equinoide, que foi visivelmente baixa.

Proteger os estoques populacionais de espécies-alvo de exploração pesqueira é um dos principais objetivos das áreas marinhas protegidas, garantindo o recrutamento contínuo de espécies-alvo de pesca dentro das reservas e em áreas pesqueiras adjacentes (Tewfik e Béné 2003). No Brasil, os poucos estudos voltados a avaliação da efetividade das reservas marinhas na conservação de seus recursos pesqueiros estão concentrados no grupo dos peixes (e.g. Francini-Filho e Moura 2008a, b). Gastrópodes de grande porte, como *Cassia tuberosa*, *Lobatus goliath* e *Charonia variegata*, por exemplo, apesar de serem alvo do comércio internacional de conchas (Dias et al. 2011), não são tratados pela legislação brasileira como recursos pesqueiros. Por não serem utilizadas prioritariamente para fins alimentícios, espécies como *C. tuberosa* não são foco de medidas efetivas de conservação e manejo.

Por outro lado, no caso da população de *Cassia* residente nos recifes de Tamandaré, a implantação da APACC parece ter exercido efeitos positivos diretos sobre a conservação desta espécie reduzindo e/ou evitando as capturas e o comércio. Isto que pode ter beneficiado a área fechada, porém, os benefícios podem ter atingido principalmente a área aberta, que abrange a maior parte dos recifes de Tamandaré e habitats associados. Nesse contexto, a menor densidade de *C. tuberosa* dentro da área de exclusão de pesca pode ainda estar relacionada à menor representatividade do ecossistema recifal nos seus limites, tendo em vista que, comparada a área aberta, uma pequena fração dos recifes de Tamandaré estão protegidos integralmente (ver Fig. 1).

Um amplo conhecimento da utilização dos recursos naturais, do que constitui habitat disponível e habitat essencial das espécies residentes de áreas de pesca é necessário para avaliação do potencial destas áreas como futuras reservas marinhas (Recksiek e Appeldoorn 1998). Habitat essencial (*essential fish habitat*), que se aplica a qualquer recurso pesqueiro, é o ambiente que oferece as condições necessárias ao crescimento, maturidade, alimentação e reprodução de espécies-alvo (Glazer e Kidney 2004). Esta definição considera que a abundância e produtividade das espécies estão ligadas à disponibilidade de habitat adequado (Stoner 2003). Desta forma, para garantir a

conservação de populações exploradas, é importante detectar a utilização e preferência de hábitat pelas espécies, além das estratégias que promovam aumento da biomassa e abundância dos recursos-alvo.

Ao longo da costa brasileira o gastrópode *Cassia tuberosa* é explorado para utilização com fins medicinais (Alves e Dias 2010), ornamental/decorativo (Dias et al. 2010; Dias et al. 2011) e mágico-religiosos (Léo-Neto et al. 2012). De acordo com Dias et al. (2010), as capturas de gastrópodes de grande porte são feitas de maneira oportunista durante a pesca de outros organismos. A pesca representa um dos impactos de origem antrópica mais graves registrados na área de proteção ambiental Costa dos Corais, e é uma atividade importante na região assim como o turismo, que é bastante intenso (Ferreira e Maida 2006). Aparentemente, *Cassia tuberosa* não está sendo retirado da área aberta às atividades com uso sustentável, o que deve contribuir com a maior densidade da espécie nesta área.

O gastrópode *Cassia tuberosa* figura como uma das principais espécies de grande porte exploradas na costa brasileira (Dias et al. 2011), sendo continuamente retirado da natureza para fins diversos (e.g. Alves e Dias 2010; Leo-Neto et al. 2012). No entanto, esta espécie pode desempenhar um papel ecológico crítico nos ambientes recifais, controlando as populações de herbívoros como os ouriços-do-mar, os quais, conseqüentemente, controlam o crescimento algal, favorecendo o recrutamento de corais (ver Mumby et al. 2007). O alto número de carapaças predadas de *Echinometra lucunter* observadas nos recifes de Tamandaré sugere que *C. tuberosa* exerce alta pressão de predação sobre este ouriço, o qual é um dos principais agentes de bioerosão nos ambientes recifais em que ocorre (e.g. McClanahan e Muthiga 2007). A retirada de *C. tuberosa* da cadeia trófica local pode gerar sérios prejuízos ao ecossistema recifal estudado, por isso, torna-se fundamental manter esta população em bom estado de conservação, priorizando o delineamento urgente de medidas legais e efetivas de conservação de *C. tuberosa* ao longo de toda a extensão da maior área marinha protegida do Brasil.

## **Conclusões**

Este estudo apresentou dados populacionais e do habitat de *Cassia tuberosa*, um gastrópode altamente explorado ao longo de sua distribuição, a partir de informações obtidas na maior área de proteção marinha brasileira, a Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais. Apesar de ser um estudo pontual, restrito à uma pequena área geográfica, os

resultados obtidos poderão nortear medidas locais de conservação e manejo desta espécie. A proteção fornecida pela criação da APACC provavelmente trouxe benefícios à população de *C. tuberosa*, considerando a alta densidade registrada e a população adulta e reprodutivamente ativa observada. Considerando os parâmetros analisados, podemos considerar que tanto a área aberta quanto a área fechada, no cenário atual, são efetivas na proteção desta espécie.

Os resultados encontrados demonstram que os componentes alguns componentes do habitat tais como fundos de cascalho, substratos duros (rochas), fundos arenosos e fanerógamas marinhas são importantes para o microhabitat da espécie e para o desenvolvimento de diversos comportamentos em ambiente natural. O conhecimento dos substratos mais utilizados por *Cassia tuberosa* representa um resultado importante para o conhecimento das exigências ecológicas da espécie, possibilitando o desenvolvimento de políticas de proteção dos habitats essenciais para o desenvolvimento desse gastrópode que é de interesse mundial.

*Cassia tuberosa* exibiu baixa atividade em período diurno, passando a maior parte do tempo enterrada total ou parcialmente, o que corrobora os resultados de Hughes e Hughes (1971) que descrevem *C. tuberosa* como uma espécie pouco ativa durante o dia e com maior atividade noturna. A baixa atividade de *Cassia* durante o dia configura-se um aspecto importante na perspectiva de conservação, uma vez que, mantendo-se enterrado durante o período diurno, sua avistagem é dificultada, evitando que sejam encontrados e capturados.

Estudos acerca dos estoques naturais de *Cassia tuberosa* em outras áreas recifais da costa brasileira são necessárias para mapear as populações que podem se tornar foco de medidas de conservação, algo que é urgente para a costa brasileira. Atualmente, o gastrópode está sob legislação especial apenas na Colômbia (Ardila et al. 2002), onde é considerado ameaçado de extinção como vulnerável. Diante da necessidade de se fornecer subsídios para a conservação desta espécie, este estudo contribui com dados inéditos visando ampliar o conhecimento populacional e ecológico de *C. tuberosa* na natureza.

### **Agradecimentos**

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro concedido em forma de bolsa de demanda social. Agradecemos à Luís Carlos P. Damasceno pela grande contribuição nos trabalhos de campo e laboratório. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela concessão da licença de

para realização da pesquisa (Nº 35487-2). Ao Instituto Recifes Costeiros por conceder embarcação e pessoal especializado para as saídas de campo. Este estudo foi possível graças ao apoio do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UEPB e ao apoio financeiro obtido da PADI Foundation (Grant #8069) e Conchologists of America (Small Grants).

## Referências

Alves RRN, Dias TLP (2010) Usos de invertebrados na medicina popular no Brasil e suas implicações para conservação. *Trop Conserv Sci* 3(2): 159-174

Artaza-Barrios OH, Schiavetti A (2007) Análise da Efetividade do Manejo de duas Áreas de Proteção Ambiental do Litoral Sul da Bahia. *Rev Ges Cost Int* 7(2): 117-128

Ardila N, Navas GR, Reyes J (2002) Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia, Bogotá, Colombia

Bohnsack JA (1998) Application of marine reserves to reef fisheries management. *Aust J Ecol* 23: 298–304

Brasil (1997) Decreto de 23 de outubro de 1997. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, nos Estados de Alagoas e Pernambuco, e dá outras providências.

Chaves LTC, Pereira PHC, Feitosa JLL (2013) Coral reef fish association with macroalgal beds on a tropical reef system in North-eastern Brazil. *Mar Freshwater Res* 64(12) 1101-1111

Dahlgren C, Marr J (2004) Back reef systems: important but overlooked components of Tropical Marine Ecosystems. *Bull Mar Sci* 75(2): 145-152

Dias TLP, Neto NAL, Alves RRN (2011) Molluscs in the marine curio and souvenir trade in NE Brazil: species composition and implications for their conservation and management. *Biodiver Conserv* 20: 2393-2405

D'Asaro CN (1963) The spawn of the emperor helmet shell, *Cassia madagascariensis* Lamarck, from South Florida. *Bull Mar Sci* 19: 905-910

Dolorosa RG, Conales SF, Bundal NA (2013) Status of horned helmet *Cassia cornuta* in Tubbataha reefs natural park, and its trade in Puerto Princesa city, Philippines. *Atoll Res Bull* 595: 1-17

Engstrom NA (1982) Immigration as a factor in maintaining populations of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea) in seagrass beds on the southwest coast of Puerto Rico. *Stud Neotrop Fauna E* 17: 51-60

Feitosa JLL, Cocentino ALM, Teixeira SF, Ferreira BP (2012) Food resource use by two territorial damselfish (Pomacentridae, *Stegastes*) on South-Western Atlantic algal-dominated reefs. *J Sea Res* 70: 42–49

Ferreira BP, Maida M (2006) Monitoramento dos recifes de coral do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 250 pp.

Ferreira BP, Maida M (2007) Características e Perspectivas para o Manejo da Pesca na Área de Proteção Ambiental Marinha Costa dos Corais. In: Áreas Aquáticas Protegidas como Instrumento para a Gestão Pesqueira. MMA 4: 41-50

Francini-Filho RB, Moura RL (2008a) Evidence for spillover of reef fishes from a no-take marine reserve: An evaluation using the before-after control-impact (BACI) approach. *Fish Res* 93: 346–356

Francini-Filho RB, Moura RL (2008b) Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Aquat Conserv* 18(7): 1166–1179

Gasparini JL, Floeter SR, Ferreira CEL, Sazima I (2005) Marine ornamental trade in Brazil. *Biodivers Conserv* 14: 2883-2899

Gladfelter, WB (1978) General ecology of the Cassiduloid Urchin *Cassidulus caribbearum*. *Mar Biol* 47: 149-160

Glazer RA, Kidney JA (2004) Habitat associations of adult queen conch (*Strombus gigas* L.) in an unfished Florida keys back reef: applications to essential fish habitat. *Bull Mar Sci* 75(2): 205–224

Halpern BS (2003) The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter? *Ecol Appl* 13: 117-137

Halpern BS, Warner RR (2002) Marine reserves have rapid and lasting effects. *Ecol Lett* 5: 361–366

Hendler G, Miller JE, Pawson DL, Kier PM (1995) Sea stars, sea urchins and allies: echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Washington, 390pp.

Hughes RN, Hughes HPI (1971) A study of the gastropod *Cassis tuberosa* (L.) preying upon sea urchins. *J Exp Mar Biol Ecol* 7: 305-314

Hughes RN, Hughes HPI (1981) Morphological and behavioural aspects of feeding in the Cassidae (Tonnacea, Mesogastropoda). *Malacologia* 20 (2): 385-402.

Kalikoski DC, Vasconcellos M (2011) Brazil. In: Sanders JS, Gréboval D, Hjort A (comp.) Marine protected areas: country case studies on policy, governance and institutional issues. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 556/1. Rome, FAO. 118 pp.

Kiyomoto S, Tagawa M, Nakamura Y, Horii T, Watanabe S, Tozawa T, Yatsuya K, Yoshimura T, Tamaki A (2013) Decrease of Abalone Resources with Disappearance of

Macroalgal Beds Around the Ojika Islands, Nagasaki, Southwestern Japan. *J Shellfish Res* 32:51-58

Léo-neto NA, Voeks RA, Dias TLP, Alves RRN (2012) Mollusks of Candomblé: symbolic and ritualistic importance. *J Ethnobiol Ethnomed* 8: 10 p. 2012

Levitan DR, Genovese SJ (1989) Substratum-dependent predator-prey dynamics: patch reefs as refuges from gastropod predation. *J Exp Mar Biol Ecol* 130: 111-118

Lindsay Jr WG, Gerace DT (1994) Description of egg cases and egg masses of the helmet *Cassis madagascarensis*. *Proc 5th Symp Nat Hist Bahamas. Bahamian Field Station*, 57-59

Linsley RM, Javidpour M (1980) Episodic growth in gastropods. *Malacologia* 27: 291-298

Lubchenco J, Palumi SR, Gaines SD, Andelman S (2003) Plugging a hole in the ocean: the emerging science of marine reserve. *Ecol Appl* 13(1): 3-7

Matthews HR, Coelho ACS (1972) Superfamília Tonnaceae do Brasil. IV – Família Cassidae (Mollusca, Gastropoda). *Arq Ciênc Mar* 12(1): 1-16

McClanahan TR, Muthiga NA (2007) Ecology of *Echinometra*. In: Lawrence JM. *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*. Elsevier Science, 2 ed., v. 38

McClintock JB, Marion KR (1993) Predation by the King helmet (*Cassis tuberosa*) on six-holed sand dollars (*Leodia sexiesperforata*) at San Salvador, Bahamas. *Bull Mar Sci* 52(3): 1013-1017

Mumby PJ, Harborne AR, Williams J, Kappel CV, Brumbaugh DR, Micheli F, Holmes KE, Dahlgren CP, Paris CB, Blackwell (2007) Trophic cascade facilitates coral recruitment in a marine reserve. *Proc Natl Acad Sci USA* 104(20): 8362–8367

Nieto-Bernal R, Chasqui LV, Rodríguez AMR, Castro EG, Gil-Agudelo DL (2013) Composición, abundancia y distribución de las poblaciones de gasterópodos de importancia comercial em La Guajira, Caribe colombiano. *Rev Biol Trop* 61 (2): 683-700

Recksiek CW, Appeldoorn R (1998) In pursuit of design criteria for marine fishery reserves. *Proc 50<sup>th</sup> Gulf Caribb Fish Inst*: 373-384

Roberts CM, Polunin NVC (1991) Are marine reserves effective in management of reef fisheries? *Rev Fish Biol Fish* 1: 65-91

Roberts CM, Polunin NVC (1993) Effects of marine reserve protection on northern Red Sea fish populations. In: *Proc 7th Int Coral Reef Symp*: 22-27

Roberts CM (1997) Connectivity and management of Caribbean coral reefs. *Science* 278:1454-1457

- Schiavetti A, Manz J, Santos CZ, Magro TC, Pagani MI (2003) Marine Protected Areas in Brazil: An ecological approach regarding the large marine ecosystems. *Ocean Coast Manage* 76: 96-104
- Selig ER, Bruno JF (2010) A Global Analysis of the Effectiveness of Marine Protected Areas in Preventing Coral Loss. *PLoS ONE* 5(2): e9278. doi:10.1371/journal.pone.0009278
- Stoner AW (2003) What constitute essential nursery habitat for a marine species? A case study of habitat form and function for queen conch. *Mar Ecol Prog Ser* 257: 275-289
- SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (2002) 2ª. Edição Ampliada. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Stoner, AW, Davis MH, Booker CJ (2012) Abundance and population structure of queen conch inside and outside a marine protected area: repeat surveys show significant declines. *Mar Ecol Prog Ser* 460: 101-114
- Tewfik A, Béné, C (2003) Effects of natural barriers on the spillover of a marine mollusc: implications for fisheries reserves. *Aquat Conserv* 13: 473-488
- Tewfik A, Scheuer B (2013) Ecology of the King Helmet, *Cassis tuberosa* (L.), in South Caicos. *Caribb Nat* 2:1-10
- Ward TJ, Heinemann D, Evans N (2001) The Role of Marine Reserves as Fisheries Management Tools: a review of concepts, evidence and international experience. Bureau of Rural Sciences, Canberra, Australia. 192pp
- Work RC (1969) Systematics, ecology and distribution of the mollusk of Los Roques, Venezuela. *Bull Mar Sci* 19: 614-711

## CONCLUSÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO

Com base nos resultados apresentados, podemos concluir que:

- \* Nos ambientes de praia arenosa estudados, a população de *Cassia tuberosa* é estruturalmente jovem, o que caracteriza assim uma área de importância no recrutamento desta espécie.
- \* Nas áreas recifais estudadas, a população do gastrópode é predominantemente adulta, caracterizando uma área importante no desenvolvimento da espécie, podendo favorecer o estágio reprodutivo e conseqüentemente o crescimento da população.
- \* A ausência de captura de *C. tuberosa* tanto no ambiente de planície arenosa quanto nos recifes justifica a densidade populacional deste gastrópode, que pode ser considerada alta nas áreas estudadas.
- \* *C. tuberosa* mostrou-se uma espécie com baixa atividade no período diurno, permanecendo enterrado, parcialmente enterrado ou em repouso em ambas as áreas durante este período.
- \* Diferenças significativas no padrão de perfuração nos esqueletos das três espécies de presas analisadas indicam que *C. tuberosa* desenvolve preferência pela superfície oral e pela região central das bolachas-da-praia, provavelmente pela maior concentração de fluidos corpóreos nestas regiões.
- \* No habitat arenoso, a espécie presa que teve o maior número de esqueletos predados foi também a mais abundante nas áreas estudadas, sugerindo que *C. tuberosa* pode apresentar preferência alimentar dependente da densidade da presa.
- \* Indivíduos maiores de *C. tuberosa* podem preferir presas maiores e ajustar o tamanho da perfuração de acordo com o tamanho da presa.
- \* O padrão de atividades desenvolvido por *C. tuberosa* em ambiente recifal relaciona-se com os tipos de substrato em que compõem os microhabitats da espécie.
- \* Em uma perspectiva de conservação, sugerimos que os ambientes tratados neste estudo sejam locais em potencial para monitoramento de populações naturais de *C. tuberosa* e para o desenvolvimento de estudos populacionais e ecológicos mais detalhados que colaborem para elaboração de planos de manejo para esta espécie.