

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

Severino Adriano de Oliveira Lima

**DENSIDADE E BIOMASSA DO MARISCO (*Anomalocardia flexuosa*) NO BANCO
DE EXTRAÇÃO DA PRAIA DE MANGUE SECO, IGARASSU-PE**

Recife, PE

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

**DENSIDADE E BIOMASSA DO MARISCO (*Anomalocardia flexuosa*) NO BANCO
DE EXTRAÇÃO DA PRAIA DE MANGUE SECO, IGARASSU-PE**

Severino Adriano de Oliveira Lima

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Humber Agrelli Andrade
Orientador

Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez
Co-orientador

Recife, PE
Julho de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

L732d Lima, Severino Adriano de Oliveira
 Densidade e biomassa do marisco (*Anomalocardia flexuosa*) no
 banco de extração da praia de Mangue Seco, Igarassu-PE / Severino
 Adriano de Oliveira Lima. – 2018.
 98 f. : il.

 Orientador: Humber Agrelli Andrade.
 Coorientador: Alfredo Olivera Gálvez.
 Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
 Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura,
 Recife, BR-PE, 2018.
 Inclui referências.

 1. Distribuição espacial 2. Morfodinâmica ambiental
 3. Macrobentos 4. Gestão pesqueira I. Andrade, Humber Agrelli,
 orient. II. Olivera Gálvez, Alfredo, coorient. III. Título

CDD 639

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA
DENSIDADE E BIOMASSA DO MARISCO (*Anomalocardia flexuosa*) NO BANCO
DE EXTRAÇÃO DA PRAIA DE MANGUE SECO, IGARASSU-PE

Severino Adriano de Oliveira Lima

Tese julgada adequada para obtenção do título de doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 30/07/2018 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Humber Agrelli Andrade – Orientador

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Flávia Lucena Frédou – Membro interno

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Guilherme de Oliveira – Membro interno

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Diogo Martins Nunes – Membro externo

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Jacqueline dos Santos Silva – Membro externo

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Thierry Frédou – Membro interno suplente

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Francisco Marcante Santana – Membro externo suplente

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedicatória

Aos meus pais, Severino de Oliveira Lima e Dalva Maria de Oliveira Lima. Pessoas que apoiam incondicionalmente meus objetivos, dando-me força para levá-los adiante.

AGRADECIMENTOS

Á Deus em primeiro, pois sem ele nada teria ocorrido e toda honra e glória seja dada ao meu Senhor.

Aos meus pais Severino de Oliveira Lima e Dalva Maria de Oliveira Lima pelo afeto. A minha irmã Danielly Maria de Oliveira Lima por sempre acreditar e me apoiar em todos os momentos. Também a minha esposa Jacilene Rodrigues Vieira da Silva, pela paciência e companheirismo. Á todos os familiares não citados, mas que torceram por mim ao longo desses anos de grande aprendizado.

Á todos os companheiros do Laboratório de Modelagem Estatística Aplicada no qual passei boa parte no desempenho das minhas atividades e compartilhei momentos muito bons de aprendizado e descontração, formando verdadeiras amizades.

Ao Professor José Carlos Nascimento de Barros a quem tenho grande estima e muita gratidão pelos ensinamentos levados para vida.

Ao Professor Dr. Humber Agrelli Andrade pelo conhecimento compartilhado, paciência em todos os momentos e pelo exemplo de pessoa, sendo uma grande referência pessoal e profissional.

Aos professores Dra. Maria do Carmo Figueiredo Soares e Professor Dr. Paulo Vasconcelos de Oliveira, por serem grandes referências pessoais.

Á todos os funcionários do Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq), especialmente “Dona Eliane”, “Telminha” e “Dona Tânia”.

RESUMO

A praia de Mangue Seco, no estado de Pernambuco é um local com grande quantidade de ecossistemas e se destaca principalmente pela captura da espécie *Anomalocardia flexuosa*. Delineamento da região que tem perceptíveis características físicas e morfodinâmicas foi considerado. Primeiramente os efeitos das águas circundantes e a proximidade da linha de praia foram considerados, assim três principais estratos de localização foram avaliados (borda, interior costa e interior mar), além de estratos secundários com divisões latitudinais e longitudinais. Na divisão do banco de Mangue Seco foi possível diferenciar, principalmente, quatro estratos de localização, no entanto, ressalta-se que zoneamento deve ser um processo dinâmico. A praia de Mangue Seco tem uma atividade tradicional e bastante antiga de captura de *A. flexuosa*, porém um tipo de draga foi introduzido como arte de pesca no banco e o seu predomínio é recente. A draga é utilizada, principalmente com dois tipos de malha e apesar da malha maior de 20 mm capturar um percentual de indivíduos maiores do que 20 mm do que a malha de 16 mm, ambas tem maior proporção de retenção de indivíduos que menores que 20 mm, o que denota cuidado para seu uso. Adicionalmente, esse meio de captura pode impactar a malacofauna que não é alvo da pesca, ocasionando mortalidade até mesmo em caso de escape por danos físicos na concha. De fato, isso é preocupante pois nos resultados avaliados a maioria dos moluscos parecem se sobrepor em termos de distribuição. Há preocupação com os moluscos que não são capturados comercialmente, porém para espécie alvo trabalhos alertam que os comprimentos da mesma já devem estar inteiramente comprometido, o que gera a hipótese de sobre pesca de crescimento, porém verifica-se que na atual situação não há potencialmente sinais de sobrepesca de crescimento, mas que o incentivo para incrementos de mortalidade por pesca não devem ser considerados.

Palavras-chave: Distribuição espacial, morfodinâmica ambiental, macrobentos, gestão pesqueira

ABSTRACT

The beach of Mangue Seco, in the state of Pernambuco, is a place with a large number of ecosystems and is mainly characterized by the capture of the species *Anomalocardia flexuosa*. Delineation of the region that has noticeable physical and morphodynamic characteristics was considered. First, the effects of the surrounding waters and the proximity of the beach line were considered, so three main strata of location were evaluated (edge, inland coast and inland sea), as well as secondary strata with latitudinal and longitudinal divisions. In the division of the Mangue Seco bank it was possible to differentiate, mainly, four strata of location, nevertheless, it is emphasized that zoning must be a dynamic process. The beach of Mangue Seco has a traditional and very old activity of catching *A. flexuosa*, however a type of dredger was introduced as fishing gear in the bank and its predominance is recent. The dredge is used mainly with two types of mesh and although the mesh larger than 20 mm captures a percentage of individuals larger than 20 mm than the 16 mm mesh, both have a higher proportion of retention of individuals than smaller than 20 mm, which denotes care for its use. Additionally, this means of capture can impact the malacofauna that is not the target of the fishing, causing mortality even in case of escape due to physical damages in the shell. In fact, this is worrying because in the results evaluated most molluscs seem to overlap in terms of distribution. There is concern about mollusks that are not commercially caught, but for the target species, works warn that the lengths of the molluscs must already be fully compromised, which generates the hypothesis of over fishing for growth, but it is verified that in the present situation there is not potentially signs of overfishing, but that the incentive to increase fishing mortality should not be considered.

Key words: Spatial distribution, environmental morphodynamics, macrobentos, fishery management

Lista de Figuras

Página

ARTIGO CIENTÍFICO 1: Zoneamento da área extrativista mais produtiva da *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo

Figura 1. Praia de Mangue Seco localizada no município de Igarassu (PE). Painel superior indica os estratos de localização borda (b1, b2, b3 e b4), interior costa (ic) e interior mar (im) (A). Painéis centrais indicam a subdivisão latitudinal em quatro campanhas realizadas em julho (B), agosto (C), setembro (D) e novembro (E). Painéis inferiores indicam a subdivisão longitudinal em quatro campanhas realizadas em julho (B), agosto (C), setembro (D) e novembro (E). Os pontos dos mapas são as coordenadas em que as coletas foram realizadas sendo: borda (triângulos abertos), interior costa (círculo fechados) e interior mar (quadrados abertos) 18

Figura 2. Interpolações das densidades da *Anomalocardia flexuosa* na praia de Mangue Seco nas campanhas de julho (A), agosto (B), setembro (C) e novembro (D). Triângulos abertos, círculos fechados e quadrados abertos representam amostras nos estratos de localização de borda, interior costa e interior mar, respectivamente. 21

Figura 3. Diagramas de caixas das densidades de *Anomalocardia flexuosa* nas posições borda, interior costa (ic) e interior mar (im) na praia de Mangue Seco nas campanhas de julho (A), agosto (B), setembro (C) e novembro (D). As letras minúsculas nos painéis indicam os resultados dos testes de hipótese. 23

Figura 4. Diagramas de caixas das densidades de *Anomalocardia flexuosa* nos estratos de localização secundários na praia de Mangue Seco. (A) Divisão latitudinal nas posições de borda 1, 2, 3 e 4 (b1, b2, b3, b4), na posição interior costa 1, 2, 3 e 4 (ic1, ic2, ic3, ic4) e no interior mar (im1, im2, im3). (B) Divisão longitudinal nas posições de borda 1, 2, 3 e 4 (b1, b2, b3, b4), na posição interior costa 1, 2 e 3 (ic1, ic2, ic3) e no interior mar (im1, im2, im3). As letras minúsculas nos painéis indicam os resultados dos testes de hipótese. 24

ARTIGO CIENTÍFICO 2: Seletividade de um novo petrecho de pesca utilizado na captura da *Anomalocardia flexuosa* no nordeste do Brasil

Figura 1. Banco extrativista da praia de Mangue Seco (destacado em cinza claro) localizado no município de Igarassu, Estado de Pernambuco.	36
Figura 2. Draga utilizada para extração da <i>Anomalocardia flexuosa</i> na praia de Mangue Seco (A), e desenho esquemático do artefato usado no experimento (B).	37
Figura 3. Curvas de seletividade incluindo intervalos de credibilidade de 95% com escalas mostradas nos eixos das ordenadas à esquerda. Distribuições de frequência de comprimento (barras) para a <i>Anomalocardia flexuosa</i> capturada com dragas de malha de 16 e 20 mm, com escalas mostradas nos eixos das ordenadas à direita. As barras preenchidas em cinza representam os indivíduos retidos no sobressaco, enquanto que as barras vazias correspondem aos capturados no saco	41
Figura 4. Diagramas de caixas representando valores máximos, mínimos, medianas, e 1º e 3º quartis das distribuições posteriores dos comprimentos de 25%, 50% e 75% de retenção (L_{25} , L_{50} e L_{75}), do Fator de Seleção (FS), e do Intervalo de Seleção (IS), calculadas para as malhas de 16 e 20 mm. Os valores das médias estão representadas por ponto vermelho.	42

ARTIGO CIENTÍFICO 3: Impacto da associação biótica na distribuição da *Anomalocardia flexuosa* (Mollusca: bivalvia) em uma praia arenosa tropical

Figura 1. Banco extrativista da praia de Mangue Seco localizado no município de Igarassu (PE) com indicação dos 34 pontos de coleta estratificados em: borda mar (círculos azuis), borda rio (círculos amarelos), interior costa (círculos vermelhos) e interior mar (círculos brancos).	54
Figura 2: Fotos das espécies identificadas no banco extrativista da praia de mangue seco. Bivalves: 1. <i>Anomalocardia flexuosa</i> ; 2. <i>Iphigenia brasiliensis</i> ; 3. <i>Lucina pectinata</i> ; 4. <i>Macoma constricta</i> ; 5. <i>Tellina lineata</i> ; 6. <i>Tellina versicolor</i> ; Gastrópodes: 7. <i>Bulla striata</i> ; 8. <i>Cerithium atratum</i> ; 9. <i>Nassarius polygonatus</i> ; 10. <i>Neritina virginea</i> ; 11. <i>Olivella petiolita</i>	57

Figura 3. Diagramas de caixas com as densidades de *Anomalocardia flexuosa* no banco extrativista da praia de Mangue Seco ao longo dos meses de coleta (A) e por estrato de localização (B). 59

Figura 4: Diagramas de caixas com os índices diversidade de Shannon (A), Simpson (B), Número de espécies (C), Pielou (D), Densidade de moluscos agregados (E), Densidade de bivalves agregados (F) da malacofauna capturada no banco extrativista da praia de Mangue Seco. 60

Figura5: Diagramas de caixas com os índices diversidade de Shannon (A), Simpson (B), Número de espécies (C), Pielou (D), Densidade de moluscos agregados (E), Densidade de bivalves agregados (F) da malacofauna capturada no banco extrativista da praia de Mangue Seco considerando as regiões borda mar (bm), borda rio (br), interior costa (ic) e interior mar (im). 61

Figura 6: Análise de correlação entre as densidades de *Anomalocardia flexuosa* entre com os índices de Shannon (A), Simpson (B), Número de espécies (C), Pielou (D), Densidade de moluscos agregados (E), Densidade de bivalves agregados (F) no banco extrativista da praia de Mangue Seco. 62

ARTIGO CIENTÍFICO 4: Rendimento por recruta para o bivalve *Anomalocardia flexuosa* em mangue seco, nordeste do brasil

Figura 1. Banco extrativista da praia de Mangue Seco localizado no município de Igarassu (PE). Pontos em vermelho são os locais com as coordenadas fixas coletadas entre abril de 2016 e fevereiro de 2018. 71

Figura 2. Distribuição da frequência de comprimento dos exemplares de *Anomalocardia flexuosa* em Mangue Seco para todos os meses agregados. O número de exemplares é indicado com N, enquanto que a médio do comprimento anteroposterior é representada por M. 77

Figura 3. Distribuições da frequência de comprimento dos exemplares de <i>Anomalocardia flexuosa</i> em Mangue Seco nas amostras bimensais realizadas entre abril de 2016 e fevereiro de 2018.	78
Figura 4. Densidades de recrutas de <i>Anomalocardia flexuosa</i> em Mangue Seco nas amostras bimensais realizadas entre abril de 2016 e fevereiro de 2018 e a pluviosidade acumulada no mês de realização da coleta (rain 1); no mês de coleta e no mês anterior (rain 2); e no mês de coleta e nos dois meses anteriores (rain3).	79
Figura 5. Correlações entre a densidade média de recrutas (10 a 14 mm) ao longo das coletas realizadas bimensalmente entre abril de 2016 e fevereiro de 2018 com a pluviosidade considerada em: (A) acumulada do mesmo mês de coleta; (B) do mesmo mês de coleta e do mês anterior; (C) acumulada do mesmo mês de coleta e de dois meses anteriores.	79
Figura 6. Dados de frequência de comprimento reestruturados e curva de crescimento.	80
Figura 7. Curva de crescimento estimada para <i>Anomalocardia flexuosa</i> com parâmetros de: comprimento assintótico (L_{∞}); coeficiente de crescimento (K); constante para a amplitude de oscilação sazonal (C); ponto inicial da oscilação sazonal (t_s); índice padrão de crescimento (ϕ').....	81
Figura 8. Estimativa de mortalidade total (Z) com base na curva de captura linearizada calculada com base em comprimento e nas estimativas dos parâmetros do modelo de crescimento de von Bertalanffy.	82
Figura 9. Estimativas de rendimento por recruta Y/R para <i>Anomalocardia flexuosa</i> com t_c variável de acordo com o tamanho de primeira captura para Mangue Seco: (A) $t_{c1}=0,59$; (B) $t_{c2}=0,75$	83

Figura 10. Contornos de valores de Y/R para <i>Anomalocardia flexuosa</i> em Mangue Seco com comprimento (L_e) e mortalidade por pesca (F) variáveis para as estimativas da malha 16 mm (A) e da malha 20 mm (B). Pontos nos painéis indicam F atual estimado.	83
Figura 11. Contornos de valores de Y/R para <i>Anomalocardia flexuosa</i> em Mangue Seco com comprimento (L_e) e mortalidade por pesca (F) variáveis.	84

Lista de Tabelas

Página

ARTIGO CIENTÍFICO 1: Zoneamento da área extrativista mais produtiva da *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo.

Tabela 1. Número de amostras coletadas nos estratos de localização no banco da praia de Mangue Seco 20

Tabela 2. Informações das densidades médias da *Anomalocardia flexuosa* publicadas em outros locais do Brasil e também na praia de Mangue Seco em anos anteriores. 22

ARTIGO CIENTÍFICO 2: Seletividade de um novo petrecho de pesca utilizado na captura da *Anomalocardia flexuosa* no nordeste do brasil

Tabela 1. Números de indivíduos retidos, percentuais gerais em relação ao total capturado em todos os experimentos (Retidos %), e percentuais retidos com comprimentos maiores que 20 mm de *Anomalocardia flexuosa* nos sacos e sobresacos nos experimentos realizados com cada uma das malhas. 39

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros da regressão logística aplicada na análise de seletividade de *Anomalocardia flexuosa* capturada com dragas de sacos de diferentes malhas. Os valores de p de testes Z para a hipótese nula que corresponde a igualdade a zero constam na coluna mais à esquerda. 40

ARTIGO CIENTÍFICO 3: Impacto da associação biótica na distribuição da *Anomalocardia flexuosa* (Mollusca: bivalvia) em uma praia arenosa tropical

Tabela 1. Frequência de ocorrência das espécies identificadas no banco extrativista da praia de Mangue Seco de acordo com as 34 amostras realizadas ao longo dos meses. 58

Tabela 2. Frequência de ocorrência das espécies identificadas no banco extrativista da praia de Mangue Seco nas amostras realizadas por estrato de localização agregados todos os meses. 59

ARTIGO CIENTÍFICO 4: Rendimento por recruta para o bivalve *Anomalocardia flexuosa* em mangue seco, nordeste do brasil

Tabela 1. Sumário das estimativas de parâmetros de modelos de dinâmica populacional disponíveis na literatura para *Anomalocardia flexuosa*. Na tabela as abreviações correspondem: Lat – Latitude, Linf – comprimento assintótico, K - coeficiente de crescimento C - constante para a amplitude de oscilação sazonal, ponto inicial da oscilação sazonal. 87

SUMÁRIO

	Página
Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Lista de figuras	vii
Lista de tabelas	xii
1- INTRODUÇÃO.....	15
2- Zoneamento da área extrativista mais produtiva da <i>Anomalocardia flexuosa</i> (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo	18
3- Seletividade de um novo petrecho de pesca utilizado na captura da <i>Anomalocardia flexuosa</i> no Nordeste do Brasil.....	33
4 - Impacto da associação biótica na distribuição da <i>Anomalocardia flexuosa</i> (Mollusca: bivalvia) em uma praia arenosa tropical	53
5 -Rendimento por recruta para o bivalve <i>Anomalocardia flexuosa</i> em Mangue Seco, Nordeste do Brasil	70
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
7 – REFERÊNCIAS	95

1- INTRODUÇÃO

A pesca no estado de Pernambuco é predominantemente artesanal (LESSA et al., 2011), com produção elevada de espécies de moluscos bivalves (IBAMA/CEPENE, 2008). Da malocafauna capturada o bivalve *Anomalocardia flexuosa* destaca-se em termos de produção e de importância econômica e social. *A. brasiliiana* é o molusco mais capturado em Pernambuco, sendo uma fonte de renda para várias comunidades litorâneas que sobrevivem da sua extração e também utilizam o recurso para consumo próprio.

A captura da *A. brasiliiana* ocorre principalmente no litoral norte do estado com grande destaque para os municípios de Goiana e Igarassu. O município de Igarassu pode ser considerado o principal fornecedor deste bivalve, pois além de ter uma grande produção, faz parte da Região Metropolitana do Recife (RMR) o que facilita o escoamento para cidades mais próximas e populosas. A principal área de extração de Igarassu é o distrito de Mangue Seco, onde vários estudos foram realizados abordando aspectos como densidade e distribuição espaço-temporal (e.g. EL-DEIR et al., 2009, OLIVEIRA et al., 2011). Como a extração da *A. flexuosa* é importante para diversos estados litorâneos brasileiros, e não somente Pernambuco, por isso a espécie tem sido também estudada em outros locais, usualmente com foco na análise das densidades da espécie em seus respectivos bancos de extração (e.g. BELÉM et al., 2003; SANTOS et al., 2014).

Os estudos anteriores tem um caráter descritivo e exploraram a relação da densidade com variáveis ambientais de maneira isolada. As distribuições e densidades das mais variadas espécies são afetadas por vários parâmetros (e.g. temperatura, salinidade), sendo o conjunto destas variáveis que tornam um determinado ambiente propício para o estabelecimento das maiores densidades. No banco da praia de Mangue Seco as maiores densidades foram encontradas na região próxima à ilha Coroa do Avião (EL-DIER et al., 2009, OLIVEIRA et al., 2011), porém não há conhecimento sobre as variáveis ambientais que mais influenciam no padrão, e sobre a variabilidade temporal das densidades nas diferentes partes do banco.

Na praia de Mangue Seco, situada ao sul da Ilha de Itamaracá entre as desembocaduras dos Rios Timbó e Igarassu, há grande abundância da *A. flexuosa*, que propicia uma intensa atividade exploratória de pesca. Assim como na maioria dos demais bancos de extrativistas pesqueiros, a atividade em Mangue Seco é do tipo “acesso aberto” sem qualquer plano ou controle com legislação específica para gestão do recurso. A captura é desordenada como em todo sistema de livre acesso, o que pode leva

frequentemente a uma sobreexploração fundamentada em um cenário tipicamente denominado de “tragédia dos comuns” (HARDIN, 1968). A captura neste banco extrativo não possui acompanhamento e até poucos anos atrás era uma atividade realizada por mulheres e crianças (EL-DIER et al., 2009), porém a quantidade de pescadores ao longo dos anos pode ter aumentado consideravelmente com a entrada dos homens na extração. A quantidade indiscriminada de pescadores que entrou na atividade é preocupante, pois aumentou substancialmente o risco sobreexploração, por isso é importante quantificar esta entrada e identificar quais são as novas técnicas de extração que podem já ser comprometedoras, sendo estes aspectos alarmantes, pois indicam que pode ocorrer o colapso da população.

A definição de estratégias de manejo para evitar cenários negativos a médio ou longo prazo passa usualmente pela estimativa de quantidades como densidades e avaliação de estoque, e pelo entendimento da dinâmica espaço-temporal subjacente, incluindo fenômenos como recrutamento, crescimento e mortalidade. Não há nenhuma avaliação dessa natureza para o banco de extração da *A. flexuosa* em Mangue Seco, sendo difícil precisar a situação da pescaria e se há um processo de sobreexploração. Portanto, estudos que permitam estimar biomassa e sua dinâmica são fundamentais na avaliação e conservação deste recurso pesqueiro, pois serviriam para o estabelecimento de medidas mitigadoras para o ordenamento da pesca.

1.1 Hipóteses

1. As densidades da *Anomalocardia flexuosa* variam de acordo com a posição no banco associadas à influência de águas dos rios e do mar;
2. O nível de extração atual da *Anomalocardia flexuosa* no banco extrativo da praia de Mangue Seco (Igarassu-PE) atingiu um patamar comprometedor com efeitos se sobrepesca de crescimento.

1.2 Objetivo geral

Estudar a pesca da *Anomalocardia flexuosa* na praia de Mangue Seco (Igarassu-PE) para obter informações que contribuam para avaliação da atividade de extração e para medidas de gestão e ordenamento da pesca na localidade.

1.3 Objetivos específicos

1. Identificar regiões de altas densidades de *Anomalocardia brasiliiana* no banco extrativo;

2. Identificar a malacofauna capturada na pescaria direcionada à *A. flexuosa*;
3. Estimar a diversidade de moluscos no banco extrativo.

2. Zoneamento da área extrativista mais produtiva da *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo

.

MANUSCRITO

“Zoneamento da área extrativista mais produtiva da *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo”

Manuscrito aceito na revista
Biotemas.

**Zoneamento da área extrativista mais produtiva da *Anomalocardia flexuosa*
(Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo**

Severino Adriano de Oliveira Lima¹, Humber Agrelli Andrade²

Resumo

A praia de Mangue Seco, no estado de Pernambuco é um local com grande quantidade de ecossistemas e se destaca principalmente pela captura da espécie *Anomalocardia flexuosa*. Neste trabalho foi proposto um zoneamento desta praia de acordo com as características mais expressivas e também considerando as densidades da *Anomalocardia flexuosa*. No delineamento da região foram considerados primeiramente os efeitos das águas circundantes e a proximidade da linha de praia, assim três principais estratos de localização foram avaliados (borda, interior costa e interior mar), além de estratos secundários com divisões latitudinais e longitudinais. No total foram obtidas 176 amostras em campanhas realizadas no ano de 2015. As médias das densidades foram maiores no setor interior costa em todas as campanhas. As zonas localizadas próximas a estuários pareceram mais propícias ao estabelecimento da espécie comparado a locais com maior interferência marinha. Foi possível diferenciar, principalmente, quatro estratos de localização de acordo com as características morfodinâmicas e as densidades da *Anomalocardia flexuosa*. O primeiro estrato e o mais abundante seria o interior costa, o segundo o interior mar e o estrato borda seria dividido em dois substratos um mais afastado da linha de praia e outro mais próximo as saídas de foz.

Palavras-chave: *Anomalocardia brasiliensis*; Densidade; Distribuição; Ecossistema costeiro; Macrofauna

Abstract

Zoning of the most productive extractive area of *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) in the world. The beach of Mangue Seco in Pernambuco State is a region with a large number of ecosystems and is notable for the capture of the *Anomalocardia flexuosa*. Therefore, in this work a zoning of beach was proposed according to the most expressive characteristics of this region and considering the densities of *Anomalocardia flexuosa*. In the delineation of the region, the effects of the surrounding waters and proximity to the beach line were first considered, so three main strata of location were evaluated (border, interior coast and interior sea), as well as secondary strata with latitudinal and longitudinal divisions. In total, 176 samples were obtained in campaigns carried out in the year 2015. The means densities were higher in the

interior coastal sector. The areas located near estuaries seemed better for the species compared to regions with greater marine interference. It was possible to differentiate, mainly, four strata of location according to the morphodynamic characteristics and densities of *Anomalocardia flexuosa*. The first stratum and the most abundant would be the interior coast, the second the interior sea and the stratum border would be divided into two substrates one further away from the beach line and another closer to the rivers mouth.

Key words: *Anomalocardia brasiliiana*; Coastal Ecosystem; Density; Distribution; Macrofauna

Introdução

A espécie *Anomalocardia flexuosa* é um recurso importante para vários estados litorâneos do Brasil. Ressalta-se que a espécie tem sinonímia de *Anomalocardia brasiliiana*, porém para plataforma especializada em taxonomia WORMS (World Register of Marine Species) se reconhece a designação *A. flexuosa* (MOLLUSCABASE, 2018). Além disso, no Brasil existem vários nomes locais para espécie, sendo marisco em Pernambuco, massunim em vários outros estados do Nordeste e berbigão nos estados do Sul e Sudeste.

A captura de *A. flexuosa* é realizada em praticamente todos os estados litorâneos do Brasil, com grande importância econômica e social (SILVA-CAVALCANTI; COSTA, 2011). Em Pernambuco a importância deste molusco bivalve é ainda mais acentuada, pois até meados da década de 2000 a *A. flexuosa* foi a espécie com maior produção entre todos os recursos pesqueiros com aproximadamente 4716 t extraídas no ano de 2007, de acordo com dados disponíveis para consulta pública e irrestrita da pesca no Brasil (IBAMA, 2009). As produções nos demais estados do Brasil são bem menores, com a Paraíba ocupando a segunda posição com uma captura de 1358 t em 2007, que correspondeu a aproximadamente um terço da produção de Pernambuco. Não há informações estatísticas para períodos recentes. A principal área de extração da *A. flexuosa* em Pernambuco é localizada no município de Igarassu que tem como único banco extrativista a praia de Mangue Seco, sendo que aproximadamente 50% da produção pernambucana advém deste banco (IBAMA/CEPENE, 2008). A atividade continua intensa desde os últimos registros estatísticos e provavelmente Mangue Seco continue sendo o principal ponto de extração mundial da espécie.

A praia de Mangue Seco é um local com grande influência estuarina, assim o fluxo da maré é um dos fatores mais importante para atividade pesqueira (LESSA et al., 2011) e que influi também diretamente na distribuição da *A. flexuosa*. Por causa da presença de extensos estuários, além de uma grande quantidade de ecossistemas altamente produtivos, em que se encontram áreas cobertas de coqueiros, recifes e uma ilhota, a praia é considerada uma “região verde” (OLIVEIRA et al., 2011). A zona intertidal em algumas áreas pode ter mais de 2000 metros no sentido Oeste-Leste e diferenças morfológicas internas são evidentes (OLIVEIRA, observação pessoal). Essas diferenças são mais perceptíveis nos extremos que tem aporte fluvial nos sentidos Norte e Sul e marinho no sentido Leste. Na porção extrema ao Norte do banco fica localizada à foz do Canal de Santa Cruz que é o maior complexo estuarino de Pernambuco (MOURA, 2009) e tem grande atividade pesqueira (IBAMA/CEPENE, 2008), e no extremo Sul fica perto da foz do rio Timbó que também tem prática intensa de pesca (CABRAL et al., 2006). Dadas as diferenças perceptíveis internamente em Mangue Seco os trabalhos de El-Deir et al. (2009) e Oliveira et al. (2011) propuseram a divisão territorial para avaliar as densidades da *A. flexuosa* no local, nos sentidos latitudinal e longitudinal, porém em ambos os trabalhos a totalidade da área não foi contemplada.

Dispor de informações em partes de um mesmo local permite comparações e análises que são úteis para gestão do local. No Brasil a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) instituiu o zoneamento ambiental (Lei nº 6.938/1981) como um instrumento para contribuir na preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, bem como no desenvolvimento socioeconômico, na segurança nacional e na proteção à dignidade da vida humana. Em 2002 esse instrumento passou a ser chamado de zoneamento ecológico-econômico (ZEE) regulamentado pelo decreto nº 4.297/2002. Os trabalhos sobre ZEE no Brasil são elaborados por diferentes métodos e objetivos sem seguir um padrão, porém os aspectos ambientais são sempre utilizados para estratificação do local (SANTOS; RANIERI, 2013).

Um planejamento adequado para o zoneamento territorial requer a necessidade de se conhecer os recursos disponíveis na região em termos quantitativos (SANTOS; RANIERI, 2013). Na praia de Mangue Seco o principal recurso vem da extração da *A. flexuosa* que tem densidades elevadas na área (OLIVEIRA et al., 2011). Portanto, nesse trabalho foi proposto um zoneamento da praia de Mangue Seco de acordo com as características mais expressivas dessa área e também considerando as densidades do

principal recurso explorado na região que é o bivalve *A. flexuosa*, assim contribuindo com a gestão da atividade extrativista da região.

Material e Métodos

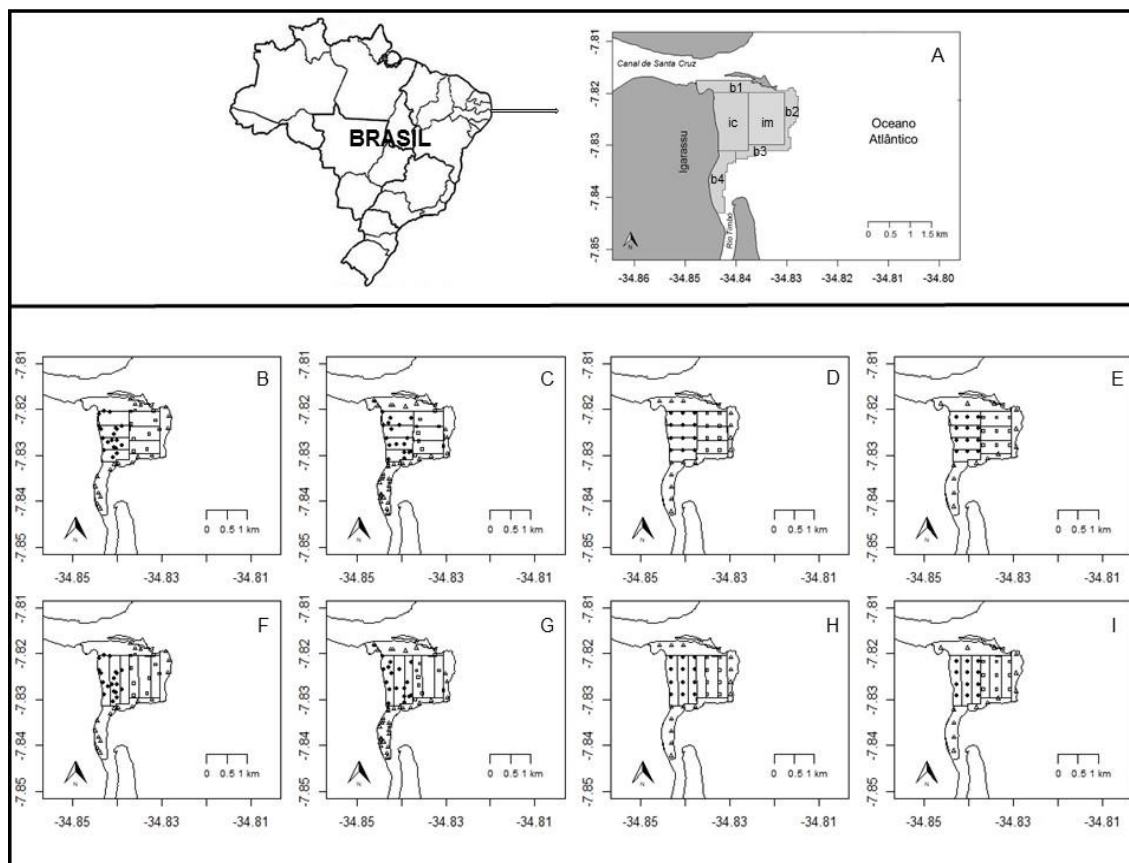
Área de estudo e zoneamento territorial

A praia de Mangue Seco fica no município de Igarassu que faz parte da Região Metropolitana do Recife. A planície se estende no sentido Sul-Norte, desde a foz do Rio Timbó até a foz Sul do Canal de Santa Cruz, abrangendo uma área de aproximadamente 2,7 km² (Figura 1). A linha de praia tem aproximadamente dois quilômetros de extensão, com águas rasas e pequenas ondas (OLIVEIRA et al., 2014).

No zoneamento inicial proposto para região foram considerados primeiramente os efeitos das águas circundantes e a proximidade da linha de praia, assim três principais estratos de localização foram observados e denominados de borda (b1, b2, b3 e b4), interior costa (ic) e interior mar (im) (Figura 1A). O primeiro corresponde à região de extremos do banco, mais exposta à ação da água circundante, supõe-se que nessa área ocorra maior interferência de ação de ondas e correntes. O segundo estrato é uma região mais interior e próximo da linha de praia que parece propiciar uma zona mais abrigada e menos exposta a ondas e correntezas. A terceira localização está também no interior do banco, porém mais intermediária entre a linha da praia e o mar. Subgrupos de localização dos estratos principais também foram avaliados. A borda foi dividida em quatro áreas, estando a borda 1 (b1) localizada mais ao Norte do banco e próximo a foz do Canal de Santa Cruz, a borda 2 (b2) localizada na região mais externa no sentido Oeste-Leste com moderado ou sem aporte fluvial, a borda 3 (b3) situada entre a foz do rio Timbó e a região mais externa e também tem moderado aporte fluvial e a borda 4 (b4) fica na porção mais ao Sul do banco e perto da foz do rio Timbó. Os interiores costa e mar foram divididos de duas maneiras distintas, a primeira no sentido latitudinal em que as subáreas no interior costa foram ordenadas de um a quatro no sentido Norte-Sul e de um a três no interior mar no mesmo sentido (Figura 1 – painéis centrais). A segunda divisão dos estratos do interior foi no sentido longitudinal e ambas (interior costa e interior mar) ordenadas de um a três no sentido Oeste-Leste (Figura 1 – painéis inferiores).

FIGURA 1: Praia de Mangue Seco localizada no município de Igarassu (PE). Painel superior indica os estratos de localização borda (b1, b2, b3 e b4), interior costa (ic) e interior mar (im) (A). Painéis centrais indicam a subdivisão latitudinal em quatro campanhas realizadas

em julho (B), agosto (C), setembro (D) e novembro (E). Painéis inferiores indicam a subdivisão longitudinal em quatro campanhas realizadas em julho (B), agosto (C), setembro (D) e novembro (E). Os pontos dos mapas são as coordenadas em que as coletas foram realizadas sendo: borda (triângulos abertos), interior costa (círculo fechados) e interior mar (quadrados abertos).



Coleta dos dados

No total foram obtidas 176 amostras em quatro campanhas realizadas no ano de 2015, sendo 47 no mês de julho (Figura 1 B e F), 61 em agosto (Figura 1 C e G), 34 em setembro (Figura 1 D e H) e 34 em novembro (Figura 1 E e I). As coletas dos meses de julho e agosto foram realizadas aleatoriamente ao longo de todo o banco. Nos meses de setembro e novembro as coletas foram sistemáticas com 34 pontos, sendo que no primeiro foram colocadas de maneira equidistantes ao longo de todo o banco e no segundo também, porém considerando cada estrato de localização. A quantidade de amostras realizadas por campanha e nos estratos de localização é mostrada na Tabela 1. As amostras foram realizadas com um coletor cilíndrico de policloreto de polivinila (PVC) de 19 cm de diâmetro que foi introduzido no sedimento a 10 cm de profundidade. O sedimento junto

com os organismos foi lavado com água e peneirado com malha quadrada de 1 mm entre nós adjacentes e contabilizados posteriormente em laboratório.

TABELA 1: Número de amostras coletadas nos estratos de localização no banco da praia de Mangue Seco.

Configuração dos estratos	Estrato de localização	Amostras				Total
		Julho	Agosto	Setembro	Novembro	
Estratos de localização primário	Borda	21	37	14	13	85
	Interior Costa	18	17	12	12	59
	Interior Mar	7	7	8	9	31
Estratos de localização secundários	Borda 1	7	8	3	3	21
	Borda 2	3	3	4	3	13
	Borda 3	3	5	1	3	12
	Borda 4	8	21	6	4	39
Configuração latitudinal	Interior Costa 1	2	6	3	3	14
	Interior Costa 2	6	1	3	3	13
	Interior Costa 3	7	5	3	3	18
	Interior Costa 4	3	5	3	3	14
	Interior Mar 1	2	1	4	3	10
	Interior Mar 2	3	3	2	3	11
	Interior Mar 3	2	3	2	3	10
Configuração longitudinal	Interior Costa 1	6	8	4	4	22
	Interior Costa 2	10	3	4	4	21
	Interior Costa 3	2	6	4	4	16
	Interior Mar 1	2	5	0	3	14
	Interior Mar 2	3	0	4	3	6
	Interior Mar 3	2	2	4	3	11

Análise dos dados

Nas análises das densidades da *A. flexuosa* em Mangue Seco foram utilizados métodos geoestatísticos com interpolações calculadas com o inverso da distância para inspeções visuais, usando o pacote gstat no R (PEBESMA; GRAELER, 2017). Sumários estatísticos básicos com valores das médias, máximos e mínimos das densidades nos estratos de localizações foram calculados. Pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram atendidos e provas não paramétricas de Kruskal-Wallis (KRUSKAL; WALLIS, 1952) foram alternativas para avaliar diferenças significativas ($\alpha = 0,05$) das densidades nos estratos de localização e nos casos de diferenças observadas procedeu-se com teste de comparações múltiplas. Para todas as análises foi utilizado o programa R (R CORE TEAM, 2017).

Resultados

As médias das densidades de *A. flexuosa* tiveram valores maiores no setor ic do banco em todas as campanhas realizadas (Figura 2). Nas amostras de julho (Figura 2 A) as densidades médias foram de 571 ind.m⁻², 914 ind.m⁻² e 262 ind.m⁻² para os estratos, borda, ic e im, respectivamente, e agregações com máximas densidades foram encontradas na parte mais central do ic (3599 ind.m²) e na região mais próxima a foz do rio Timbó da borda (2541 ind.m²). O mês de agosto (Figura 2 B) teve médias de densidades de 263 ind.m⁻², 1013 ind.m⁻² e 242 ind.m⁻² para a borda, ic e im, respectivamente, e o ponto com maior densidade (4058 ind.m²) para todas as campanhas localizado no estrato ic. No mês de setembro (Figura 2 C) as densidades médias para a borda, ic e im foram de 267 ind.m⁻², 938 ind.m⁻² e 234 ind.m⁻², respectivamente, e agregações com densidades elevadas foram encontradas na maioria dos pontos da região ic com máximo de 1729 ind.m² e na borda próxima ao Canal de Santa Cruz com 988 ind.m². Em novembro (Figura 2 D) as densidades médias para borda (76 ind.m⁻²), ic (215 ind.m⁻²) e im (141 ind.m⁻²) foram as menores entre todas as campanhas realizadas, e a agregação com densidade máxima ocorreu no estrato ic (494 ind.m²). Nos subgrupos da borda, as densidades médias de b1 e b4 sempre foram maiores do que em b2 e b3 para todas as campanhas. A menor média da densidade (0 ind.m⁻²) ocorreu em b2 no mês de novembro e a maior em b4 (665 ind.m⁻²) em julho. As médias das densidades em Mangue Seco neste trabalho são maiores do que a maioria dos bancos estudados em outros locais do Brasil (Tabela 2).

FIGURA 2: Interpolações das densidades da *Anomalocardia flexuosa* na praia de Mangue Seco nas campanhas de julho (A), agosto (B), setembro (C) e novembro (D). Triângulos abertos, círculos fechados e quadrados abertos representam amostras nos estratos de localização de borda, interior costa e interior mar, respectivamente.

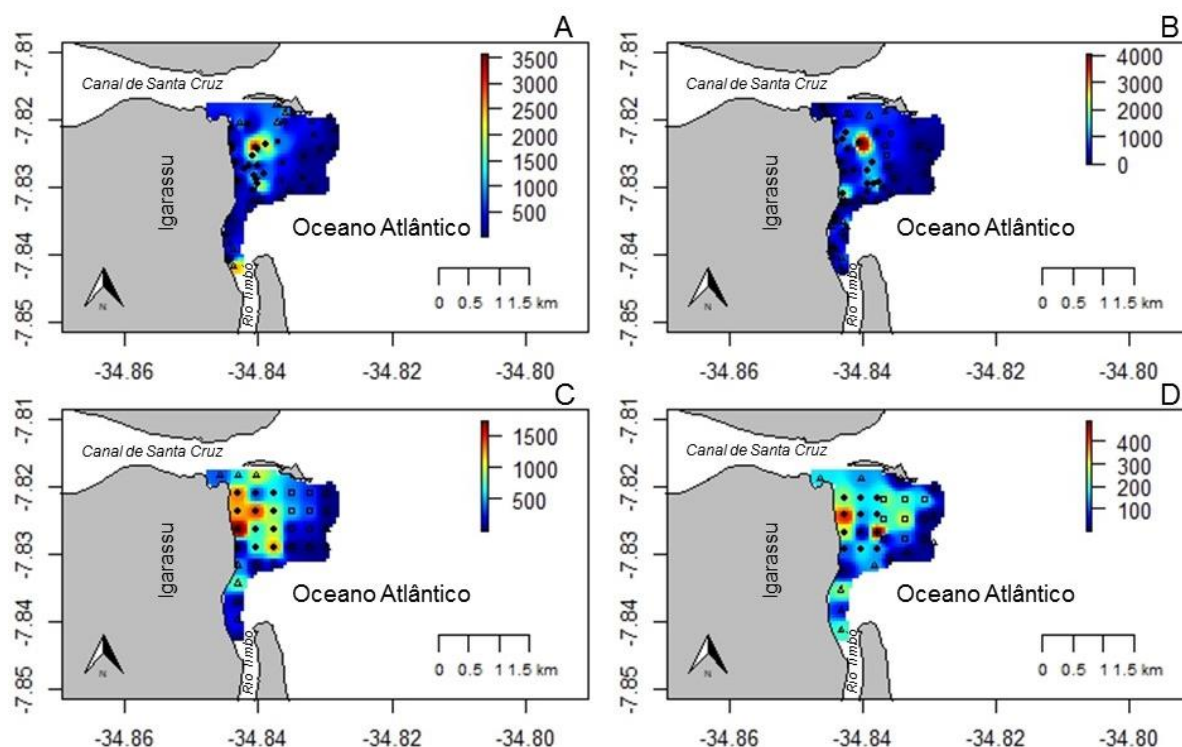


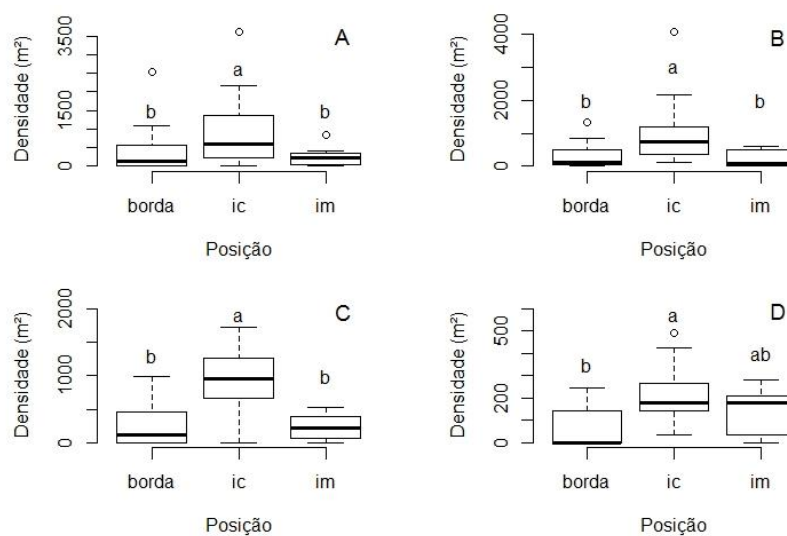
TABELA 2: Informações das densidades médias da *Anomalocardia flexuosa* publicadas em outros locais do Brasil e também na praia de Mangue Seco em anos anteriores.

Estado	Local	Latitude	Ano da coleta	ind.m ⁻²	Fonte
Rio Grande do Norte	Praia de Pernambuco	04°55'S	2007-2008	100-1148	Rodrigues et al. (2013)
Rio Grande do Norte	Praia da Barra	04°55'S	2008-2008	951-1813	Rodrigues et al. (2013)
Pernambuco	Estuário de Goiana	07°55'S	2009-2010	284-706	Silva-Cavalcanti et al. (2018)
Pernambuco	Praia de Mangue Seco	07°83'S	2006-2007	816-2016	El-Deir et al. (2009)
Pernambuco	Praia de Mangue Seco	07°83'S	2009	103-415	Oliveira et al. (2011)
Pernambuco	Praia de Mangue Seco	07°83'S	2015	0-1013	Este estudo
Rio de Janeiro	Praia de Flexeiras	22°56'S	2006-2009	289	Mattos e Cardoso (2012)
São Paulo	Praia Cidade	23°37'S	2007-2008	53	Corte et al. (2015)
São Paulo	Baia do Araçá	23°49'S	2008-2009	52	Corte et al. (2017)
Paraná	Baia de Paranaguá	25°30'S	1996-1997	95-489	Boehs et al. (2008)

As medianas das densidades de *A. flexuosa* foram comparadas nos estratos de localização primários para cada campanha, e de maneira geral, o estrato interior costa (ic) foi o que mais se destacou (Figura 3). Diferenças significativas foram observadas em todas as campanhas ($p < 0,05$). Nos testes de comparações múltiplas a densidade em ic (582 ind.m⁻²) foi significativamente maior do que na borda (141 ind.m⁻²) e no im (212 ind.m⁻²) em julho (Figura 3 A). A mesma diferença significativa ocorreu em agosto (Figura 3 B) com valores de mediana de 741 ind.m⁻², 106 ind.m⁻² e 71 ind.m⁻² para ic, borda e im,

respectivamente, e também em setembro (Figura 3 C) com medianas de 953 ind.m⁻², 123 ind.m⁻² e 211 ind.m⁻² para ic, borda e im, respectivamente. No mês de novembro (Figura 3 D) a densidade em ic (176 ind.m⁻²) foi significativamente maior do que na borda (0 ind.m⁻²), mas não do que no im (176 ind.m⁻²).

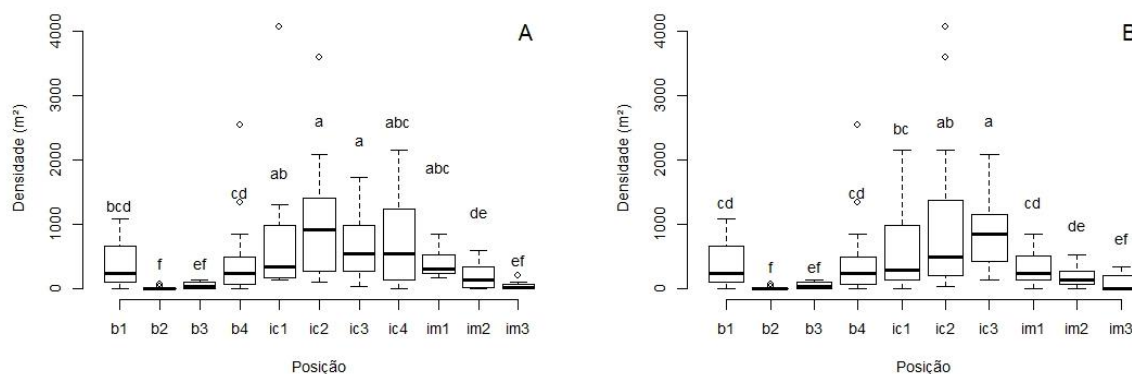
FIGURA 3: Diagramas de caixas das densidades de *Anomalocardia flexuosa* nas posições borda, interior costa (ic) e interior mar (im) na praia de Mangue Seco nas campanhas de julho (A), agosto (B), setembro (C) e novembro (D). As letras minúsculas nos painéis indicam os resultados dos testes de hipótese.



As medianas das densidades de *A. flexuosa* foram comparadas nos estratos de localização secundários com todas as campanhas juntas (Figura 4). As densidades apresentaram diferença significativa na configuração latitudinal e também longitudinal ($p < 0,05$). No sentido latitudinal (Figura 4 A) o teste de comparações múltiplas apontou que as densidades nos subgrupos ic1 (353 ind.m⁻²), ic2 (917 ind.m⁻²), ic3 (547 ind.m⁻²), ic4 (547 ind.m⁻²) e im1 (318 ind.m⁻²) são significativamente maiores do que os subgrupos b2 (0 ind.m⁻²), b3 (35 ind.m⁻²), im2 (141 ind.m⁻²) e im3 (18 ind.m⁻²). No sentido longitudinal (Figura 4 B) o teste de comparação múltiplas distinguiu que as densidades nos subgrupos ic1 (300 ind.m⁻²), ic2 (494 ind.m⁻²) e ic3 (47 ind.m⁻²) são significativamente maiores do que os subgrupos b2 (0 ind.m⁻²), b3 (35 ind.m⁻²), im2 (141 ind.m⁻²) e im3 (0 ind.m⁻²).

FIGURA 4: Diagramas de caixas das densidades de *Anomalocardia flexuosa* nos estratos de localização secundários na praia de Mangue Seco. (A) Divisão latitudinal nas posições

de borda 1, 2, 3 e 4 (b1, b2, b3, b4), na posição interior costa 1, 2, 3 e 4 (ic1, ic2, ic3, ic4) e no interior mar (im1, im2, im3). (B) Divisão longitudinal nas posições de borda 1, 2, 3 e 4 (b1, b2, b3, b4), na posição interior costa 1, 2 e 3 (ic1, ic2, ic3) e no interior mar (im1, im2, im3). As letras minúsculas nos painéis indicam os resultados dos testes de hipótese.



Discussão

Na divisão primária proposta no banco da praia de Mangue Seco ficou evidente que o estrato ic é mais propício para as agregações da espécie comparado aos outros dois estratos primários (borda e im). Por ser um estrato aparentemente mais abrigado e protegido das ações de ondas em relação a borda e im, a proliferação da *A. flexuosa* é facilitada, pois locais com pouco material em suspensão são os ideais para o estabelecimento da espécie que têm sífões curtos e fundidos, com tentáculos simples o que impede maiores agregações em áreas com ressuspensão frequente de sedimentos (NARCHI, 1974) como deve acontecer na borda e no im que são locais mais próximos aos efeitos das águas circundantes. A variabilidade no setor ic também foi mais alta, o que denota que estudos no banco devem ter um esforço amostral maior neste estrato.

Nas divisões secundárias as regiões b1 e b4 parecem mais benéficas para *A. flexuosa* do que as b2 e b3. As características físicas e morfodinâmicas de b1 e b4 são parecidas, pois são áreas próximas a saída de estuários que reconhecidamente contribuem com grande aporte de sedimentos finos que é o mais adequado para a espécie (NARCHI, 1974) e também matéria orgânica que é um dos parâmetros abióticos que mais interferem na distribuição do bivalve que tem preferência por áreas com alto teor (BOEHS et al., 2008; BELÉM et al., 2013), enquanto que b2 e b3 são áreas com maior ação de ondas.

Avaliações espaciais são corriqueiras em estudos de distribuição da *A. flexuosa* inclusive para Mangue Seco (e.g. EL-DEIR et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011), porém

de maneira geral procura-se contemplar a totalidade da área envolvida. A distribuição da *A. flexuosa* no banco de Mangue Seco de acordo com os resultados deste trabalho foi mais ampla do que os delineamentos amostrais propostos por El-Deir et al. (2009) e Oliveira et al. (2011). No primeiro foi apenas considerado localizações próximas a saída do Canal de Santa Cruz, Coroa do Avião e locais próximos a linha de praia, desconsiderando a região próxima ao Rio Timbó e mais externas do banco no sentido do mar (Leste) que corresponderiam aos estratos im, b2, b3 e b4. No segundo, os autores propuseram uma divisão longitudinal e latitudinal, porém os extremos do banco no sentido mar (Leste) não foram apreciados o que corresponderiam aos estratos im, b1, b2 e b3. Os delineamentos dos referidos trabalhos apesar de informativos são apenas restritos a regiões que apresentam aparentemente densidades mais elevadas, porém na divisão do banco proposta neste trabalho várias feições das distribuições em termos de densidades da espécie podem ser verificadas.

A distribuição da *A. flexuosa* também foi estudada em outros locais do Brasil. Em uma praia do estado do Ceará as agregações foram maiores em locais mais baixos e distantes da linha de praia, em que mesmo na maré baixa ainda havia acúmulo de água (ARAÚJO; ROCHA-BARREIRA, 2004) que foi oposto a Mangue Seco que teve mais indivíduos no sentido próximo a linha de praia dos estratos ic, im e b2, respectivamente. No Rio de Janeiro as maiores abundâncias foram também encontradas em local mais próximo a linha de praia (MATTOS; CARDOSO, 2012). No Rio Grande do Norte foi tomada como referência a distância em relação ao estuário e as maiores abundâncias ocorreram principalmente em locais com proximidade da zona estuarina (BELÉM et al., 2013). Em Mangue Seco também ficou evidente que as zonas próximas a estuários localizadas nos estratos b1 e b4 pareceram mais propícias ao estabelecimento da *A. flexuosa* comparado a locais com maior interferência marinha (b2 e b3).

As densidades médias encontradas no banco de Mangue Seco, de maneira geral, tiveram regiões de altas (ic), intermediárias (b1, b4 e im) e baixas (b2 e b3) densidades. Assim, regiões que tendem a ter altas densidades variaram com média entre 215 e 1013 ind.m⁻², as intermediárias entre 106 e 665 ind.m⁻² e as baixas entre 0 e 71 ind.m⁻². Densidades maiores em anos anteriores como em 2006 e 2007 foram encontrados no trabalho de El-Deir et al. (2009) com mínimo de 816 ind.m⁻² e máximo de 2016 ind. ind.m⁻². No ano de 2009 as densidades estimadas por Oliveira et al. (2011) em Mangue Seco tiveram valores menores comparadas a este trabalho com valor mínimo de 103 ind.m⁻² e máximo de 415 ind.m⁻². Em outros estados com informações publicadas sobre a *A.*

flexuosa no Brasil, apenas no Rio Grande do Norte (RODRIGUES et al., 2013) foram registrados médias de densidade maiores que neste trabalho, porém se comparado as densidades estimadas nos anos de 2006 e 2007 para Mangue Seco (EL-DEIR et al., 2009), este banco extrativista foi o que apresentou as maiores médias registradas.

A identificação das características de um local com grande atividade de pesca é importante para gestão do recurso, pois serve como referencial para o estabelecimento de alternativas de manejo como, por exemplo, áreas de exclusão de pesca, e para isso é necessário o conhecimento dos pontos mais abundantes para que se possa maximizar o impacto da medida nas áreas adjacentes e menos abundantes. Na divisão do banco de Mangue Seco de acordo com as características morfodinâmicas e as densidades da *A. flexuosa* foi possível diferenciar, principalmente, quatro estratos de localização (ic, im, borda 2 e 3 e borda 1 e 4). O estrato ic foi o mais abundante, portanto o mais propício em caso de adoção desta medida. No entanto, ressalta-se que zoneamento deve ser um processo dinâmico e que o estabelecimento das áreas neste trabalho serve como ponto inicial de partida para tomadas de decisão e que podem mudar ao longo do tempo de acordo com novas informações da sociedade civil, pesquisadores e o poder público.

Agradecimentos

Aos graduandos do curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Ana Júlia Rufino de Freitas e Anderson Thiago Vasconcelos de Freitas, pelo auxílio na obtenção e biometria das amostras. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por conceder uma bolsa de estudo de pós-graduação ao primeiro autor.

Referências

- ARAÚJO, M. L. R.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Distribuição espacial de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil. **Boletim técnico científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 12, n. 1, p. 11-21, 2004.
- BELÉM, T. P.; MOURA, R. S. T.; HENRY-SILVA, G. G. Distribuição e densidade do bivalve *Anomalocardia brasiliana* em praias do Rio Grande do Norte durante um período de pluviosidade atípica. **Biotemas**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 109-122, 2013.

BOEHS, G.; ABSHER, T. M.; CRUZ-KALED, A. C. Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 259-270, 2008.

CABRAL, A. L.; SASSI, R.; COSTA, C. F. A pesca de subsistência no estuário do rio Timbó, estado de Pernambuco, Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 14, n. 1, p. 111-140, 2006.

CORTE, G. N.; YOKOYAMA, L. Q; AMARAL, A. C. Z. An attempt to extend the Habitat Harshness Hypothesis to tidal flats: A case study of *Anomalocardia brasiliiana* (Bivalvia: Veneridae) reproductive biology. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, London, v. 150, n. 15 p. 136-141, 2014.

CORTE, G. C.; COLEMAN, R. A.; CECÍLIA, A.; AMARAL, Z. Environmental influence on population dynamics of the bivalve *Anomalocardia brasiliiana*. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, London v. 187, n. 4, p. 241-248, 2017.

EL-DEIR, S.; NEUMANN-LEITÃO, S.; MELO, P. A. M. C. Distribution pattern of *Anomalocardia brasiliiana* Gmelin, 1971 (Mollusca, Bivalvia) in a tropical coastal ecosystem. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 37, n. 1, p. 1-12, 2009.

IBAMA/CEPENE. **Boletim estatístico da pesca marítima estuarina do nordeste do Brasil – 2006**. Tamandaré, 2008. 385 p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2007 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2009. 175 p.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, Virginia, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

LESSA, R. P.; MONTEIRO, A.; DUARTE-NETO, P. J.; VIEIRA, A. C. Análise multidimensional dos sistemas de produção pesqueira do estado de Pernambuco, Brasil. In: HAIMOVICI, M. (Ed). **Sistemas pesqueiros marinhos e estuarinos do Brasil**. Rio Grande: Editora da FURG, 2011. p. 41-54.

MATTOS, G.; CARDOSO, R. S. Population dynamics of two suspension-feeding bivalves on a sheltered beach in southeastern Brazil. **Helgoland Marine Research**, Bremerhaven, v. 66, n. 3, p. 393-400, 2012.

MOLLUSCABASE. **World register of marine species – *Anomalocardia brasiliiana*** (Gmelin, 1791). 2018. Disponível em <<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=420930>>. Acesso em: 17 março 2018.

- MOURA, R.T. **Aspectos gerais da hidrobiologia do litoral norte de Pernambuco – Brasil**. Brasília: IBAMA, 2009. 138 p.
- NARCHI, W. Aspectos ecológicos e adaptativos de alguns bivalves do litoral paulista. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 27, n. 19, p. 235-262, 1974.
- OLIVEIRA, I. B.; AMORIM, A.; LAVANDER, H.; PEIXOTO, S.; GÁLVEZ, A. O. Spatial and temporal distribution of the shellfish *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) on Mangue Seco beach, Pernambuco, Brazil. **International Journal of Aquatic Science**, Urmia, v. 2, n. 1, p. 68-79, 2011.
- OLIVEIRA, I. B.; SILVA NETO, S. R.; LIMA FILHO, J. V. M.; PEIXOTO, S. R. M.; GALVEZ, A. O. Efeito do período chuvoso na extração do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 1, p. 139-145, 2014.
- PEBESMA, E.; GRAELER, B. **Gstat** – Spatial and spatio-temporal geostatistical modelling, prediction and simulation. R package version 1.1-5. Disponível em <<https://github.com/edzer/gstat/>>. Acessado em: 20 dezembro 2017.
- R CORE TEAM. **R** - A Language and Environment for Statistical Computing. 2017. Disponível em <<https://www.R-project.org/>>. Acessado em: 20 dezembro 2017.
- RODRIGUES, A.M.L.; BORGES-AZEVEDO, C.M.; COSTA, R.S., HENRY-SILVA, G.G. Population structure of the bivalve *Anomalocardia brasiliiana*, (Gmelin, 1791) in the semi-arid estuarine region of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. Rio de Janeiro, v. 73, n. 4, p. 819-833, 2013.
- SANTOS, M. R. R., RANIERI, V. E. L. Critérios para análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 43-62, 2013.
- SILVA-CAVALCANTI, J. S.; COSTA, M. Fisheries of *Anomalocardia brasiliiana* in Tropical Estuaries. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, Rio Claro, v. 6, n. 2, p. 86-99, 2011.
- SILVA-CAVALCANTI, J. S.; COSTA, M. F.; ALVES, L. H. B. Seasonal variation in the abundance and distribution of *Anomalocardia flexuosa* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) in an estuarine intertidal plain. **PeerJ**, London, 2018. DOI: 10.7717/peerj.4332.

**3. SELETIVIDADE DE UM NOVO PETRECHO DE PESCA UTILIZADO NA
CAPTURA DA *Anomalocardia flexuosa* NO NORDESTE DO BRASIL**

.

MANUSCRITO

**“SELETIVIDADE DE UM NOVO PETRECHO DE PESCA UTILIZADO NA
CAPTURA DA *Anomalocardia flexuosa* NO NORDESTE DO BRASIL”**

Manuscrito submetido à revista
Boletim do Instituto de Pesca, ISSN 0046-9939.

SELETIVIDADE DE UM NOVO PETRECHO DE PESCA UTILIZADO NA CAPTURA DA *Anomalocardia flexuosa* NO NORDESTE DO BRASIL

Severino Adriano de Oliveira LIMA¹, Humber Agrelli ANDRADE²

¹Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE. Fone: (81) 3320 – 6530. E-mail: dianooliveira@hotmail.com (corresponding author)

²Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE.

RESUMO

Recentemente um tipo de draga foi introduzido como arte de pesca no banco extrativista de Mangue Seco - PE de onde se extrai a maior captura anual de *Anomalocardia flexuosa* do mundo. Este trabalho foi realizado com objetivo de estimar a seletividade do novo petrecho de pesca e avaliar quantitativamente quais são as classes de comprimento mais penalizadas nas capturas, tendo especialmente como referencial o valor de 20 mm. Exemplares maiores que esse tamanho tem elevada probabilidade de estarem maduros. Para estimativa da seletividade foi utilizado o método com uso de saco (16 ou 20 mm) e sobresaco (2 mm). Para estimativa dos parâmetros de seletividade foi utilizada regressão logística e abordagem bayesiana. O percentual de indivíduos maiores do que 20 mm foi significativamente maior no saco com malha de 20 mm. A transição entre o estado em que o exemplar é invulnerável à arte de pesca (seletividade próxima de zero) e vulnerável (seletividade próxima de um) ocorre para malha de 16 mm entre 10 e 18 mm, enquanto que para malha de 20 mm essa transição se dá entre 14 e 20 mm. As dragas com malha de 16 e 20 mm penalizam uma proporção grande de exemplares menores que 20 mm. Se a intenção é proteger essa parcela da população, seriam necessárias medidas como a restrição total da malha de 16 mm e uso da malha de 20 mm somente nos meses de menor incidência de recrutamento, ou o aumento da malha para 25 mm.

Palavras-chaves: Ecossistema costeiro; Praia de Mangue Seco; Macrofauna bentônica; *Anomalocardia brasiliensis*; atividade extrativista; draga.

SELECTIVITY OF A NEW FISHING GEAR USED IN THE CATCH OF *Anomalocardia flexuosa* IN THE NORTHEAST OF BRAZIL

ABSTRACT

Recently a type of dredger was introduced as fishing gear in the Mangue Seco extractive bank - PE from which the largest annual catch of *Anomalocardia flexuosa* in the world is extracted. The aim was estimate the selectivity of the new fishing gear and quantitatively evaluating which are the classes of length more penalized in the catches, especially having as reference the value of 20 mm. Individuals larger than 20 mm size are highly likely to be mature. To estimate the selectivity, the method covered codend experiment was carried were first mesh size (16 or 20 mm) and second mesh size (2 mm). For the estimation of the selectivity parameters, logistic regression was used with generalized linear model and Bayesian approach. The percentage of individuals larger than 20 mm was significantly higher in the covered codend with 20 mm mesh size. The transition between the state in which the individual is invulnerable to the fishing gear (selectivity close to zero) and where it would almost certainly be captured (selectivity close to one) occurs for 16 mm mesh between 10 and 18 mm, while that for 20 mm mesh this transition occurs between 14 and 20 mm. Dredgers with 16 and 20 mm mesh penalize a large proportion of individuals smaller than 20 mm. In case of intention to protect this portion of the population, management as the total restriction of the 16 mm mesh and only the use of the 20 mm mesh in the months of lower recruitment of young, or even the increase of the mesh to 25 mm.

Keywords: Coastal ecosystem; Mangue Seco beach; Benthic macrofauna; *Anomalocardia brasiliiana*; extractive activity; dredge.

INTRODUÇÃO

O molusco *Anomalocardia flexuosa* ocorre desde das Antilhas, Brasil (ABBOTT, 1974), indo até o Uruguai (RIOS, 1994). No entanto, a exploração econômica desta espécie ocorre em uma região menos ampla, predominantemente na região costeira brasileira onde a pescaria é tradicional (SILVA-CAVALCANTI e COSTA, 2011). No Brasil existem vários nomes populares para a espécie, como por exemplo, berbigão, marisco ou massunim. Há também questões sobre o nome científico. Em muitos trabalhos a espécie aparece como *Anomalocardia brasiliiana*, mas a

nomenclatura aceita para a plataforma especializada em taxonomia WORMS (World Register of Marine Species) é *Anomalocardia flexuosa* (MOLLUSCABASE, 2018).

Não existe cultivo comercial de *A. flexuosa* no Brasil ou em qualquer outra parte do mundo, portanto, a produção é totalmente proveniente da extração realizada em ambientes naturais com formas morfodinâmicas diversas, que compreendem estuários, praias, e planícies de maré (SILVA-CAVALCANTI e COSTA, 2011; PEZZUTO *et al.*, 2010). As últimas estimativas de captura para o Brasil que datam de 2007, indicavam que o Estado de Pernambuco era o maior produtor de *A. flexuosa* com 4716 t de captura, valor este três vezes maior que o do Estado da Paraíba, classificado como o segundo maior produtor com 1358 t (IBAMA, 2009).

Em Pernambuco a pesca da *A. flexuosa* é realizada especialmente no litoral Norte com destaque para o banco extrativo da praia de Mangue Seco no município de Igarassu, que contribui com aproximadamente 50% da captura do Estado (IBAMA/CEPENE, 2008). Esta praia fica localizada próximo da capital Recife, o que facilita o escoamento para as principais regiões consumidoras. A produção elevada do banco extrativista de Mangue Seco, o coloca como a principal área produtora de *A. flexuosa* no mundo.

Assim como na maioria dos demais bancos extrativistas pesqueiros no Brasil, a atividade na praia de Mangue Seco é de “livre acesso”, e não há, portanto planejamento ou controle com legislação específica para gestão do recurso. A captura desordenada, característica de sistemas de livre acesso, frequentemente leva a uma sobreexploração que remete a um cenário tipicamente associado ao conceito da “tragédia dos comuns” (HARDIN, 1968), que usualmente resulta em consequências ecológicas, econômicas e sociais negativas.

O acompanhamento da evolução histórica das pescarias em regime de livre acesso é importante para minimizar o impacto causado pela atividade. No caso da *A. flexuosa*, verifica-se até então que a extração em Pernambuco tem passado nos últimos anos por processos de desenvolvimento e transformação. A atividade há quase uma década atrás era predominantemente realizada por mulheres e crianças em coleta manual (EL-DEIR *et al.*, 2009). No entanto, a quantidade de pescadores aumentou consideravelmente ao longo dos anos, especialmente com a entrada de homens na atividade. Em adição, foi desenvolvido um novo petrecho de captura, que é um tipo de draga conhecida localmente como “puçá”.

As dragas são petrechos de pesca tipicamente confeccionados para penetrar nos centímetros superiores do sedimento e alcançar também espécimes e espécies que estão parcialmente enterradas (EIGAARD *et al.*, 2015), e por isso, são comumente utilizadas para captura de moluscos em ambientes costeiros com águas rasas (PRADO E DREMIERE, 1990). No Brasil, o uso desse tipo de petrecho na captura da *A. flexuosa* possivelmente ocorreu inicialmente no estado do Rio de Janeiro (RIBAS, 2014). No entanto, foi na região Sul, na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé no estado de Santa Catarina, que por volta de 1987, a introdução de um tipo de draga resultou em aumento significativo da captura de *A. flexuosa*, com reduções expressivas

dos comprimentos dos exemplares capturados, e da abundância do recurso no decorrer do tempo (PEZZUTO *et al.*, 2010, PEZZUTO e SOUZA, 2015).

Na região Nordeste a coleta manual provavelmente ainda seja a forma de captura mais convencional, porém a utilização de artes de pesca mais elaboradas já havia sido relatada por NISHIDA *et al.* (2006). No estado de Pernambuco SILVA e CAVALCANTI *et al.* (2009) observaram que ferramentas como cestas, ancinhos, colheres e redes eram usadas frequentemente para captura da *A. flexuosa* na praia de Mangue Seco. Dos utensílios mencionados, apenas as redes tinham aspectos similares ao das dragas utilizadas. Não se tem informação precisa sobre quando a draga com as configurações atuais começou a ser usada na praia de Mangue Seco, mas sabe-se que este meio de captura era inicialmente operado por homens (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Atualmente, esse tipo de arte de pesca se encontra bastante difundido entre homens e mulheres, sendo o mais utilizado no banco extrativista da praia de Mangue Seco (OLIVEIRA, observação pessoal) que destoa dos outros bancos da Região Nordeste em que predomina a coleta manual.

A introdução de novos petrechos e técnicas de extração em Pernambuco, assim como em outros Estados da região Nordeste, leva à demanda por estudos (NISHIDA *et al.* 2006), sendo de grande interesse a seletividade. Estimativas de parâmetros e curvas de seletividade são importantes na gestão pesqueira, especialmente nos casos em que se pretende usar limites mínimos de tamanho para a captura como alternativa de manejo. Nestes casos a meta pode ser alcançada a partir do conhecimento da seletividade e do estabelecimento de regras para os tamanhos de malhas, compatíveis com os limites de tamanho mínimos pretendidos. Entre os valores que podem ser estimados em estudos de seletividade, e que podem ser de utilidade na gestão, destacam-se o comprimento de primeira captura e o intervalo de seleção, os quais indicam quais são os tamanhos dos indivíduos retidos nas operações de pesca (NOACK *et al.*, 2017). Com base nestes componentes, se conhece as classes de comprimento mais penalizadas na pesca e regras de manejo podem ser estabelecidas para proteger diferentes parcelas da população, como por exemplo os jovens. Em adição, parâmetros de modelos de seletividade são ainda necessários em análises de avaliação de estoques, que podem gerar valores de referência para a definição de quantidades a serem extraídas e de níveis recomendados de esforço de pesca (HILBORN e WALTERS, 1992).

O tamanho mínimo de captura para a *A. flexuosa*, de maneira geral, foi tomado como ideal em 20 mm de comprimento de concha anteroposterior em diversos bancos extrativistas do Brasil (e.g. Região Nordeste - SILVA-CAVALCANTI e COSTA, 2011; Mangue Seco – PE -OLIVEIRA *et al.*, 2014; Estuário do Rio Paciência – MA – SANTOS *et al.*, 2014) como sugerido por ARRUDA-SOARES *et al.* (1982). A adoção desse comprimento como mínimo de captura foi estabelecida na Reserva Extrativista de Pirajubaé em Santa Catarina no Sul do Brasil (PEZZUTO *et al.*, 2015). A probabilidade de que estar maturo seria superior a 90% para exemplares com comprimento superior a 20 mm (BARREIRA e ARAÚJO, 2005). Portanto, neste trabalho além de estimar parâmetros de seletividade da draga recentemente introduzida em Mangue Seco, se teve

também como objetivo avaliar quantitativamente quais são as classes de comprimento mais penalizadas nas capturas, tendo especialmente como referencial o valor de 20 mm. Os resultados são úteis para a gestão das pescarias da *A. flexuosa* que é um recurso tradicional, cuja pesca está em franca expansão em um cenário de livre acesso com um novo petrecho que em outros locais já contribuiu para redução dos comprimentos médios capturados e da abundância (PEZZUTO e SOUZA, 2015). Espera-se assim o desenvolvimento de uma política adequada para o banco de Mangue Seco que é o principal banco extrativo de pesca da espécie no mundo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O banco extrativista da praia de Mangue Seco (Figura 1) está localizado no estado de Pernambuco no município de Igarassu, que dista 30 km da capital Recife. Os municípios de Paulista e da Ilha de Itamaracá constituem, respectivamente, os limites sul e norte da praia de Mangue Seco. A área do banco de Mangue Seco é de aproximadamente 2,9 km² e está sujeita à interferência marinha, mas recebe também o aporte fluvial do rio Timbó no limite Sul, e do Canal de Santa Cruz no Norte. A linha de praia tem dois quilômetros de extensão no sentido Sul-Norte ao longo da costa, com águas rasas e pequenas ondas (OLIVEIRA *et al.*, 2014). A extensão do banco no sentido da costa para o mar é variável, mas pode chegar a mais de 2 km no auge da maré baixa. O sedimento encontrado na praia é arenoso, composto por mais de 90% de areia com predominância de areia grossa (68,7%), e areia fina (27,2%) (LAVANDER *et al.*, 2011). A salinidade e a temperatura na camada de água sobre o banco variam bastante. LAVANDER *et al* (2011) registrou uma salinidade máxima de 37 em janeiro, e mínima de 25 em junho, enquanto que a temperatura máxima foi de 37°C em dezembro, e mínima de 28°C em fevereiro no ano de 2009 (LAVANDER *et al.*, 2011).

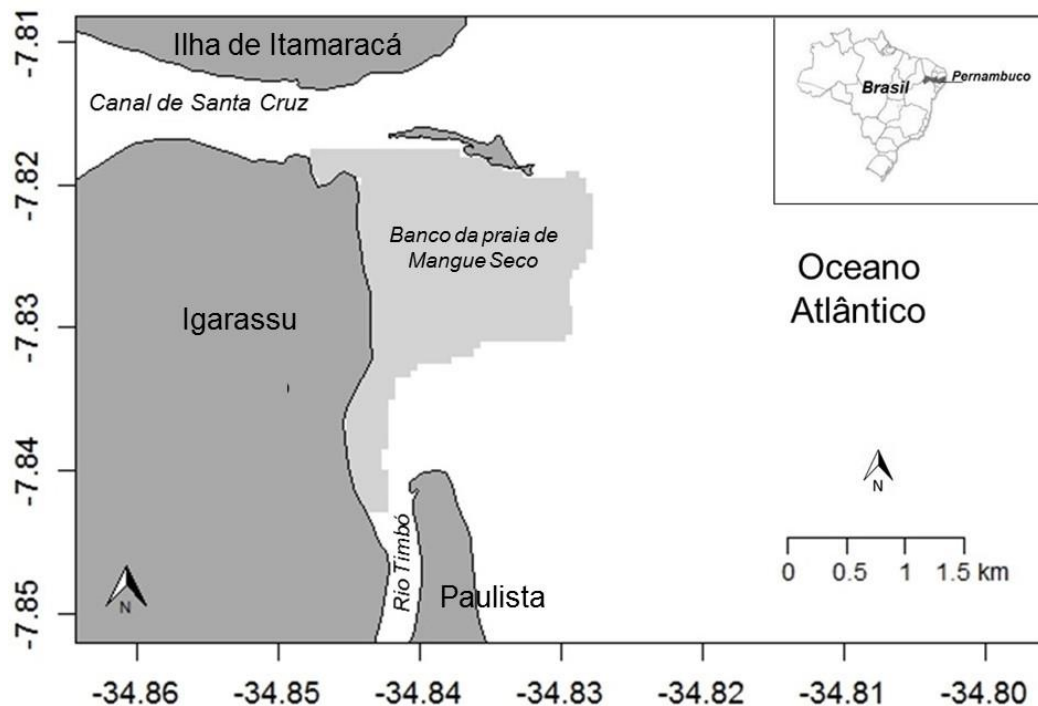


Figura 1. Banco extrativista da praia de Mangue Seco (destacado em cinza claro) localizado no município de Igarassu, Estado de Pernambuco.

Descrição do petecho e Coleta dos dados

A draga é confeccionada com haste de madeira de aproximadamente 2 m inserida em suporte de aço inoxidável geralmente triangular (ou redondo) sem ou com dentes na borda inferior. Ao suporte é atado com linha um saco de rede de malha de tamanho variável, mas predominantemente de 16 ou 20 mm entre nós opostos esticados (noe) (Figura 2 A). Os pescadores utilizam ainda um cabo preso na haste de madeira e na cintura para ajudar no arrasto do artefato no sedimento. Nos arrastos comerciais as distâncias percorridas são curtas para evitar a colmatação, facilitando a lavagem, o escoamento do sedimento, e o escape de indivíduos pequenos.

Nos experimentos a captura foi realizada por um pescador local utilizando sacos com malhas de 16 ou 20 mm (noe), porém esses foram envolvidos com panos de tamanho de malha quadrada com 2 mm (noe) que denominamos de “Sobresaco” (Figura 2 B). Logo após envolvido o saco com o sobresaco o processo de amostragem foi realizado de maneira similar a captura comercial, porém com a retenção de indivíduos que escapam no saco no sobresaco. No total foram realizados quatro experimentos, dois com a draga de malha 16 mm, um em dezembro de 2016 e um em junho de 2017, e dois com a draga malha de 20

mm nos mesmos meses. Nos experimentos realizados foi utilizado um modelo de draga comum entre os pescadores, a qual tem dentes na parte inferior que proporcionam a mobilização do sedimento de forma menos homogênea (O'NEILL *et al.*, 2003). No entanto, cabe mencionar que a existência ou não de dentes na draga não é um fator importante para a seletividade, que depende mais do tamanho da malha (GASPAR *et al.*, 2003).

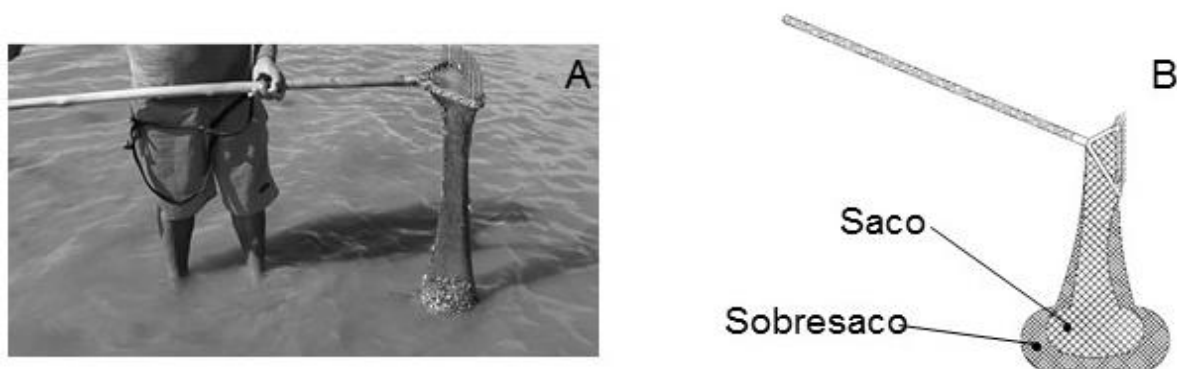


Figura 2. Draga utilizada para extração da *Anomalocardia flexuosa* na praia de Mangue Seco (A), e desenho esquemático do artefato usado no experimento (B).

Estudos de seletividade de dragas para moluscos geralmente envolvem coletas com o petrecho de interesse e de outras amostras com artefatos menos seletivos (*e.g.* PEZZUTO *et al.*, 2010; THORARINSDÓTTIR *et al.*, 2010). No caso dos autores citados acima o artefato menos seletivo foi um core. Já no presente trabalho foram realizados experimentos com saco (mais seletivo) e sobresaco (menos seletivo), muito comuns estudos de seletividade de redes de arrasto de peixes (*e.g.* MADSEN e HOLST, 2010; NGUYEN e LARSEN, 2013) e crustáceos (*e.g.* KRAFFT *et al.*, 2016).

A partir das capturas observadas no saco e no sobresaco é possível estimar as proporções do total de exemplares retidos no saco para diferentes classes de comprimento. A proporção retida no saco para cada i -ésima classe de comprimento é $P_i = C_i^s / (C_i^s + C_i^{ss})$, em que C_i^s e C_i^{ss} são as quantidades retidas no saco e no sobresaco respectivamente. Para as análises, após a realização dos experimentos, todos os exemplares coletados no saco e no sobresaco foram acondicionados em sacos plásticos e levados para laboratório, onde foram medidos os comprimentos entre as extremidades no sentido anteroposterior da concha, com paquímetro manual de 0,02 mm de precisão.

Análise dos dados

Um teste qui-quadrado foi utilizado para comparar os percentuais de indivíduos com comprimento anteroposterior de concha superior a 20 mm retidos nos arrastos realizados com as dragas de 16 mm e 20 mm. Como mencionado anteriormente esse ponto de referência de 20 mm representa um comprimento com elevada probabilidade de que o indivíduo esteja maturo (BARREIRA e ARAÚJO, 2005; LAVANDER *et al.*, 2011).

Para estimativa dos parâmetros de seletividade foi utilizada regressão logística com modelo linear generalizado com abordagem bayesiana, como consta em KINAS e ANDRADE (2010). A regressão logística pode ser aplicada para avaliar variáveis dicotômicas. No nosso caso, cada exemplar de *A. flexuosa* pode ser (sucesso) ou não (fracasso) retido no saco. O número de exemplares da i -ésima classe de comprimento retido no saco y_i foi considerado como sendo uma variável binomial $y_i \sim \text{Bin}(n_i, \theta_i)$, em que n_i é o número total de exemplares (saco + sobresaco), e θ_i é a probabilidade de retenção da i -ésima classe no saco.

É conveniente tratar θ_i em uma escala transformada, pois o mesmo é restrito ao espaço $[0,1]$. Para isso pode-se usar no contexto de um modelo linear generalizado $\eta_i = g(\theta_i) = \log\left(\frac{\theta_i}{1-\theta_i}\right)$, em que η_i é o preditor linear, e que $g()$ é a função ligação *logit*.

O preditor linear é uma função do comprimento na forma $\eta_i = \beta_0 + \beta_1 x_i$, em que β_0 e β_1 são parâmetros a serem estimados, e x_i é o ponto médio da i -ésima classe de comprimento.

Na abordagem bayesiana calcula-se a distribuição posterior conjunta dos parâmetros condicionada à informação disponível $p(\beta_0, \beta_1 | \text{dados}) = p(\beta_0, \beta_1) p(\text{dados} | \beta_0, \beta_1) / p(\text{dados})$, em que $p(\beta_0, \beta_1)$ é a distribuição priori para os parâmetros, $p(\text{dados} | \beta_0, \beta_1)$ é a função de verossimilhança, e $p(\text{dados}) = \int p(\beta_0, \beta_1) p(\text{dados} | \beta_0, \beta_1)$ é um termo de normalização. Os *dados* correspondem aos valores de y , n e x das diferentes classes de comprimento. A função de verossimilhança é binomial, e para as distribuições prioris dos dois parâmetros foram utilizadas distribuições normais com média 0 com desvio padrão de 100, as quais são portanto, não informativas. Uma amostra da distribuição posterior conjunta $p(\beta_0, \beta_1 | \text{dados})$ foi obtida com uso de um algoritmo de Monte Carlo com Cadeias de Markov e amostrador de Gibbs com auxílio dos programas JAGS (PLUMMER, 2017) e R

(R CORE TEAM, 2017), e do pacote runjags (DENWOOD, 2009). Três cadeias foram iniciadas com diferentes valores para os parâmetros. Os primeiros 50.000 valores foram descartados (*burnin*), e a partir de então valores foram retidos a cada 50 das 50.000 etapas subsequentes de cada cadeia. Como resultado obtém-se 1.000 valores da distribuição posterior para cada uma das três cadeias, totalizando uma amostra de 3.000 valores.

No diagnóstico de convergência das cadeias e para verificar se a estacionaridade foi atingida, foram utilizados gráficos de traço e o Fator de Redução Potencial de Escala (FRPE) de GELMAN e RUBIN (1992). Considerou-se que a convergência foi atingida quando o quantil de 97,5% do FRPE foi inferior a 1,01. Os cálculos de diagnósticos de convergência e estacionaridade foram realizados com auxílio do pacote CODA (PLUMMER et al., 2006) do programa R.

Com as estimativas da distribuição posterior foram calculados também os comprimentos para os quais se esperam retenções de 25% (L_{25}), 50% (L_{50}) e 75% (L_{75}) dos indivíduos, o Intervalo de Seleção ($IS = L_{75} - L_{25}$), e o Fator de Seleção ($FS = L_{50}/m$) em que m é o comprimento de malha (e.g. NGUYEN e LARSEN, 2013).

RESULTADOS

No total, somados os exemplares do saco e do sobresaco, foram capturados 2955 nos experimentos com malha de 16 mm, e 2879 nos experimentos com a malha de 20 mm (Tabela 1). O percentual de indivíduos com tamanho superior a 20 mm foi significativamente maior no saco com malha de 20 mm ($p = 3,77 \times 10^{-13}$), enquanto que nos sobresacos não foram retidos exemplares maiores que este comprimento.

Tabela 1. Números de indivíduos retidos, percentuais gerais em relação ao total capturado em todos os experimentos (Retidos %), e percentuais retidos com comprimentos maiores que 20 mm de *Anomalocardia flexuosa* nos sacos e sobresacos nos experimentos realizados com cada uma das malhas.

Experimento	Indivíduos Retidos	Retidos %	> 20 mm %
Saco 16 mm	1673	28,68	24,21
Sobresaco 2 mm	1282	21,97	0
Saco 20 mm	1126	19,30	37,03
Sobresaco 2 mm	1753	30,05	0
Total	5834	100	

As estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros β_0 e β_1 nas malhas de 16 mm e 20 mm são apresentadas na Tabela 2. Há evidências de que três parâmetros são significativamente diferentes de zero.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros da regressão logística aplicada na análise de seletividade de *Anomalocardia flexuosa* capturada com dragas de sacos de diferentes malhas. Os valores de p de testes Z para a hipótese nula que corresponde a igualdade a zero constam na coluna mais à esquerda.

Malha do Saco (mm)	Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	Valor de p
16	β_0	-16,77	0,78	< 0,01
	β_1	1,23	0,06	< 0,01
20	β_0	-3,67	1,19	0,01
	β_1	0,01	0,08	0,88

As distribuições de frequência dos exemplares capturados no saco (barras vazias) e no sobressaco (barras preenchidas de cinza) agregados tiveram como classe modal aquela delimitada pelos valores de comprimento de 16 e 18 mm para o experimento com malha de 16 mm. Todos os exemplares observados para essa classe foram retidos no saco. Já para a malha de 20 mm, a classe modal foi a delimitada por 14 e 16 mm de comprimento, e as frequências foram compostas por exemplares retidos em ambos, no saco e no sobressaco (Figura 3).

As distribuições de frequência de comprimento calculadas para todos os capturados (saco + sobressaco), refletem de maneira menos viesada a estrutura de tamanho da população no banco de Mangue Seco. Já as distribuições de frequência de comprimento das capturas obtidas somente nos sacos (barras vazias – Figura 3), correspondem aos tamanhos mais penalizados nos eventos de pesca. Assim verifica-se que os comprimentos entre 14 e 22 mm são os quantitativamente mais penalizados na pesca com saco de 16 mm, enquanto que comprimentos entre 16 e 24 mm são os mais capturados no saco de malha de 20 mm.

As proporções retidas nos experimentos e os modelos de seletividade ajustados para dragas com tamanhos de malha de 16 e 20 mm são também mostrados na Figura 3. Verifica-se que os modelos tem um bom ajuste. Constata-se também que as estimativas obtidas indicam que a transição entre o estado em que o exemplar é invulnerável à arte de pesca (seletividade próxima de zero) e vulnerável (seletividade próxima de um) ocorre para

malha de 16 mm entre 10 e 18 mm, enquanto que para malha de 20 mm essa transição se dá entre 14 e 20 mm.

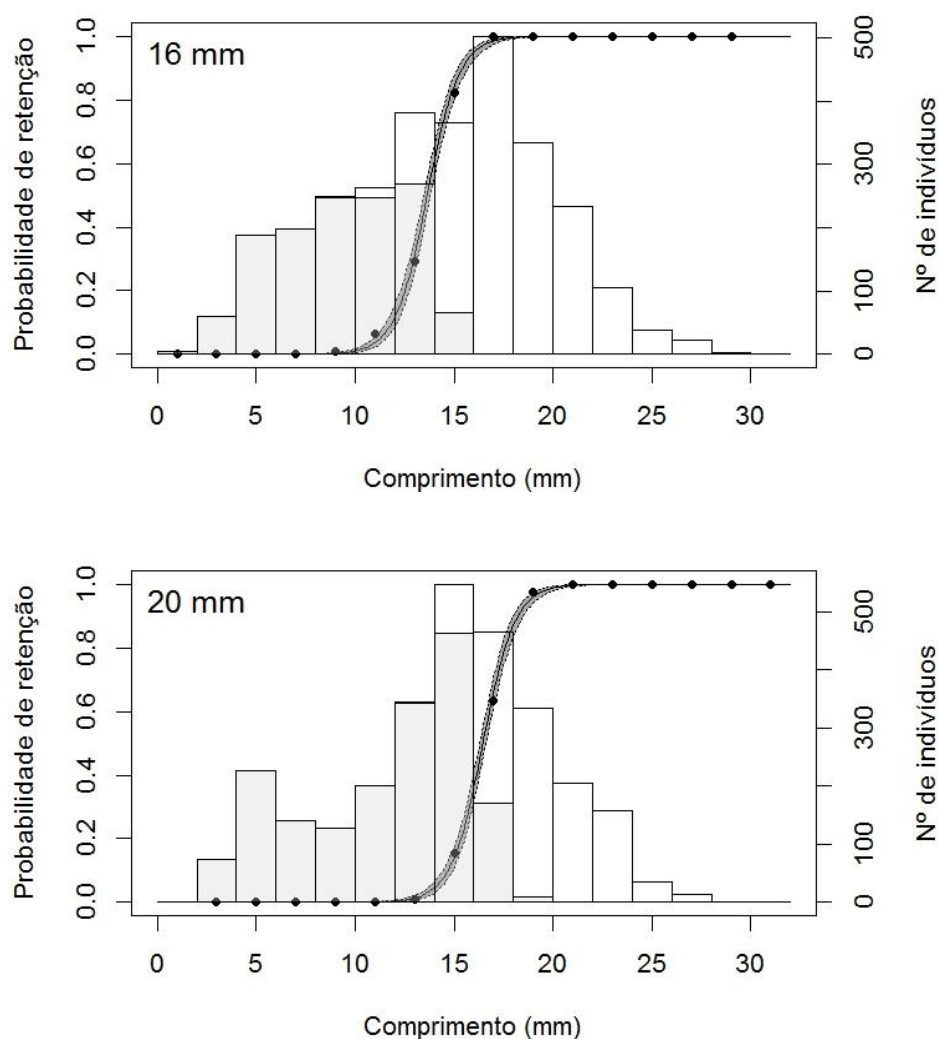


Figura 3. Curvas de seletividade incluindo intervalos de credibilidade de 95% com escalas mostradas nos eixos das ordenadas à esquerda. Distribuições de frequência de comprimento (barras) para a *Anomalocardia flexuosa* capturada com dragas de malha de 16 e 20 mm, com escalas mostradas nos eixos das ordenadas à direita. As barras preenchidas em cinza representam os indivíduos retidos no sobresaco, enquanto que as barras vazias correspondem aos capturados no saco.

As estimativas das médias das distribuições posteriores de L_{25} , L_{50} e L_{75} foram de 12,75, 13,64 e 14,53 mm respectivamente para o experimento realizado com malha de 16 mm, e de 15,43, 16,46 e 17,35 respectivamente para o de malha 20 mm (Figura 4). Já as médias das distribuições posteriores do Fator de Seleção (FS) e do Intervalo de Seleção

(*IS*) foram de 0,85 e 1,78 respectivamente para a malha de 16 mm, e de 0,82 e 1,77 respectivamente para malha de 20 mm.

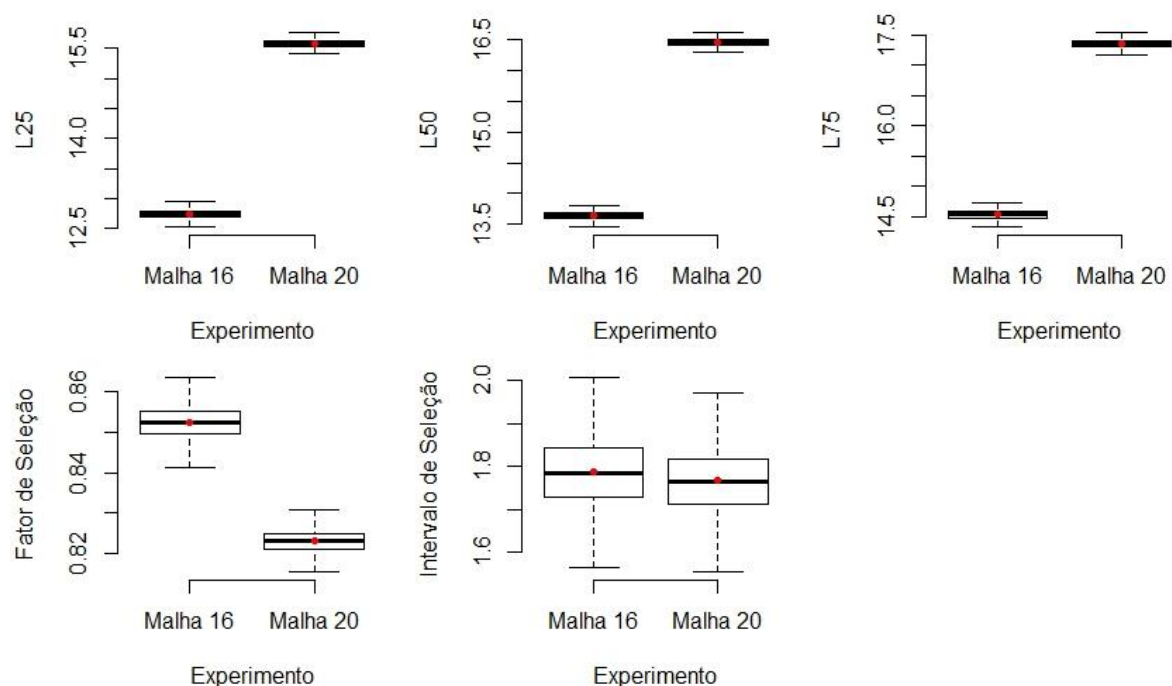


Figura 4. Diagramas de caixas representando valores máximos, mínimos, medianas, e 1º e 3º quartis das distribuições posteriores dos comprimentos de 25%, 50% e 75% de retenção (*L25*, *L50* e *L75*), do Fator de Seleção (*FS*), e do Intervalo de Seleção (*IS*), calculadas para as malhas de 16 e 20 mm. Os valores das médias estão representadas por ponto vermelho.

DISCUSSÃO

Informações sobre a biologia reprodutiva constituem informações auxiliares importantes para a gestão e exploração de espécies marinhas comerciais (AVENDAÑO e LE PENNEC, 1997). Para a *A. flexuosa* foram realizados vários trabalhos sobre reprodução nas Regiões Nordeste (e.g. BARREIRA e ARAÚJO, 2005; LAVANDER *et al.*, 2011; LUZ e BOEHS, 2011) e Sudeste (e.g. ARRUDA-SOARES *et al.*, 1982; CORTE *et al.*, 2014) do Brasil, porém não há estimativas do comprimento de primeira maturação para a espécie, publicadas em jornais científicos revisados por pares.

Frente à incerteza, uma alternativa seria levar em conta o princípio da precaução estabelecido durante a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (1992) que diz que “quando existe ameaça de dano grave ou irreversível, a falta de certeza científica absoluta não deve ser utilizada como motivo para o adiamento de medidas eficazes para prevenir a degradação ambiental”. Na gestão dos recursos pesqueiros o uso de medidas em um contexto de abordagem cautelosa frente à incerteza, podem gerar vários conflitos de opinião, principalmente

entre os pescadores (GONZÁLEZ-LAXE, 2005). No entanto, entendemos que o princípio da precaução deve ser usado no banco extrativista de Mangue Seco, pois apesar de haver uma carência de estudos científicos, o esforço está em franca expansão, e em caso de não adoção de medidas reguladoras, há a possibilidade de que se atinja um cenário ecológico e sócio-econômico negativo.

Ainda que não existam estimativas de tamanho de primeira maturação para Mangue Seco em Pernambuco ou mesmo para alguma outra região do Brasil, não se pode desconsiderar a informação generalista de que a probabilidade de que exemplares com comprimento superior a 20 mm estejam maduros seja grande (BARREIRA e ARAÚJO, 2005; LAVANDER *et al.*, 2011). Em âmbito precautório, o comprimento de 20 mm seria potencialmente um ponto de referência para o tamanho mínimo de captura, se a intenção é a proteção da parcela da população imatura. Portanto, é importante levar em conta que a proporção de exemplares com comprimento superior a 20 mm na captura, foi significativamente maior na draga de malha de 20 mm que na de 16 mm. Assim, se a intenção é a proteção de imaturos, deveria haver uma regulação em favor da malha de 20 mm entre as malhas usadas tradicionalmente.

Medidas mais conservadoras para extração em Mangue Seco poderiam ser consideradas, pois mesmo a malha de maior tamanho avaliada (20 mm) tem um percentual elevado de captura de imaturos (>50%). Adicionalmente, neste mesmo local também já foi observado que mesmo em operações com coleta manual há percentuais relativamente altos desses indivíduos abaixo de 20 mm (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Na indicação do comprimento de malha ideal para captura de indivíduos maiores do que 20 mm (potencialmente maduros), o Fator de Seleção é um parâmetro que pode ser utilizado como ponto de partida (SPARRE e VENEMA 1988). Com os valores de Fator de Seleção calculados neste trabalho estima-se que os tamanhos de malha deveriam ser de 24 a 25 mm para que o comprimento de primeira captura seja de aproximadamente 20 mm. Essa ação poderia resultar em diminuição expressiva das proporções de imaturos nas capturas. No entanto, o aumento da malha poderia implicar em diminuição grande das quantidades capturadas, visto o aumento do escape. Portanto seria importante a realização de experimentos para estimar o balanço entre rentabilidade (quantidades capturadas) e ecologia (quantidades e proporções preservadas de imaturos) a médio ou longo prazo, para avaliar a potencialidade de um aumento de malha como medida de gestão. Uma medida reguladora tem maior probabilidade de efetivamente ser cumprida se não houver grande ônus econômico e social para os pescadores. Se há perspectiva de grande queda da rentabilidade, a proibição da captura com as malhas menores (*e.g.* 16 e 20 mm) iria certamente enfrentar grande resistência por parte dos pescadores locais.

Uma alternativa que tem possibilidade de gerar menor atrito seria permitir o uso da malha já difundida de 20 mm no período em que a quantidade de recrutas é menor, pois apesar de apresentar recrutamento contínuo, este é mais expressivo em algum momento do ano (BOEHS *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2013). Nos meses de maior recrutamento uma malha de aproximadamente 25 mm seria usada. A estratégia de rotatividade de malha por estação pode em alguns casos contribuir não somente com a proteção de parcelas da população (*e.g.* imaturos) mas também otimizar o rendimento da pescaria, reduzindo o desperdício e melhorando as perspectivas de longo prazo para o estoque (FERRO *et al.*, 2008).

Além da malha uma questão importante que deve ser considerada quando se trata do uso de dragas é que as mesmas revolvem o fundo e podem causar impactos físicos mesmo nos indivíduos que escapam, sejam eles exemplares menores da espécie alvo, ou mesmo de outras espécies bentônicas. Os danos causados pela arte podem contribuir na mortalidade posterior dos moluscos (MEYER *et al.*, 1981). Mesmo para uma espécie de concha robusta como a *A. flexuosa*, uma parte dos indivíduos que escapam pode não sobreviver ao enterro ou à exposição a predadores epibentônicos, assim o efeito da pescaria se torna ainda mais severo (PEZZUTO *et al.*, 2010).

O impacto físico da pesca nos ecossistemas bentônicos é uma questão que tem sido alvo de atenção pública (EIGAARD *et al.*, 2015), sendo também componente central na gestão pesqueira baseada no ecossistema (PIKITCH *et al.*, 2004). Portanto, além de estudos posteriores para avaliar o custo-benefício de um possível aumento de malha, seria também importante o desenvolvimento de investigações para avaliar a sobrevivência de exemplares de *A. flexuosa* e da fauna acompanhante, não retidos nas malhas dos sacos das dragas.

O cenário relatado sobre a captura da *A. flexuosa* em Mangue Seco é de que os indivíduos encontrados estão cada vez menores (EL-DIER *et al.*, 2009) com redução do comprimento das conchas extraídas ao longo do tempo mesmo antes da expansão do uso da draga no local (SILVA-CAVALCANTI e COSTA, 2009; 2011). De fato, se comparamos as distribuições de frequência de comprimento obtidas neste trabalho e de outras disponíveis no passado, verifica-se que para os mesmos meses as principais classes modais encontradas aqui nos experimentos com as malhas de 16 e 20 mm são inferiores às observadas por OLIVEIRA *et al.* (2013) nos anos de 2009 e 2010. Portanto, há evidências de uma permanente diminuição dos comprimentos capturados, que poderiam implicar em aumento da probabilidade de ocorrência de sobrepesca de crescimento em que há uma redução do potencial de desova.

A ausência de regulações em Mangue Seco, aliada à expansão do esforço de pesca, à captura de proporções relativamente elevadas de imaturos, e à possibilidade de impacto inclusive nos exemplares não retidos nas malhas das dragas, potencializa um cenário

negativo para o futuro. A necessidade de regulações para estes tipos de pescarias de moluscos de acesso aberto é importante, a exemplo da Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé na Região Sul do Brasil, para a qual várias medidas de gestão já foram adotadas (e.g. tamanho mínimo de captura, rotação espaço-temporal das áreas de pesca), e mesmo assim sustentabilidade da exploração da *A. flexuosa*, continua sendo constantemente ameaçada (PEZZUTO *et al.*, 2015. Portanto, a atividade de extração em Mangue Seco, de grande importância regional, que é a maior do mundo para a *A. flexuosa*, demanda atenção urgente por parte das instituições responsáveis pela gestão da pesca no Brasil.

CONCLUSÕES

As dragas com malha de 16 e 20 mm penalizam uma proporção grande de exemplares menores que 20 mm. Se a intenção é proteger essa parcela da população que seria potencialmente imatura, seriam necessárias medidas como a restrição total da malha de 16 mm e somente o uso da malha de 20 mm nos meses de menor recrutamento de jovens, ou mesmo o aumento da malha para 25 mm. No entanto, há uma demanda grande por informações sobre a viabilidade econômica do aumento da malha, e sobre a sobrevivência de exemplares que escapam e não retidos nas mesmas. Estas questões são cruciais para a definição de uma política de gestão para o banco extrativista de Mangue Seco, principal ponto de pesca da *A. flexuosa* no mundo.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, R.T. 1974 American seashell. 2^a ed. New York: Van Nostrand. 663p.
- ARRUDA-SOARES, H.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MANDELLI JUNIOR, J. 1982 “Berbigão” *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791), bivalve comestível da região da Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo, Brasil: aspectos biológicos de interesse para a pesca comercial. *Boletim do Instituto de Pesca*. 9(1): 21-38.
- AVENDAÑO, M.; LE PENNEC, M. 1997. Intraspecific variation in gametogenesis in two populations of the Chilean molluscan bivalve, *Argopecten purpuratus* (Lamarck). *Aquaculture Research*. 28(3):175-182. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1997.00844.x>.
- BARREIRA, C.A.R.; ARAÚJO M.L.R. 2005 Ciclo reprodutivo de *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*. 31(1): 9-20.
- BEVERTON, R.J.H.; HOLT, S.J. 1957 On the dynamics of exploited fish populations: Fishery Investigations. London. 533p.

- BOEHS, G.; ABSHER, T.M.; CRUZ-KALED, A.C. 2008 Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*. 34(2): 259-270.
- CORTE, G.N.; YOKOYAMA, L.Q.; AMARAL, A.C.Z. 2014 An attempt to extend the Habitat Harshness Hypothesis to tidal flats: a case study of *Anomalocardia brasiliana* (Bivalvia: Veneridae) reproductive biology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 150(15): 136-141. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.12.007>.
- DENWOOD, M.J. 2009. runjags: Run Bayesian MCMC Models in the BUGS syntax from within R -manual. <<http://cran.r-project.org/web/packages/runjags/>>.
- EIGAARD, O.R.; BASTARDIE, F.; BREEN, M.; DINESEN, G.E.; HINTZEN, N.T.; LAFFARGUE, P.; MORTENSEN, L.O.; NIELSEN, J.R.; NILSSON, H.C.; O'NEILL, F.G.; POLET, H.; REID, D.G.; SALA, A.; SKÖLD, M.; SMITH, C.; SØRENSEN, T.K.; TULLY, O.; ZENGİN, M.; RIJNSDORP, A.D. 2015 Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. *ICES Journal of Marine Science*. 73(1): 27-43. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv099>.
- EL-DEIR, S.; NEUMANN-LEITÃO, S.; MELO, P.A.M.C. 2009 Distribution pattern of *Anomalocardia brasiliana* Gmelin, 1971 (mollusca, bivalvia) in a tropical coastal ecosystem. *Tropical Oceanography*. 37(1): 1-12.
- FERRO, R.S.T.; ÖZBILGIN, H.; BREEN, M., 2008 The potential for optimizing yield from a haddock trawl fishery using seasonal changes in selectivity, population structure and fish condition. *Fisheries Research*. 94(2): 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.08.018>.
- FROESE, R., 2004 Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*. 5(1): 86–91. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2004.00144.x>.
- GASPAR, M.B.; LEITÃO, F.; SANTOS, M.N.; SOBRAL M.; CHÍCARO, L.; CHÍCARO, A.; MONTEIRO, C.C. 2003 Size selectivity of the *Spisula solida* dredge in relation to tooth spacing and mesh size. *Fisheries Research*. 60(2): 561–568. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00140-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00140-6).
- GELMAN, A.; RUBIN, D.B. 1992 A single series from the Gibbs sampler provides a false sense of security. In: BERNARDO, J.M.; BERGER, J.O.; DAWID, A.P.; SMITH, A. F. M. Bayesian Statistics. Oxford University Press, Oxford. p. 625-631.
- GONZÁLEZ-LAXE, F. 2005 The precautionary principle in fisheries management. *Marine Policy*. 29(6): 495–505. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2004.09.002>.
- GROTTA, M.; LUNETTA, J.E. 1980. Ciclo sexual de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) do litoral do estado da Paraíba. *Revista Nordestina de Biologia*. 3(1): 5-55.
- HARDIN, G. 1968 The Tragedy of the Commons. *Science*. 162(3859): 1243-1248.

- HILBORN, R.; WALTERS, C. J. 1992 Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall. 570p
- IBAMA/CEPENE. 2008 Boletim estatístico da pesca marítima estuarina do nordeste do Brasil – 2006. Tamandaré. 385p.
- IBAMA. 2009 Estatística da pesca 2007 Brasil: grandes regiões e unidades da federação. Brasília: Ibama. 175p.
- KINAS, P. G.; ANDRADE, H. A. 2010 Introdução à Análise Bayesiana (com R). Editora maisQnada. 240p.
- KRAFFT B.A.; KRAG L.A.; ENGÅS A.; NORDRUM, S.; BRUHEIM, I.; HERRMANN, B. 2016 Quantifying the Escape Mortality of Trawl Caught Antarctic Krill (*Euphausia superba*). *PLoS ONE*. 11(9): 162-311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162311>.
- LAVANDER, H. D.; CARDOSO JUNIOR, L. O.; OLIVEIRA, R. L.; SILVA NETO, S. R.; GÁLVEZ, A. O.; PEIXOTO, S. R. M. 2011 Biologia reprodutiva da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 6(2): 344-350. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i2a1139>.
- LUZ, J.R.; BOEHS, G., 2011. Reproductive cycle of *Anomalocardia brasiliana* (Mollusca: Bivalvia: Veneridae) in the estuary of the Cachoeira River, Ilhéus, Bahia. *Brazilian Journal Biology*. 71(3): 679-686. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000400012>.
- MADSEN, N.; HOLST, R. 2002 Assessment of the cover effect in trawl codend selectivity experiments. *Fisheries Research*. 56(3): 289-301. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00330-7](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00330-7).
- MEYER T.L.; COOPER R.A.; RECCI K.J. 1981 The performance and environmental effects of a hydraulic clam dredge. *Marine Fisheries Review*. 43(9): 14–22.
- MOLLUSCABASE. World Register of Marine Species - *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791). 2018. Disponível em <<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=420930>>. Acesso em: 17 mar. 2018.
- NISHIDA, A. K.; NORDI, N.; ALVES, R.R.N. 2006 Mollusc gathering in Northeast Brazil: an ethnoecological approach. *Human Ecology*. 34(1): 133-145.
- NGUYEN, H.P.; LARSEN, R.B. 2013 Effect of codend mesh size increases on the size selectivity of commercial species in a small mesh bottom trawl fishery. *Journal Applied Ichthyology*. 29(4): 762–768. <https://doi.org/10.1111/jai.12177>.
- NOACK, T.; FRANDSEN, R.P.; KRAG, L.A.; MIESKE, B.; MADSEN, N. 2017 Codend selectivity in a commercial Danish anchor seine. *Fisheries Research*. 186(1): 283–291. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.10.006>.

- OLIVEIRA, L.; LAVANDER, H.; RODRIGUES, S.; BRITO, L.O.; GÁLVEZ, A. O. 2013 Crescimento do berbigão *Anomalocardia brasiliana* (BIVALVIA: VENERIDAE) NA PRAIA DE MANGUE SECO, PERNAMBUCO, BRASIL. *Arquivos de Ciências do Mar*. 46(1): 22-28.
- OLIVEIRA, I. B.; SILVA NETO, S. R.; LIMA FILHO, J. V. M.; PEIXOTO, S. R. M.; GALVEZ, A.O. 2014 Efeito do período chuvoso na extração do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 9(1): 139-145. <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i1a2947>.
- O'NEILL, F. G.; ROBERTSON, M.; SUMMERBELL, K.; BREEN, M.; ROBINSON, L.A. 2013 The mobilisation of sediment and benthic infauna by scallop dredges. *Marine Environmental Research*. 90(7): 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.06.003>.
- PEZZUTO, P.R.; SCHIO, C.; ALMEIDA, T.C.M. 2010 Efficiency and selectivity of the *Anomalocardia brasiliana* (Mollusca: Veneridae) hand dredge used in southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 90(7): 1455–1464. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000317>.
- PEZZUTO, P.R., SOUZA, D.S. 2015 A pesca e o manejo do berbigão (*Anomalocardia brasiliana*) (Bivalvia: Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, SC, Brasil. *Desenvolvimento Meio Ambiente*. 34(2): 169-189. <https://doi.org/10.5380/dma.v34i0.39758>.
- PIKITCH, E.K.; SANTORA, C.; BABCOCK, E.A.; BAKUN, A.; BONFIL, R.; CONOVER, D.O.; DAYTON, P. DOUKAKIS, P.; FLUHARTY, D.; HENEMAN, B.; HOUDE, E.D.; LINK, J.; LIVINGSTON, P.A.; MANGEL, M.; MCALLISTER, M.K.; POPE, J.; SAINSBURRY, K.J. 2004 Ecosystem-based fishery management. *Science*. 305(5682): 346–347. <https://doi.org/10.1126/science.1098222>.
- PLUMMER, M., 2017. JAGS: Just Another Gibbs Sampler. <<http://mcmc-jags.sourceforge.net/>>.
- PLUMMER, M.; BEST, N.; COWLES, K.; VINES, K. 2006 CODA: Convergence diagnosis and output analysisfor MCMC. *R News*. 6(1), 7-11.
- PRADO, J.; DREMIERE, P.Y. 1990 Fisherman's workbook. FAO, Fisheries Department, Rome. 187p.
- R CORE TEAM. 2017 R: A Language and Environment for Statistical Computing. <<https://www.R-project.org/>>.
- RIBAS, L.C.C. 2014 A Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé. Sujeitos, memórias e saberes etnobiológicos. Publicação do IFSC. 168p.
- RIOS, E.C. Seashells of Brazil. 2.ed. Rio Grande: Fundação da Universidade do Rio Grande, 1994. 492p.

- RODRIGUES, A.M.L.; BORGES-AZEVEDO, C.M.; COSTA, R.S.; HENRY-SILVA, G.G. 2013 Population structure of the bivalve *Anomalocardia brasiliana*, (Gmelin, 1791) in the semi-arid estuarine region of northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 73(4): 819-833. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000400019>.
- SANTOS, J. J, S, TERCEIRO, A. M.; YAUURI, W. L. M. 2014 Dinâmica da População de *Anomalocardia brasiliana* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) no Estuário do Rio Paciência, no Município da Raposa, Estado do Maranhão. *Anuário do Instituto de Geociências*. 37(1): 61-69. http://dx.doi.org/10.11137/2014_1_61_69.
- SILVA-CAVALCANTI, J.S.; COSTA, M. 2009 Fisheries in Protected and Non-Protected areas: What is the difference? The case of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1971) (Mollusca: Bivalvia) at tropical estuaries of Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*. 56(SI): 1454-1458
- SILVA-CAVALCANTI, J.S.; COSTA, M.F. 2011 Fisheries of *Anomalocardia brasiliana* in Tropical Estuaries. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 6(2): 86-99.
- SPARRE, P., VENEMA, S.C., 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper, (306.1, Rev. 2). 407 p.
- THORARINSDÓTTIR, G.G.; JACOBSON, L.; RAGNARSSON, S.Á.; GARCIA, E.G.; GUNNARSSON, K. 2010 Capture efficiency and size selectivity of hydraulic clam dredges used in fishing for ocean quahogs (*Arctica islandica*): simultaneous estimation in the SELECT model. *ICES Journal of Marine Science*. 67(2): 345–354. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp236>.

4. IMPACTO DA ASSOCIAÇÃO BIÓTICA NA DISTRIBUIÇÃO DA *Anomalocardia flexuosa* (MOLLUSCA: BIVALVIA) EM UMA PRAIA ARENOSA TROPICAL

MANUSCRITO

“IMPACTO DA ASSOCIAÇÃO BIÓTICA NA DISTRIBUIÇÃO DA *Anomalocardia flexuosa* (MOLLUSCA: BIVALVIA) EM UMA PRAIA ARENOSA TROPICAL”

”

Manuscrito a ser submetido à revista
Boletim do Instituto de Pesca.

IMPACTO DA ASSOCIAÇÃO BIÓTICA NA DISTRIBUIÇÃO DA *Anomalocardia flexuosa* (MOLLUSCA: BIVALVIA) EM UMA PRAIA ARENOSA TROPICAL

Severino Adriano de Oliveira LIMA ¹, Humber Agrelli ANDRADE ², Ana Júlia Rufino de FREITAS³.

RESUMO

Diversos estudos foram desenvolvidos para a espécie *Anomalocardia flexuosa* no banco extrativista de Mangue Seco localizado na Região Nordeste do Brasil, porém não há estimativas da seletividade do principal petrecho utilizado nesse banco que é um tipo de draga conhecida localmente como “puçá”. Os experimentos para as estimativas das seletividades foram realizados em dezembro de 2016 e junho de 2017 com dragas com tamanhos de malha de 16 mm e 20mm. A utilização da draga na praia de Mangue encontra-se bastante difundida entre os pescadores. O uso da draga com malha de 16 mm não é recomendado em nenhum período de coleta, já com malha de 20 mm é sugerido apenas em períodos com altas densidades de indivíduos maiores que 20 mm de comprimento. Nos períodos com altas densidades indivíduos menores que 20 mm uma malha maior deve ser utilizada, porém é incerto o seu comprimento, pois o Fator de Seleção não foi um índice confiável para predições do tamanho de malha.

Palavras-chaves: macrofauna bentônica, Veneridae, captura, manejo

¹ Doutorando em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE. Fone: (81) 3320 – 6530. E-mail: dianooliveira@hotmail.com

² Professor Adjunto do Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE. E-mail: humber.andrade@gmail.com

³ Laboratório de Modelagem Estatística Aplicada a Pesca e Aquicultura (MOE) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE. Fone: (81) 3320 – 6530. E-mail: anajuliafreitas96@hotmail.com

SELECTIVITY OF DREDGE USED FOR CATCHING THE BERBIGÃO (*Anomalocardia flexuosa*) IN NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT

Several studies have been developed for the species *Anomalocardia flexuosa* in the Mangue Seco extractive bank located in the Northeast Region of Brazil, but there are no estimates of the selectivity of a type of dredge known locally as "puçá". The experiments for selectivity estimations were carried out in December 2016 and June 2017 with dredges with mesh sizes of 16 mm and 20 mm. The use of the dredge in Mangue beach is very widespread among the fishermen. The use of the dredge with 16 mm mesh is not recommended in any collection season, with a 20 mm mesh is suggested only in seasons with high densities of individuals larger than 20 mm in length. In seasons with high densities individuals smaller than 20 mm a larger mesh should be used, but its length is uncertain, since the Selection Factor was not a reliable index for mesh size predictions.

Keywords: benthic macrofauna, Veneridae, capture, management

INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre a diversidade biológica é importante para o manejo pesqueiro, e uma das questões básicas para o estabelecimento de medidas de proteção são as iniciativas que incluem o inventário de organismos vivos em uma determinada área (AMARAL e JABLONSKI, 2005). Entre as áreas de grande diversidade se inclui praias arenosas (DEXTER, 1992), onde moluscos são componentes importantes.

Nas praias arenosas, os moluscos apresentam grande diversidade de ciclos de vida (*e.g.* epifauna e infaunal) e hábitos alimentares (*e.g.* filtradores, raspadores), e consequentemente desempenham um papel fundamental na ecologia da macrofauna (JARAMILLO *et al.* 2007). As espécies de moluscos coexistem em mesmo local com muitos casos de sobreposição espacial (BEASLEY *et al.*, 2005; MATTOS e CARDOSO, 2012; CRUZ-NETA e HENRY-SILVA, 2013). No entanto, os bivalves são dominantes em termos de densidade e biomassa na macrofauna de praias abrigadas (MCLACHLAN e BROWN, 2006), afetando a distribuição vertical e estabilidade dos sedimentos (HALL, 1994), os fluxos de nutrientes do sedimento para coluna de água (MICHAUD *et al.* 2006), e a disponibilidade de oxigênio por conta do hábito de escavação (MICHAUD *et al.* 2005).

O bivalve *Anomalocardia flexuosa* ocorre nas Antilhas, em toda a extensão do litoral do Brasil (ABBOTT, 1974), e chega ao Uruguai (RIOS, 1994). No Brasil a espécie é o componente dominante da macrofauna em vários locais (*e.g.* PEZZUTO e ECHTERNACHT, 1999; OLIVEIRA

et al., 2011), porém tem preferência por locais com águas calmas, sobretudo na presença de sedimento arenoso, e principalmente, areno-lodoso, onde pode se enterrar superficialmente no infralitoral raso e nas regiões entre marés (BOEHS *et al.*, 2008). Pode ainda ocorrer em marismas e baixios não vegetados, e com menor frequência em manguezais (SCHAEFFER-NOVELLI, 1980; BOEHS *et al.*, 2004).

A abundância e distribuição espacial da *A. flexuosa* está associada a vários fatores como, por exemplo, salinidade (BARROSO E MATTEWS-CASCONI, 2009), tipo de sedimento (BEASLEY *et al.*, 2005), pluviosidade (OLIVEIRA *et al.*, 2011), predação durante a fase larval (BORZONE *et al.*, 1996, BOEHS, *et al.*, 2004), entre outros. Há também associação com o padrão de distribuição da macrofauna bentônica, inclusive para a *A. flexuosa*, com interações bióticas (e.g. DUGAN *et al.*, 2004; MATTOS e CARDOSO, 2012). Para entendimento das variações das abundâncias da *A. flexuosa* como espécie dominante, é preciso avaliar a interação da mesma com as demais espécies, principalmente com bivalves de hábito alimentar similar, e que podem ser potenciais competidores. Portanto, o objetivo neste trabalho foi de identificar a malacofauna em uma praia arenosa com presença dominante de *A. flexuosa* e avaliar o impacto dos moluscos na distribuição da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e estratos de localização

O banco extrativista da praia de Mangue Seco está localizado no município de Igarassu que dista 30 km da capital Recife. O banco se estende no sentido Sul-Norte, desde a foz do Rio Timbó até a foz Sul do Canal de Santa Cruz, abrangendo uma área de aproximadamente 2,7 km² (Figura 1). A praia tem aproximadamente dois quilômetros de extensão, com águas rasas e pequenas ondas (OLIVEIRA *et al.*, 2014). O sedimento encontrado na praia é arenoso, composto por mais de 90% de areia com predominância de areia grossa (68,7%) ou fina (27,2%) (LAVANDER *et al.*, 2011). A salinidade da água no banco variou de 37 (janeiro) a 25 (junho) e a temperatura máxima foi de 37 °C em dezembro e mínima em fevereiro (28°C) no ano de 2009 (LAVANDER *et al.*, 2011).

Os estratos de localização foram definidos de acordo com o zoneamento proposto por LIMA e ANDRADE (2018) em que foram considerados os efeitos de bordas nos contatos com os corpos de água circundantes e a proximidade da linha de praia. Assim, quatro estratos foram avaliados e denominados de borda mar (bm), borda rio (br), interior costa (ic) e interior mar (im) (Figura 1). As bordas do banco correspondem às regiões mais exposta à ação da água circundante seja ela de origem marinha (bm) ou fluvial (br), e portanto, estão mais sujeitas à influência de ondas e correntes. O estrato ic corresponde a uma zona mais abrigada e menos exposta a ondas e correntezas. O estrato im também é localizado no interior do banco, porém em posição mais intermediária entre a linha da praia e o mar, e deve estar menos exposto que as bordas à influência marinha e fluvial, no entanto mais exposto que a região costeira interna ic.

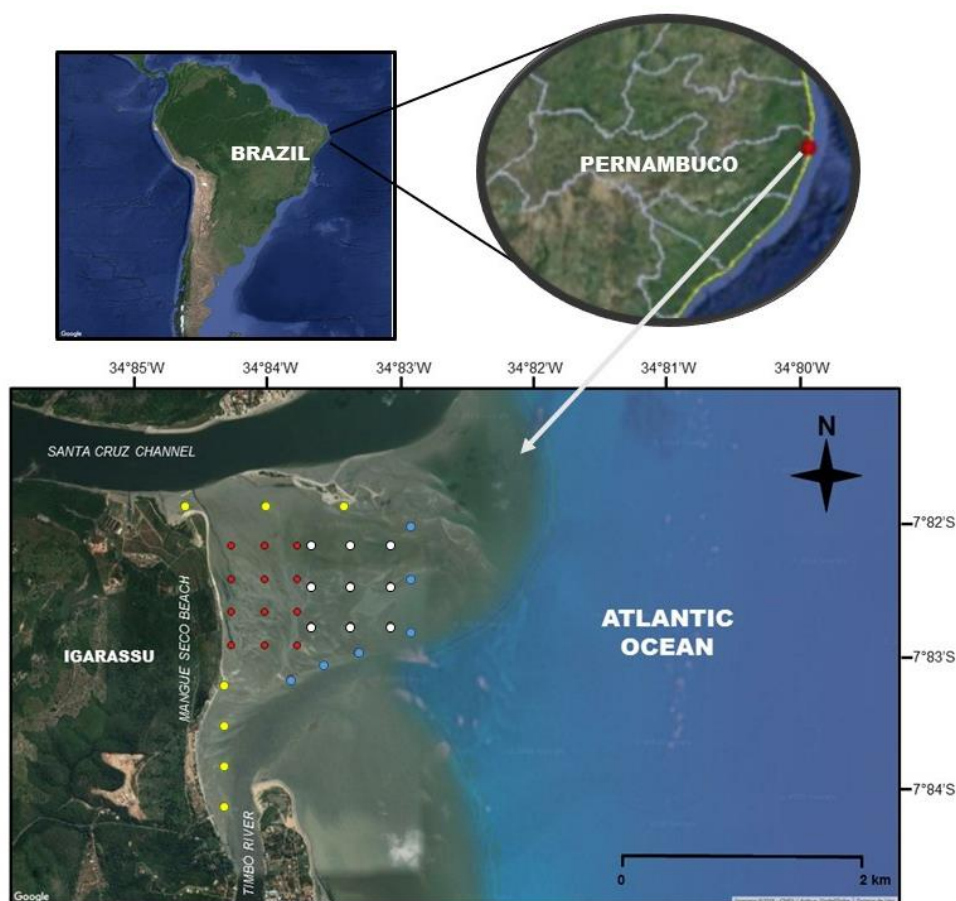


Figura 1. Banco extrativista da praia de Mangue Seco localizado no município de Igarassu (PE) com indicação dos 34 pontos de coleta estratificados em: borda mar (círculos azuis), borda rio (círculos amarelos), interior costa (círculos vermelhos) e interior mar (círculos brancos).

Coleta dos dados

As amostras foram coletadas bimensalmente entre abril 2016 e fevereiro de 2018 em 34 pontos distribuídos ao longo de todo o banco (Figura 1), sendo seis em bm, sete em br, 12 em ic e nove em im. O número de pontos alocados em cada estrato foi dependente do tamanho da área e da variabilidade das densidades da *A. flexuosa* em cada local (LIMA e ANDRADE, 2018). Cada campanha amostral incluiu três dias consecutivos de trabalho em maré baixa de sizígia para que se pudesse cobrir os 34 pontos amostrais. De cada ponto foi extraída uma amostra com um coletor cilíndrico de policloreto de polivinila (PVC) de 19 cm de diâmetro. Em cada ponto amostral o coletor foi introduzido no sedimento até 10 cm de profundidade, e o sedimento junto com os organismos, foi lavado com água e peneirado com malha quadrada de 1 mm entre nós adjacentes. Os materiais coletados, incluindo sedimento e organismos, foram acondicionados em sacos plásticos e levados para o Laboratório, onde foram armazenados em freezer e identificados com ajuda de bibliografia pertinente (e.g. WARMKE e ABBOTT, 1961; RIOS, 1994).

Análise dos dados

As frequências de ocorrência (FO%) das espécies foram calculadas para cada mês de coleta, onde 100% de FO seria a presença nos 34 pontos amostrados. Cálculos de FO também foram estimados para os estratos de localização com o acumulado de todos os meses. As espécies foram classificadas seguindo os valores de FO de acordo com DAJOZ (1983) nas seguintes categorias: espécies constantes – presentes em mais de 50% das amostras; espécies acessórias – presentes em 25 a 50% das amostras e espécies acidentais – presentes em menos de 25% das amostras.

As densidades da *A. flexuosa* foram estimadas nos diferentes meses de coleta e também estratos de localização, assim como os índices de diversidade e densidades dos outros moluscos identificados (agregados todos e agregados somente bivalves) excluindo-se a *A. flexuosa*.

As medidas de diversidade são expressas como um único número, que pode representar abundâncias reduzidas ou elevadas de um conjunto complexo de táxons. Embora não representem a composição total de uma comunidade, permitem dimensionar a riqueza, a igualdade e a diversidade nos diferentes ambientes estudados. Os índices de diversidade estimados foram os de Shannon-Weaver, dominância de Simpson e equitabilidade de Pielou (ZAR, 1984), além da riqueza numérica (número de espécies em cada amostra).

No índice de Shannon-Weaver frequentemente assume-se que os indivíduos são amostrados ao acaso a partir de uma população “indefinidamente grande” e que todas as espécies estão representadas, sendo relativamente independente do tamanho da amostra. A equação é descrita com o logaritmo neperiano:

$$H' = \sum [p_i \times \log(p_i)]$$

em que p_i é a proporção da espécie i no total de indivíduos.

O índice de Simpson exprime a abundância das espécies mais comuns, sendo, conseqüentemente, mais sensível a mudanças que ocorrem neste grupo de espécies em particular. É um índice de dominância e a derivação de seu cálculo está relacionado à probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie:

$$D = \sum (n_i/N)^2$$

onde, n_i é o número de indivíduos da espécie i e N é o número total de indivíduos.

O índice de Pielou expressa o quão igualmente os indivíduos estão distribuídos entre as diferentes espécies:

$$J' = H' / \log K$$

onde, K é o número de espécies.

As medidas de diversidade e densidades estimadas nos diferentes meses e estratos espaciais não seguem a distribuição normal e não apresentam homogeneidade de variâncias. Portanto, optou-se por provas não paramétricas de Kruskal-Wallis (KRUSKAL; WALLIS, 1952) ($\alpha = 0,05$) para análise de diferenças espaço temporais das medidas e densidades. Nos casos de evidência forte de diferenças significativas, procedeu-se com um pós-teste de comparações múltiplas. As correlações entre as densidades da *A. flexuosa* com a os índices de diversidade e densidade dos outros moluscos foram avaliadas com teste de correlação de Spearman ($\alpha = 0,05$) e o coeficiente de determinação foi estimado. Todas as análises foram realizados com o programa R (R CORE TEAM, 2017).

RESULTADOS

No total foram obtidos 4780 indivíduos, sendo 3306 da Classe bivalvia e 1474 da Classe gastropoda. As espécies identificadas são apresentadas na Figura 2, sendo seis bivalves e cinco gastrópodes na seguinte ordem: *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) que pertence à Família Veneridae foi a que teve maior número de indivíduos nas amostras (3218 indivíduos); *Iphigeneia brasiliensis* (Lamarck, 1818) da Família Donacidae (13 indivíduos); *Lucina pectinata* (Gmelin, 1791) da Família Lucinidae (2 indivíduos); *Macoma constricta* (Bruguière, 1792), *Tellina lineata* W. Turton, 1819 e *Tellina versicolor* De Kay, 1843 da Família Tellinidae (5, 20 e 48 indivíduos, respectivamente); *Bulla striata* Bruguière, 1792 da Família Bullidae (1 indivíduo); *Cerithium atratum* (Born, 1778) da Família Cerithiidae (107 indivíduos); *Nassarius polygonatus* (Lamarck, 1822) da Família Nassariidae (18 indivíduos); *Neritina virginea* (Linnaeus, 1758) da Família Neritidae (1079 indivíduos); *Olivella petiolita* (Duclos, 1835) da Família Olividae (269 indivíduos).



Figura 2. Fotos das espécies identificadas no banco extrativista da praia de mangue seco. Bivalves: 1. *Anomalocardia flexuosa*; 2. *Iphigenia brasiliensis*; 3. *Lucina pectinata*; 4. *Macoma constricta*; 5. *Tellina lineata*; 6. *Tellina versicolor*; Gastrópodes: 7. *Bulla striata*; 8. *Cerithium atratum*; 9. *Nassarius polygonatus*; 10. *Neritina Virgenia*; 11. *Olivella petiolita*.

A frequência de ocorrência da *A. flexuosa* foi sempre superior a todos os moluscos ao longo dos meses (Tabela 1). A menor frequência para essa espécie foi em abril de 2016 e as maiores em agosto do mesmo ano e abril de 2017. A espécie foi considerada constante no banco para todos os meses, exceto em abril de 2016 em que foi acessória. As demais espécies de moluscos foram acessórias ou acidentais no banco nos meses avaliados, porém as espécies de gastrópode são mais frequentes do que a de bivalves. Entre os bivalves, com exceção da *A. flexuosa*, a que mais se destacou por ter frequência em todos os meses foi a *T. versicolor*, porém foi classificada como acidental em todos. Na Classe gastropoda destaca-se a presença das espécies *N. polygonatus*, *N. virginea* e *O. petiolita* em todos os meses, sendo que as duas últimas são consideradas acessórias, em seis e nove meses, respectivamente.

Tabela 1. Frequência de ocorrência das espécies identificadas no banco extrativista da praia de Mangue Seco de acordo com as 34 amostras realizadas ao longo dos meses.

Espécie	Mês											
	abr/16	jun/16	ago/16	out/16	dez/16	fev/16	abr/17	jun/17	ago/17	out/17	dez/17	fev/18
<i>A. flexuosa</i>	50.00	70.59	79.41	73.53	64.71	73.53	79.41	76.47	73.53	70.59	67.65	73.53
<i>B. striata</i>	0.00	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>C. atratum</i>	5.88	0.00	0.00	8.82	8.82	8.82	11.76	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94
<i>I. brasiliensis</i>	8.82	2.94	5.88	0.00	5.88	2.94	2.94	5.88	0.00	0.00	2.94	0.00
<i>L. pectinate</i>	0.00	2.94	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>M. constricta</i>	2.94	0.00	0.00	5.88	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	0.00	0.00	0.00
<i>N. polygonatus</i>	2.94	5.88	8.82	5.88	5.88	5.88	2.94	2.94	2.94	2.94	0.00	2.94
<i>N. virginea</i>	17.65	23.53	26.47	32.35	38.24	32.35	41.18	26.47	29.41	17.65	29.41	20.59
<i>O. petiolita</i>	17.65	17.65	20.59	32.35	35.29	29.41	29.41	29.41	26.47	14.71	20.59	20.59
<i>T. lineata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.82	5.88	2.94	2.94	11.76
<i>T. versicolor</i>	5.88	23.53	2.94	2.94	2.94	2.94	5.88	11.76	14.71	11.76	0.00	8.82

Nas regiões do banco a frequência de ocorrência (FO) da *A. flexuosa* também foi sempre superior a todos os outros moluscos (Tabela 2). A frequência para essa espécie foi maior no estrato ic, seguido de im, br e bm, respectivamente. A espécie foi considerada constante em todas as regiões, exceto em bm onde foi acessória. As demais espécies de moluscos foram acessórias ou acidentais nas regiões, com exceção da *N. virginea* no

estrato ic que foi classificada como constante. A maioria das espécies tiveram maior frequência no estrato ic, porém os bivalves *M. constricta* e *I. brasiliensis*, e principalmente o gastrópode *O. petiolita* foram mais frequentes no estrato im. Considerando todos os moluscos, exceto a *A. flexuosa*, a *O. petiolita* foi a que teve maiores valores de FO nas regiões bm e im, enquanto *N. virginea* predominou em br e ic.

Tabela 2. Frequência de ocorrência das espécies identificadas no banco extrativista da praia de Mangue Seco nas amostras realizadas por estrato de localização agregados todos os meses.

Espécie	Região do banco			
	Borda mar (bm)	Borda rio (br)	Interior costa (ic)	Interior mar (im)
<i>A. flexuosa</i>	31.94	65.48	89.58	76.85
<i>B. striata</i>	0.00	0.00	0.69	0.00
<i>C. atratum</i>	1.39	7.14	8.33	0.93
<i>I. brasiliensis</i>	2.78	1.19	3.47	4.63
<i>L. pectinate</i>	0.00	0.00	1.39	0.00
<i>M. constricta</i>	0.00	0.00	1.39	1.85
<i>N. polygonatus</i>	2.78	3.57	5.56	3.70
<i>N. virginea</i>	2.78	20.24	52.08	18.52
<i>O. petiolita</i>	27.78	5.95	15.28	49.07
<i>T. lineata</i>	0.00	4.76	4.86	0.00
<i>T. versicolor</i>	2.78	9.52	13.89	1.85

Nas densidades de *A. flexuosa* ocorreram diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo dos meses e também para as diferentes regiões do banco (Figura 3). As densidades dos meses de junho de 2016 e entre abril e agosto de 2017 foram significativamente maior do que as dos meses de abril e dezembro de 2016 e fevereiro e dezembro de 2017 (Figura 3 A). Nos estratos de localização as densidades em ic foi significativamente maior do que nas demais localizações (Figura 3 B). Os estratos br e im não apresentaram diferença significativas entre si, mas as densidades foram significativamente maior do que em bm.

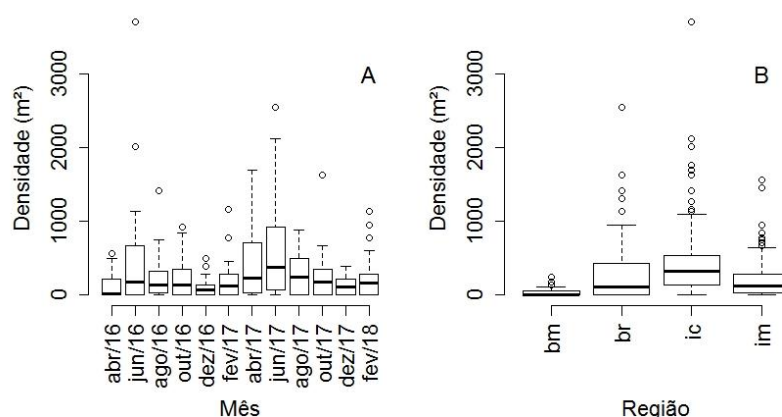


Figura 3. Diagramas de caixas com as densidades de *Anomalocardia flexuosa* no banco extrativista da praia de Mangue Seco ao longo dos meses de coleta (A) e por estrato de localização (B).

Não ocorreram diferenças significativas ($p > 0,05$) ao longo dos meses para todos os índices de diversidade e também para os agregados das densidades de todos os moluscos ou somente bivalves (Figura 4). Todas as medianas para o índice de Shannon (Figura 4 A) foram 0,00 e o máximo foi de 1,39 no mês de junho de 2017. As maiores medianas para o índice de Simpson (Figura 4 B) ocorreram nos meses de abril e junho de 2016 e outubro e dezembro de 2017 (1,00) que também foram os valores máximos. O número de espécies (Figura 4 C) teve maior mediana de 1,00 em sete dos 12 meses de coleta (outubro e dezembro de 2016, entre fevereiro de agosto de 2017 e em fevereiro de 2018), sendo o máximo de 4,00 em junho de 2017. O índice de Pielou (Figura 4 D) teve valores de mediana de 0,00 para todos os meses e máximos de 1,00 também para todos os meses, exceto fevereiro de 2018. A maior mediana da densidade de todos os moluscos agregados (Figura 4 E) ocorreu em junho de 2017 (71 ind.m⁻²) e o valor máximo de 2929 ind.m⁻² também foi no mesmo mês. Considerando apenas as densidades agregadas dos bivalves todas as medianas foram de 0 ind.m⁻² e o máximo foi de 282 ind.m⁻² em fevereiro de 2018.

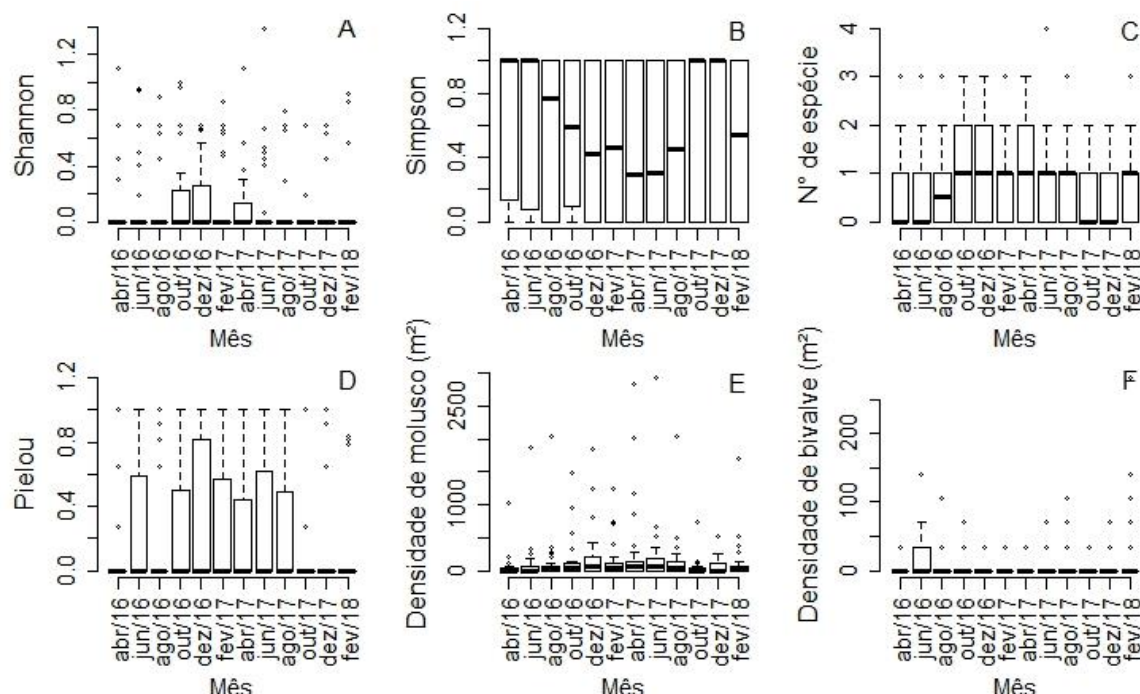


Figura 4. Diagramas de caixas com os índices diversidade de Shannon (A), Simpson (B), Número de espécies (C), Pielou (D), Densidade de moluscos agregados (E), Densidade de bivalves agregados (F) da malacofauna capturada no banco extrativista da praia de Mangue Seco.

Nos estratos de localização ocorreram diferenças significativas ($p < 0,05$) para todos os índices de diversidade e densidades agregadas avaliadas (Figura 5). A mediana da região ic para o índice de Shannon (0,18) foi significativamente maior do que os demais estratos (Figura 5 A). Para o índice de Simpson (Figura 5 B) as medianas (1,00) das regiões de borda (bm e br) foram significativamente maiores que as regiões de interior (ic e im). O número de espécie (Figura 5 C) apresentou padrão oposto ao índice de Simpson com medianas significativamente mais elevadas (1,00) para as regiões de interior (ic e im) do que as bordas (bm e br). A região ic foi a única que diferiu significativamente com todas as outras regiões considerando o índice de Pielou (Figura 5 D), exceto com im. O estrato ic também apresentou diferença significativa em relação aos demais em relação as densidades agregadas de todos os moluscos (Figura 5 E) e também nas densidades de bivalves (Figura 5 F).

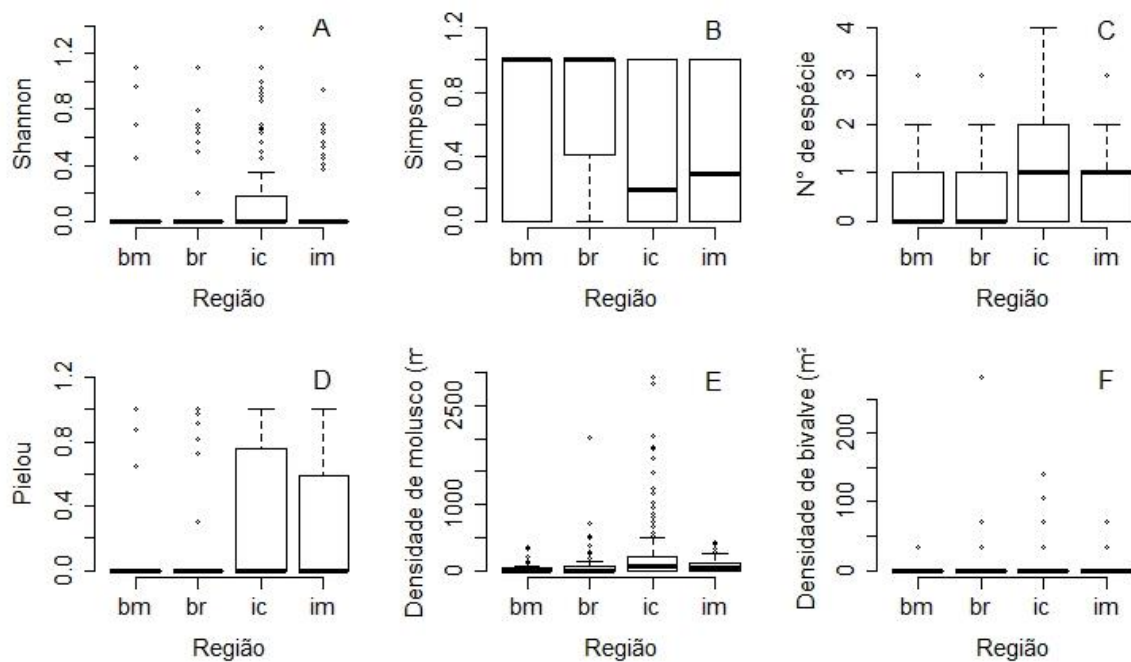


Figura 5. Diagramas de caixas com os índices diversidade de Shannon (A), Simpson (B), Número de espécies (C), Pielou (D), Densidade de moluscos agregados (E), Densidade de bivalves agregados (F) da malacofauna capturada no banco extrativista da praia de Mangue Seco considerando as regiões borda mar (bm), borda rio (br), interior costa (ic) e interior mar (im).

As correlações entre a densidade de *A. flexuosa* com todos os outros fatores analisados foram significativas ($p < 0,05$) (Figura 6). Os maiores coeficientes de determinação ocorreram para as correlações da densidade de *A. flexuosa* com o índice de Pielou (Figura 6 D), número de espécie (Figura 6 C), densidade agregada de moluscos (Figura 6 E), índice de Simpson (Figura 6 B), índice de Shannon (Figura 6 A) e densidade agregada de bivalves (Figura 6 F), respectivamente.

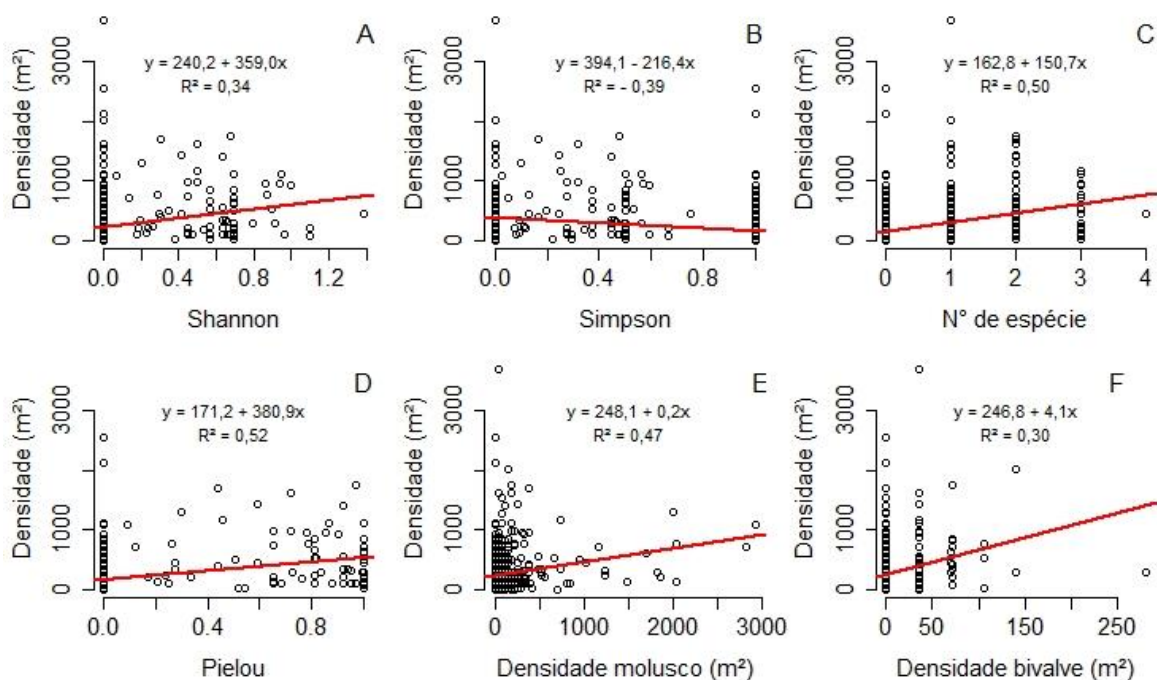


Figura 6. Análise de correlação entre as densidades de *Anomalocardia flexuosa* entre com os índices de Shannon (A), Simpson (B), Número de espécies (C), Pielou (D), Densidade de moluscos agregados (E), Densidade de bivalves agregados (F) no banco extrativista da praia de Mangue Seco.

DISCUSSÃO

O Filo Mollusca é composto por oito Classes (Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, Monoplacophora, Polyplacophora, Scaphopoda, Solenogaster e Caudofoveata), porém apenas as duas primeiras foram identificadas no banco. A Classe gastropoda tem maior diversidade de espécies mundial habitando ambientes marinhos, límnicos e terrestres, porém teve menor quantidade de espécies identificadas em Mangue Seco do que a Classe bivalvia que geralmente corresponde a espécies de maior interesse na atividade de pesca. Além da *A. flexuosa* que é uma das espécies de molusco mais comercializadas e consumidas no Brasil (BOEHS et al., 2010), os

bivalves *I. brasiliensis* e *L. pectinata* são importantes recursos pesqueiros (BEASLEY et al., 2005; SONIA DA SILVA et al., 2010). As conchas desses bivalves também são comercializadas como matéria prima para o zooartesanato, assim como os demais moluscos identificados (ALVES et al., 2006). As espécies comercializadas apenas para artesanato parecem não ser impactadas pela atividade de captura atualmente por uma série de fatores (e.g. baixa demanda, aproveitamento de indivíduos já mortos), porém as consumidas como alimento são mais susceptíveis ao esforço pesqueiro e diminuição das densidades.

A *A. flexuosa* é a espécie mais capturada para comercialização no banco o que poderia afetar sua frequência, porém os valores são superiores a todos os outros moluscos e com distribuição mais extensa no local, mas as outras espécies de bivalve comercializadas para consumo, no entanto, não apresentaram grande amplitude espacial. Na Península de Ajuruteua no Estado do Pará a malacofauna identificada teve praticamente todas as espécies encontradas em Mangue Seco (BEASLEY et al., 2005), porém nas espécies bivalves não há uma discrepância em relação as distribuições durante os meses. Neste local, a quantidade de espécies foi superior as identificadas em Mangue Seco, o que pode sugerir um ambiente de maior dinâmica biótica em termos de moluscos. As distribuições dos indivíduos da macrofauna bentônica são afetadas por interações bióticas, tanto em ambientes físicos estressantes (DUGAN et al., 2004), como em ambientes mais amenos (MATTOS e CARDOSO, 2012), porém, as propriedades físicas dissipativas (e.g. Península de Ajuruteua) podem propiciar maior oferta de alimento do que nas reflexivas (e.g. região bm) para as espécies da macrofauna bentônica (MCLACHLAN et al., 1995; DEFEO et al., 2001). A região ic do banco tem características mais dissipativas por ser uma área abrigada em relação as demais, podendo ser um dos fatores das espécies serem mais frequentes.

Nos meses de coletas as densidades da *A. flexuosa* variaram, assim como nos estratos de localização, porém há ausência de diferença entre os índices de diversidade e as densidades da malacofauna (agregados todos ou só bivalves) ao longo dos meses indicando pouca variabilidade na composição dessas espécies e suas densidades. O banco da praia de Mangue Seco é considerado uma região de grande diversidade (OLIVEIRA et al., 2011), porém é notório entre os moluscos o predomínio de duas espécies, o gastrópode *N. virginea* e o bivalve com maior média de densidade *A. flexuosa*. Na praia de Flexeiras no Sudeste do Brasil este bivalve também tem as maiores densidades com 289 ind.m⁻² em média que são superiores as encontradas para a espécie *Diplodonta punctata* com média de 78 ind.m⁻² (MATTOS e CARDOSO, 2012), e as espécies *T. lineata* e *T. versicolor* que tiveram densidades médias variando entre 5 e 124 ind.m⁻² para a primeira e entre 2 e 37 ind.m⁻² para a segunda (CARDOSO et al., 2015) que são maiores do que as estimadas em Mangue Seco. Além das espécies do gênero *Tellina*, a *L. pectinata*, também é encontrada com densidades médias mais elevadas (aproximadamente 2 ind.m⁻²) em Garapuí na Região Nordeste (RONDINELLI e BARROS, 2010) do que as apresentadas neste trabalho. Há exceções da presença de *A. flexuosa* com altas densidades, mas não como espécie de molusco dominante e trata-se da *N.*

virginea que apresentou maior abundância na praia da Barra na Região Nordeste com densidades variando entre 765 a 7310 ind.m⁻² contra 100 a 1215 ind.m⁻² da *A. flexuosa* (CRUZ-NETA e HENRY-SILVA, 2013). As condições ambientais no banco favoreceram mais as agregações da *A. flexuosa*, mas como espécie dominante esta não deve ser um fator determinante para controlar as densidades de todos os outros moluscos e nem o oposto já que a variação da sua densidade não ocasionou o mesmo nas medidas estimadas para os outros moluscos.

Assim como a distribuição e frequência, a variação na densidade das populações da macrofauna na região entre marés é atribuída a fatores bióticos e abióticos (DEXTER, 1984; BAMBER, 1993), porém em Mangue Seco, além das densidades, as diversidades de moluscos devem ser mais regidas por características abióticas (e.g. físicas e morfodinâmicas). O estrato ic, de maneira geral, apresentou maior diversidade e densidades de moluscos. Este estrato que é o mais abrigado e protegido das ações de ondas e correntezas comparado aos demais parece ter condições mais benéficas principalmente para os gastrópodes identificados e também os bivalves com sifões custos (e.g. *A. brasiliiana*, *I. brasiliensis*) que tendem a não entrar nas camadas mais profundas do substrato e por isso necessitam de locais com pouca suspensão de sedimentos.

As correlações significativas positivas entre as densidades de *A. flexuosa* com as medidas de Shannon-Weaver, número de espécie, Pielou e as densidades agregadas dos outros moluscos, demonstram que de maneira geral há sobreposição dos moluscos, principalmente na região ic do banco. A correlação negativa com índice de Simpson também é um indicativo que a espécie tem preferência por região mais diversificada, pois com o aumento do valor desse índice menor seria a diversidade. Das medidas estimadas para os outros moluscos agregados (diversidades e densidades), a de Pielou foi a que teve maior coeficiente de determinação, ou seja, a uniformidade de distribuição é um fator que pode interferir nas densidades da *A. flexuosa*.

CONCLUSÕES

Há grande sobreposição das espécies de moluscos na praia de Mangue Seco, sendo a região interior costa (ic) a que teve maiores e mais diversificadas agregações. As distribuições e abundância da *A. flexuosa* como espécie dominante não foi afetada pelos demais moluscos e nem o oposto, podendo a associação entre espécies não ser um fator determinante para controlar as densidades e frequência nesta praia arenosa.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, R. T. 1974 American seashell. 2ed. New York, Van Nostrand. 663p.
- ALVES, A.G.C. & SOUZA, R.M. 2000. Etnoecologia de um ambiente estuarino no Nordeste do Brasil: conhecimento dos mariscos (Mollusca: Bivalvia) por mulheres no

Canal de Santa Cruz. In: **Mangrove 2000**, Recife, International Society for Mangrove Ecosystems, 1: 1-8.

AMARAL, A.C.Z. AND S. JABLONSKI. 2005. Conservation of marine and coastal biodiversity in Brazil. *Conservation Biology* 19(3): 625-631.

BAMBER, R.N. Changes in the infauna of a sandy beach of the west coast of south Africa. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 172, p. 93–107, 1993.

BEASLEY, C.R., FERNANDES, C.M., GOMES, C.P., BRITO, B.A., SANTOS, S.M.L., TAGLIARO, C.H., 2005. Molluscan diversity and abundance among coastal habitats of northern Brazil. *Ecotropica* 11, 9–20.

BOEHS, G. & MAGALHÃES, A.R.M. 2004. Simbiontes associados com *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na Ilha de Santa Catarina e região continental adjacente, Santa Catarina, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, Curitiba, 21(4): 865-869.

BOEHS, G.; ABSHER, T.M.; CRUZ-KALED, A.C. 2008 Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*. 34(2): 259-270.

BOEHS, G., VILLALBA, A., CEUTA, L. O., LUZ, J. R. Parasites of three commercially exploited bivalve mollusc species of the estuarine region of the Cachoeira river (Ilhéus, Bahia, Brazil). *Journal of Invertebrate Pathology* 103 (2010) 43–47.

CARDOSO, R. S., GALHARDO, L. M., CABRINI, T. M. N. Population ecology and secondary production of congeneric bivalves on a sheltered beach in Southeastern Brazil. *Journal of Shellfish Research*, 2015, Vol.34(3), p.931(8).

CRUZ-NETA, C.P. e HENRY-SILVA, G.G. Aspectos da dinâmica populacional do gastrópode *Neritina virginea* em região estuarina do Rio Grande do Norte, Brasil. *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, 39(1): 1 – 14, 2013.

DAJOZ, R. 1983. Ecologia geral. Vozes, Petrópolis, 472p.

DEXTER, D.M. Temporal and spatial variability in the community structure of the fauna for four sandy beaches in southeastern New South Wales. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 35, p. 663–672, 1984.

DEXTER D. M. Sandy beach community structure: the role of exposure and latitude. *J Biogeogr* 19:59–66, 1992.

HALL SJ (1994) Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments. *Oceanogr Mar Biol* 32:179–239.

KRUSKAL, W.H. e WALLIS, W.A. 1952 Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47: 583-621.

- LAVANDER, H. D.; CARDOSO JUNIOR, L. O.; OLIVEIRA, R. L.; SILVA NETO, S. R.; GÁLVEZ, A. O.; PEIXOTO, S. R. M. 2011 Biologia reprodutiva da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 6(2): 344-350. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i2a1139>.
- LIMA, S. A. O., ANDRADE, H. A. (no prelo) Zoneamento da área extrativista mais produtiva da *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo. *Biotemas*.
- MATTOS, G.; CARDOSO, R. S. Population dynamics of two suspension-feeding bivalves on a sheltered beach in southeastern Brazil. **Helgoland Marine Research**, Bremerhaven, v. 66, n. 3, p. 393-400, 2012.
- MCLACHLAN A, BROWN AC (2006) The ecology of sandy shores. Elsevier, Amsterdam.
- MICHAUD E, DESROSIERS G, MERMILLOD-BLONDIN F, SUNDBY B, STORA G (2005) The functional group approach to bioturbation: I. The effects of biodiffusers and gallery-diffusers of the *Macoma balthica* community on sediment oxygen uptake. *J Exp Mar Biol Ecol* 326:77–88.
- MICHAUD E, DESROSIERS G, MERMILLOD-BLONDIN F, SUNDBY B, STORA G (2006) The functional group approach to bioturbation: II. The effects of the *Macoma balthica* community on fluxes of nutrients and dissolved organic carbon across the sediment–water interface. *J Exp Mar Biol Ecol* 337:178–189
- OLIVEIRA, I. B.; AMORIM, A.; LAVANDER, H.; PEIXOTO, S.; GÁLVEZ, A. O. Spatial and temporal distribution of the shellfish *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) on Mangue Seco beach, Pernambuco, Brazil. **International Journal of Aquatic Science**, Urmia, v. 2, n. 1, p. 68-79, 2011.
- PEZZUTO, P.R. & ECHTERNACHT, A.M. 1999 Avaliação de impactos da construção da Via Expressa SC-Sul sobre o berbigão *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Pelecypoda) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis, Brasil). *Atlântica*, 21: 105-119.
- R CORE TEAM. 2017 R: A Language and Environment for Statistical Computing. <<https://www.R-project.org/>>.
- RIOS, E.C. Seashells of Brazil. 2.ed. Rio Grande: Fundação da Universidade do Rio Grande, 1994. 492p.
- RONDINELLI, S. F., BARROS, F. Evaluating shellfish gathering (*Lucina pectinata*) in a tropical mangrove system. *Journal of Sea Research* 64 (2010) 401–407.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1980. Análise populacional de *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo. Bolm. Inst. Oceanogr. 29(2): 351-355.

SÔNIA DA SILVA, G., MELLO, R. L. S., NASCIMENTO, A. E., MESSIAS, A. S., ARAÚJO, S. F. S. As atividades pesqueiras artesanais e a relação com a malacofauna no manguezal do Rio Formoso, PE – Brasil. Trabalhos Oceanográficos da UFPE, Recife: n. 28, v. 2, 2000, p. 195-207.

WARMKE, G.L., ABBOTT, R. T. 1961. Caribbean seashells: a guide to the marine mollusks of Puerto Rico and other West Indian islands, Bermuda and the Lower Florida Keys. Livingston Publishing Company, Narberth. 346 pp.

ZAR, J. H., 1984. Biostatistical Analysis. Prentice May, New Jersey. 718p.

5. RENDIMENTO POR RECRUTA PARA O BIVALVE *Anomalocardia flexuosa* EM MANGUE SECO, NORDESTE DO BRASIL

MANUSCRITO

“RENDIMENTO POR RECRUTA PARA O BIVALVE *Anomalocardia flexuosa* EM MANGUE SECO, NORDESTE DO BRASIL”

Manuscrito a ser submetido à revista
Boletim do Instituto de Pesca.

RENDIMENTO POR RECRUTA PARA O BIVALVE *Anomalocardia flexuosa* EM MANGUE SECO, NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

A atividade de extração do bivalve *A. flexuosa* em Mangue Seco vem passando por mudanças importantes quanto ao perfil dos pescadores e à forma de captura. Anteriormente a atividade era exercida predominantemente por mulheres e crianças, porém a participação dos homens tem aumentado e adicionalmente a utilização de um novo petrecho do tipo draga. Já havia relatos de uma tendência de diminuição dos tamanhos dos exemplares capturados em Mangue Seco do bivalve mesmo quando a atividade era desenvolvida predominantemente por mulheres e a extração era realizada com coleta manual. Há hipótese de que esteja ocorrendo sobrepesca de crescimento em Mangue Seco, e o modelo de rendimento por recruta pode ser usado para investigar se há, de fato, ocorrência atualmente. A aplicação desse modelo demanda estimativas de parâmetros de crescimento e de mortalidade natural. Portanto, o objetivo neste trabalho é aumentar o conhecimento sobre a dinâmica populacional da espécie e dos resultados dos impactos proporcionados por pressões pesqueiras em diferentes cenários. As amostragens de *A. flexuosa* foram realizadas bimensalmente entre os meses de abril de 2016 e fevereiro de 2018 em 34 pontos fixos distribuídos ao longo de todo banco. As estimativas de seletividade com dragas de diferentes malhas em Mangue Seco obtidas anteriormente foram consideradas neste trabalho como referência para fins de comparação dos resultados da aplicação do modelo de rendimento por recruta. Na tentativa de maximizar rendimento por recruta podem ser utilizadas alternativas de manejo referentes à mortalidade por pesca e a seletividade do aparelho. No entanto, se percebe que o F estimado para o período estudado (2016-2017) na malha de 16 mm já é relativamente próximo ao F_{max} , porém para malha de 20 mm encontra-se razoavelmente distante. Portanto, verifica-se que na atual situação não há potencialmente sinais de sobrepesca de crescimento, mas o incentivo para incrementos de F com essa seletividade deve ser ponderado.

Palavras-chaves: Praia arenosa, parâmetros populacionais, Veneridae, gestão pesqueira

ABSTRACT

The extraction activity of the *A. flexuosa* bivalve in Mangue Seco has undergone important changes in fisher profile and in the form of capture. Previously the activity was predominantly carried out by women and children, however the participation of the men has increased and additionally the use of a new dredger type pet. There were already reports of a trend of decreasing the size of the specimens captured in Mangue Seco of the bivalve even when the activity was predominantly developed by women and the extraction was performed with manual collection. It is hypothesized that overfishing is occurring in Mangue Seco, and the yield per recruit model can be used to investigate whether there is, in fact, occurrence at present. The application of this model demands estimates of growth parameters and natural mortality. Therefore, the objective of this work is to increase knowledge about the population dynamics of the species and the results of the impacts caused by fishing pressures in different scenarios. The samplings of *A. flexuosa* were performed bi-monthly between April 2016 and February 2018 in 34 fixed points distributed throughout the entire bank. Estimates of selectivity with dredges of different meshes in Mangue Seco obtained previously were considered in this work as reference for purposes of comparison of the results of the application of the yield model per recruit. In an attempt to maximize yield per recruit, management alternatives regarding fishing mortality and selectivity of the apparatus can be used. However, it is observed that the estimated F for the period studied (2016-2017) in the 16 mm mesh is already relatively close to the F_{max} , but for 20 mm mesh it is reasonably distant. Therefore, it is verified that in the current situation there are not potentially signs of growth overfishing, but the incentive for increases with this selectivity should be weighed.

Keywords: Sandy beach, population parameters, Veneridae, fishery management

INTRODUÇÃO

O molusco Veneridae *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) ocorre nas Antilhas e na costa leste das Américas (ABBOTT, 1974). Sua exploração é importante na região costeira brasileira (SILVA-CAVALCANTI e COSTA, 2011), especialmente no banco de Mangue Seco em Pernambuco, principal região produtora no Brasil, e no mundo. As últimas estimativas estatísticas disponíveis das capturas indicaram que o Estado de Pernambuco produzia cerca de 2700 t anuais em média na década de 2000, com registro de um máximo de 4716 t em 2007 (IBAMA/CEPENE 2005; 2006; 2007; IBAMA, 2009).

A atividade de extração da *A. flexuosa* em Mangue Seco vem passando por mudanças importantes quanto ao perfil dos pescadores e à forma de captura. Anteriormente a atividade era exercida predominantemente por mulheres e crianças, porém a participação dos homens tem aumentado. No passado, a maioria da captura de *A. flexuosa* em Mangue Seco era realizada com coleta manual (SILVA-CAVALCANTI e COSTA, 2009), mas a entrada de homens na atividade também ocasionou a utilização de um novo petrecho do tipo draga (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Em consequência disso houve uma mudança na eficiência de captura. A draga é em geral mais eficiente mas sua operação demanda muita força física. A taxa de captura obtida por um homem em um dia de trabalho é em geral maior do que a de uma mulher (SILVA-CAVALCANTI e COSTA, 2009).

Mesmo quando a atividade era desenvolvida predominantemente por mulheres e a extração era realizada com coleta manual, já havia relatos de uma tendência de diminuição dos tamanhos dos exemplares capturados em Mangue Seco (EL-DEIR *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2014). A introdução da draga poderia acelerar a tendência de decaimento do comprimento médio capturado. Nesse sentido é importante mencionar que em outra localidade extrativista, no Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil, a troca do meio de captura pela draga foi apontada como umas das principais causas no aumento significativo da captura de *A. flexuosa*, com reduções expressivas dos comprimentos dos exemplares obtidos, e da abundância do recurso no decorrer do tempo (PEZZUTO *et al.*, 2010, PEZZUTO e SOUZA, 2015).

Frente às mudanças apresentadas em Mangue Seco, e a registros dos efeitos da introdução de dragas em outra localidade, levanta-se a hipótese de que esteja ocorrendo sobrepesca de crescimento em Mangue Seco, principal banco de extração de *A. flexuosa* do Brasil e do mundo. A combinação da seletividade da draga, com a elevação da mortalidade por pesca por conta do aumento da capturabilidade, resultaria em diminuição da expectativa de vida e em desperdício do potencial de crescimento somático.

O modelo de rendimento por recruta (BEVERTON E HOLT, 1957) pode ser usado para investigar se há, de fato, ocorrência de sobrepesca de crescimento atualmente.

A aplicação desse modelo demanda estimativas de parâmetros de crescimento e de mortalidade natural. Embora essas informações existam para *A. flexuosa* de outros bancos extrativistas do Sudeste (e.g. MATTOS e CARDOSO, 2012; CORTE *et al.*, 2015; 2017) e mesmo do Nordeste (RODRIGUES *et al.*, 2013) do Brasil, há lacuna de conhecimento para a região de Mangue Seco. Análises de distribuições de frequência de comprimento para estimar parâmetros de crescimento, que podem por sua vez serem usados para subsidiar estimativas de mortalidade natural. Análises de comprimento podem ainda propiciar o estudo quanto aos períodos de recrutamento a partir da análise das variações temporais das frequências nas classes de tamanho menores. No Sul do Brasil e em alguns locais do Nordeste há registro de desova contínua, porém com intensas variações interanuais que podem estar ligadas ao regime de pluviosidade (RODRIGUES *et al.*, 2013; BOEHS *et al.*, 2008). Estas variações temporais nas desovas poderiam por sua vez resultar em flutuabilidade do recrutamento.

O estudo do recrutamento em Mangue Seco, em conjunto com estimativas de parâmetros de crescimento, de mortalidade natural, e a aplicação do modelo de rendimento por recruta contribui para o processo de tomada de decisão e gestão da pescaria.

Os resultados obtidos para Mangue Seco, que é o principal banco extrativista da espécie no mundo, contribuem não somente para a gestão local do recurso, mas podem também ser comparados a estimativas disponíveis para outros bancos extrativistas localizados em diversas regiões do Brasil, expostos a diferentes regimes climáticos. Amplia-se portanto o entendimento da dinâmica populacional da espécie e dos resultados dos impactos proporcionados por pressões pesqueiras em diferentes cenários.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e coleta dos dados

O banco extrativista da praia de Mangue Seco está localizado no Nordeste do Brasil no Estado de Pernambuco. O banco se estende no sentido sul-norte, desde a foz do Rio Timbó até a foz sul do Canal de Santa Cruz (Figura 1). A praia tem aproximadamente dois quilômetros de extensão no sentido oeste-leste, com águas rasas e pequenas ondas (OLIVEIRA *et al.*, 2014). O sedimento encontrado é arenoso, composto por mais de 90% de areia com predominância de areia grossa (68,7%) ou fina (27,2%) (LAVANDER *et al.*, 2011).

As amostragens de *A. flexuosa* foram realizadas bimensalmente entre os meses de abril de 2016 e fevereiro de 2018 em 34 pontos fixos distribuídos ao longo de todo banco de acordo com a divisão estabelecida por LIMA e ANDRADE (2018). As coletas foram realizadas em período de maré baixa de sizígia com auxílio de um coletor cilíndrico (core) de policloreto de polivinila (PVC) de 19 cm de diâmetro, o qual foi introduzido no sedimento até 10 cm de profundidade. A opção por esse limite foi motivada por relatos de que essa profundidade é o suficiente (e.g. PEZZUTO *et al.*, 2010; CORTE *et al.*, 2015; CORTE *et al.*, 2017), e de que a *A. flexuosa* se enterra geralmente até o máximo de 10 cm (FERREIRA *et al.*, 2015). Após o uso do core o sedimento coletado juntamente com os organismos foi lavado com água e peneirado com malha quadrada de 1 mm entre nós adjacentes. No laboratório todos os exemplares foram medidos em seu comprimento de concha anteroposterior com auxílio de paquímetro de 0,02 mm de precisão.

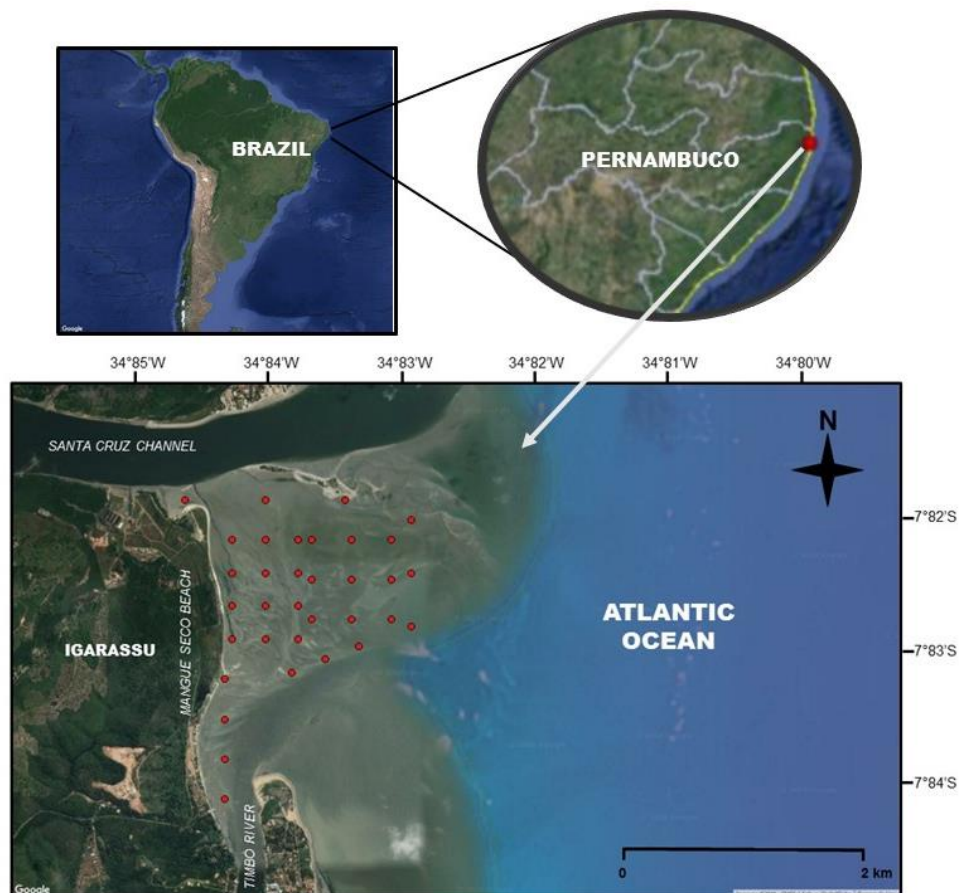


Figura 1. Banco extrativista da praia de Mangue Seco localizado no município de Igarassu (PE). Pontos em vermelho são os locais com as coordenadas fixas coletadas entre abril de 2016 e fevereiro de 2018.

Análise dos dados

As variações temporais do recrutamento foram investigadas a partir da análise das distribuições de frequência. Uma alternativa para quantificar o recrutamento para a pesca é contabilizar o número de exemplares que atinge a idade (t_r) ou o comprimento (L_r) de primeiro recrutamento em determinado intervalo de tempo (Sparre e Venema, 1997). Neste trabalho, optou-se por um conceito similar e foram considerados como recrutas para a pesca exemplares com concha de comprimento entre 10 e 14 mm, visto que estes são usualmente os menores exemplares a aparecerem nas capturas comerciais (LIMA, em preparação). Estimativas das densidades médias de recrutas (ind.m²) foram calculadas levando em conta os valores agregados dos 34 pontos de coletas em cada mês.

Para análise da relação entre as densidades e a incidência de chuvas foram calculados os seguintes índices: pluviometria acumulada no mês de realização da coleta; no mês de coleta e no mês anterior; e no mês de coleta e nos dois meses anteriores. As estimativas de pluviosidade para os cálculos destes índices foram extraídas das informações disponibilizadas pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) para a estação meteorológica da Ilha de Itamaracá. Calculadas as densidades e os índices pluviométricos, foram realizados então testes de correlação de Spearman ($\alpha=0,05$).

Para estimar os parâmetros de crescimento foi utilizado um método de análise de progressão modal baseado em dados de comprimento. Para tanto se fez uso de um algoritmo genérico (SCRUCCA, 2013) com auxílio do programa R (R CORE TEAM, 2017), e do pacote TropFishR (MILDENBERGER *et al.*, 2018). O crescimento foi modelado de acordo com o modelo de von Bertalanffy, com oscilações estacionárias conforme descrito por SOMERS (1988):

$$L_t = L_\infty (1 - \exp(-(K(t - t_0) + S(t))))$$

onde L_t é o comprimento na idade t , L_∞ é o comprimento assintótico, K é o coeficiente de crescimento, t é a idade do indivíduo, t_0 é o valor da idade associado ao comprimento zero que neste trabalho foi considerado o valor 0. $S(t) = (CK/2\pi)\sin 2\pi(t - t_s)$, C é um valor entre 0 e 1 que indica a amplitude de oscilação. A ausência de sazonalidade é marcada por $C=0$, enquanto que maiores valores de C implicam em sazonalidades mais acentuadas. O valor de t_s é também entre 0 e 1 e indica a fração do ano onde o crescimento é mais pronunciado, enquanto que $t_s + 0,5$ indica a fração do ano de menor crescimento.

O índice de desempenho de crescimento (ϕ') de PAULY e MUNRO (1984) é uma relação entre o comprimento assintótico e o coeficiente de crescimento

$\phi' = \log_{10}(K) + 2\log_{10}(L_{\infty})$, que de fato são parâmetros de elevada correlação. O valor ϕ' facilita a realização de comparações com estimativas de parâmetros de crescimento para a espécie em outras localidades. A longevidade foi estimada a partir de uma relação entre essa grandeza e as estimativas de parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy. Assumiu-se que a longevidade é a idade em que os exemplares em média alcançam tamanho equivalente a 99% do comprimento assintótico (SPARRE e VENEMA, 1998). Esta mesma abordagem foi também utilizada em outras análises com *A. flexuosa* (e.g. MATTOS e CARDOSO, 2012; CORTE *et al.*, 2015, CORTE *et al.*, 2017).

A mortalidade natural (M) foi estimada de acordo com o método proposto por HOENIG (1983) para moluscos: $M = \exp(1,23 - 0,832 \times \log(t_{\max}))$. A mortalidade total (Z) com o uso da curva de captura linearizada baseada em dados de comprimento, de acordo com PAULY (1983): mortalidade total foi estimada com a distribuição de frequência de comprimento na função de crescimento de von Bertalanffy para curvas de captura para intervalos de idade (PAULY, 1983): $\ln C_a(t, t + \Delta t / \Delta t) = c - Z \times (t + \Delta t / 2)$, onde c é o número capturado, Z é o coeficiente de mortalidade total, t a idade e Δt período de tempo considerado. A mortalidade por pesca F consistiu em $F = Z - M$ e a taxa de exploração em $E = F / Z$.

O modelo de rendimento por recruta (Y/R) de BEVERTON e HOLT (1957):

$$\frac{Y}{R} = F \cdot \exp[-M \cdot (T_c - T_r)] \cdot P_{\infty} \cdot \left[\frac{1}{Z} - \frac{3U}{Z+k} + \frac{3U^2}{Z+2k} - \frac{U^3}{Z+3k} \right]$$

foi utilizado para avaliar a pesca em Mangue Seco. Nessa formulação

$U = \exp[-k(T_c - t_0)]$, T_c é a idade de primeira captura, T_r é a idade de recrutamento e P_{∞} é a assíntota do peso que foi obtida com o ajuste de um modelo potencial $P = aL^b$ em que P é o peso total (g), L é o comprimento anteroposterior da concha e a e b são parâmetros a serem estimados. Após o ajuste o L da expressão acima foi substituído por L_{∞} para o cálculo de P_{∞} . Para estimar T_r se calculou a idade correspondente a um tamanho de 12 mm, já que como foi mencionado mais acima, se estima a partir das análises das distribuições de frequência que o comprimento de recrutamento para a pesca está entre 12 e 14 mm.

As estimativas de seletividade com dragas de diferentes malhas em Mangue Seco obtidas por LIMA e ANDRADE (2018) foram consideradas neste trabalho como referência para fins de comparação dos resultados da aplicação do modelo de rendimento por recruta. Para uma rede com malha de 16 mm entre nós opostos os autores mencionados acima estimaram que os comprimentos de 13,64 e 14,53 mm correspondem aos tamanhos

para os quais se estima 50% de retenção e 75% de retenção. Já para uma malha maior de 20 mm entre nós opostos, se estimou que os tamanhos para essas proporções retidas seriam 16,46 e 17,35 mm. Os quatro valores mencionados acima foram particularmente considerados como comprimentos de primeira captura (L_c). A conversão destes comprimentos para as idades pela inversa da equação de von Bertalanffy corresponderiam então a potenciais estimativas de idade de primeira captura (T_c). Foram consideradas as referências acima mas foram realizadas simulações com outros valores. Diferentes combinações de valores de T_c e F foram usadas para cálculo das soluções correspondentes de Y/R . Foram calculados alguns pontos referenciais como a mortalidade por pesca correspondente ao máximo Y/R (F_{max}), mortalidade por pesca no ponto de tangência entre a curva de e uma reta com ângulo equivalente a 0,1 do ângulo inicial ($F_{0.1}$).

RESULTADOS

A distribuição de frequência do comprimento para todas as amostras agregadas apresenta assimetria e mais de um grupo modal (Figura 1). De maneira geral, entre os exemplares de menor tamanho as classes de comprimento incluídas 6.00 e 8.00 mm, e classes com indivíduos maiores estão entre 18.00 e 20.00 mm. Durante o período analisado 3195 exemplares foram coletados com comprimento mínimo de 2,48 mm e máximo de 33,48 mm. No entanto verifica-se frequência muito baixa de exemplares com comprimento de concha inferior a 5 mm ou superior a 27 mm. O número de recrutas para a pesca na amostra, estimado como sendo o número de indivíduos entre 10 e 14 mm, foi de 450.

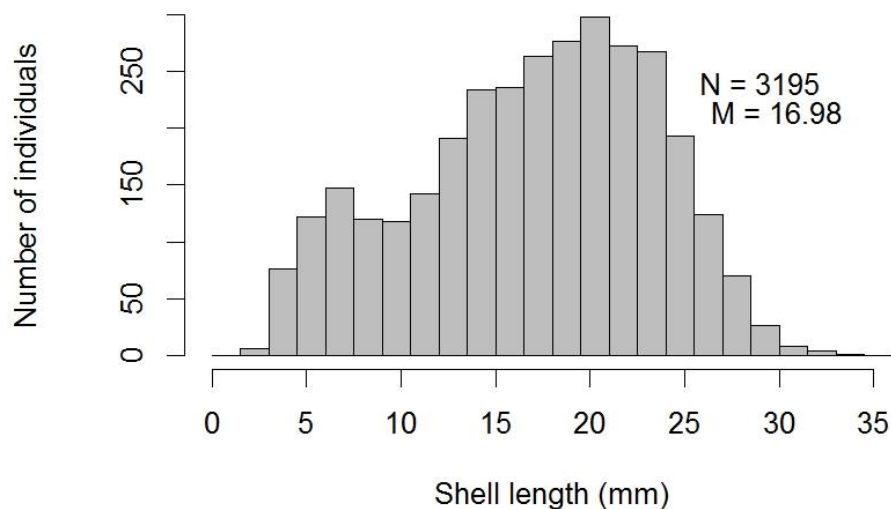


Figura 2. Distribuição da frequência de comprimento dos exemplares de *Anomalocardia flexuosa* em Mangue Seco para todos os meses agregados. O número de exemplares é indicado com N, enquanto que a média do comprimento anteroposterior é representada por M.

As distribuições de frequência para os meses separados em muitos casos não apresentaram moda única (Figura 3). O número de indivíduos obtidos foi maior nos meses de junho de 2016 e abril e junho de 2017. Note que há um grande pulso de entrada de exemplares nas amostras no período de abril a junho em diversas classes de comprimento. As maiores médias de comprimento de concha foram encontradas nos meses de outubro de 2016 e dezembro de 2017, e as menores nos meses de abril de 2017 e fevereiro de 2018. Mesmo por simples inspeção visual verifica-se ainda clara progressão modal pelo menos entre junho e dezembro de 2016, e entre abril e agosto de 2017.

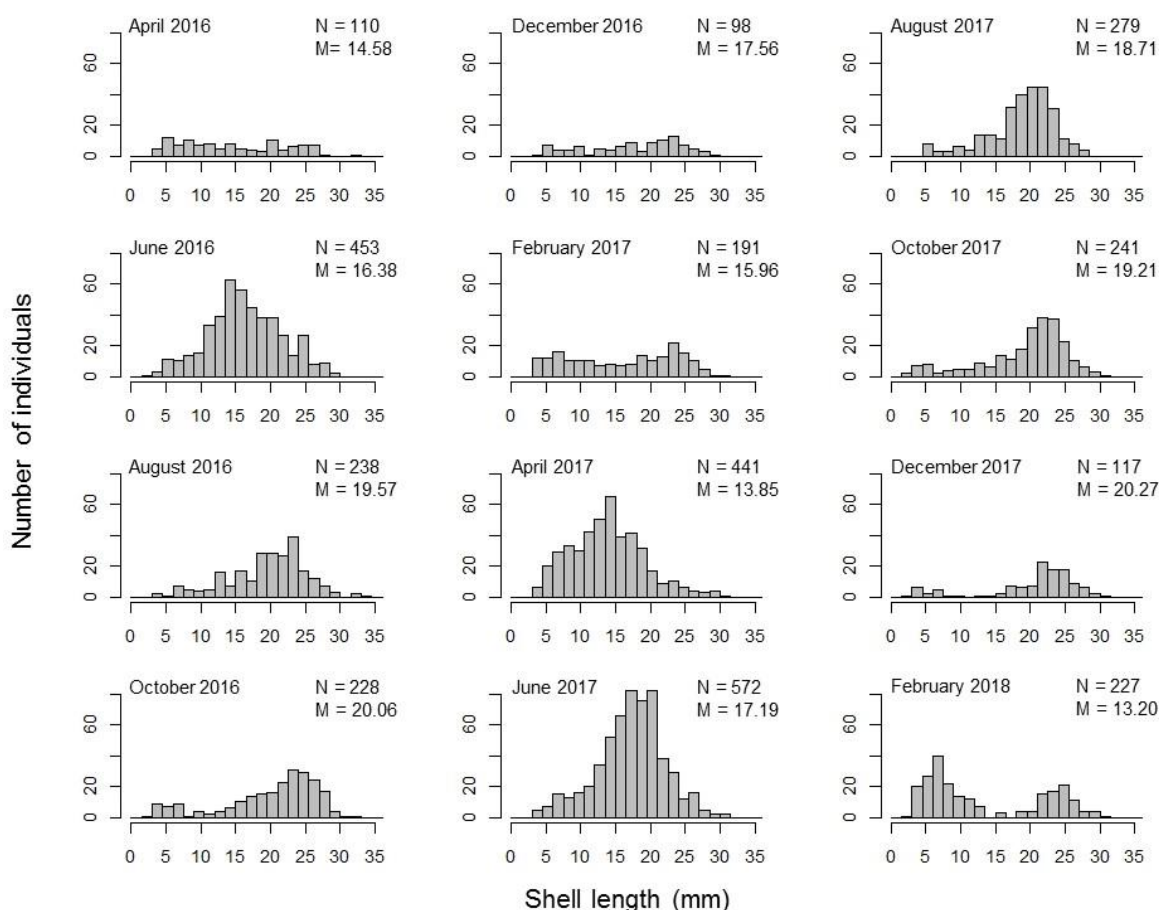


Figura 3. Distribuições da frequência de comprimento dos exemplares de *Anomalocardia flexuosa* em Mangue Seco nas amostras bimensais realizadas entre abril de 2016 e fevereiro de 2018.

Ao estimar as densidades de recrutas (exemplares com concha de comprimento especificamente entre 10 mm e 14 mm) verifica-se clara sazonalidade com pico no período de abril-junho, que reforça a percepção de recrutamento mais acentuado nestes meses que também coincide com pluviosidades elevadas no local (Figura 4).

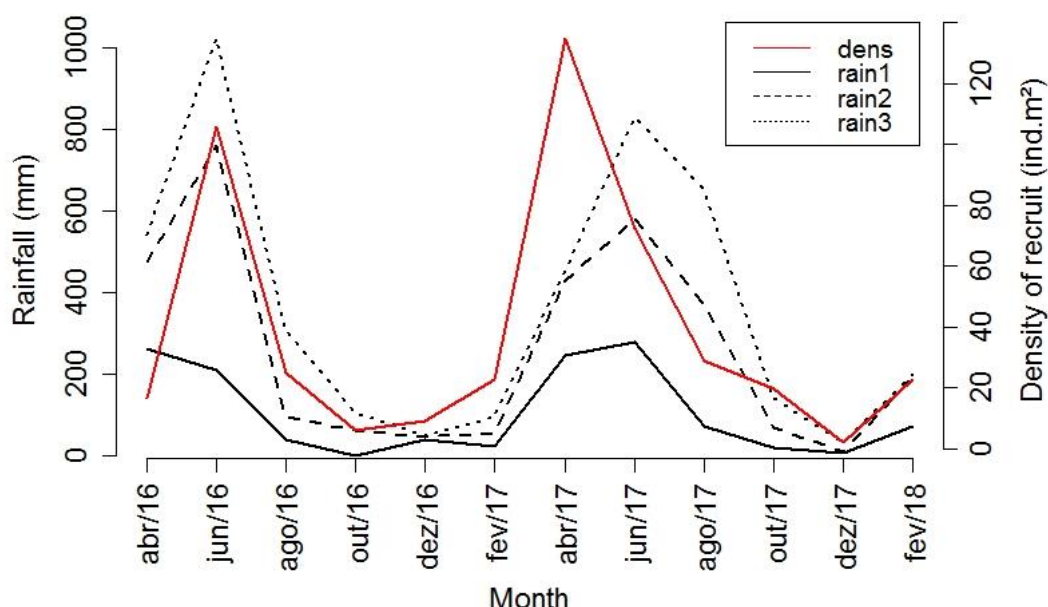


Figura 4. Densidades de recrutas de *Anomalocardia flexuosa* em Mangue Seco nas amostras bimensais realizadas entre abril de 2016 e fevereiro de 2018 e a pluviosidade acumulada no mês de realização da coleta (rain 1); no mês de coleta e no mês anterior (rain 2); e no mês de coleta e nos dois meses anteriores (rain3).

Todas as estimativas nas análises de correlações lineares entre a densidade média de recrutas e os três índices de pluviosidade considerados indicaram que há associação positiva significativa entre as variáveis ($p < 0.05$) (Figura 5). A maior correlação aparece quando se compara o recrutamento com a pluviosidade acumulada no período entre o mês de coleta e os dois meses anteriores (Figura 4 C). Isto é um indicativo de que a pluviosidade de meses anteriores tem associação com o recrutamento observado em meses futuros.

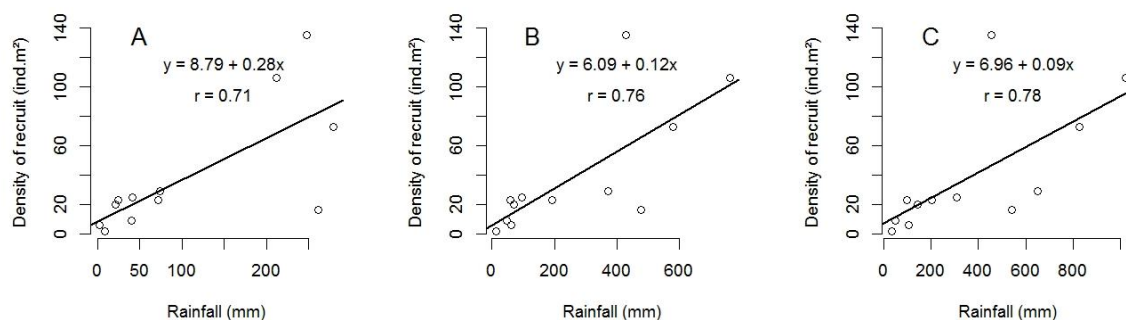


Figura 5. Correlações entre a densidade média de recrutas (10 a 14 mm) ao longo das coletas realizadas bimensalmente entre abril de 2016 e fevereiro de 2018 com a pluviosidade considerada em: (A) acumulada do mesmo mês de coleta; (B) do mesmo mês de coleta e do mês anterior; (C) acumulada do mesmo mês de coleta e de dois meses anteriores.

A reestruturação dos dados de comprimento e a análise de progressão modal mostra que geralmente duas ou três coortes estão presentes e susceptíveis à pesca no banco de extrativista de Mangue Seco (Figura 6). Note que as linhas sólidas que representam a curva de crescimento estimada sobreposta às diferentes coortes indica que os parâmetros de crescimento foram calculados essencialmente com base nos dados disponíveis caracterizados por frequências de comprimentos em geral entre 5 e 27 mm. É portanto importante mencionar que as projeções da curva para fora desses limites de comprimento, tem fim meramente ilustrativo e não correspondem necessariamente à curva de crescimento para os extremos fora do domínio de comprimento.

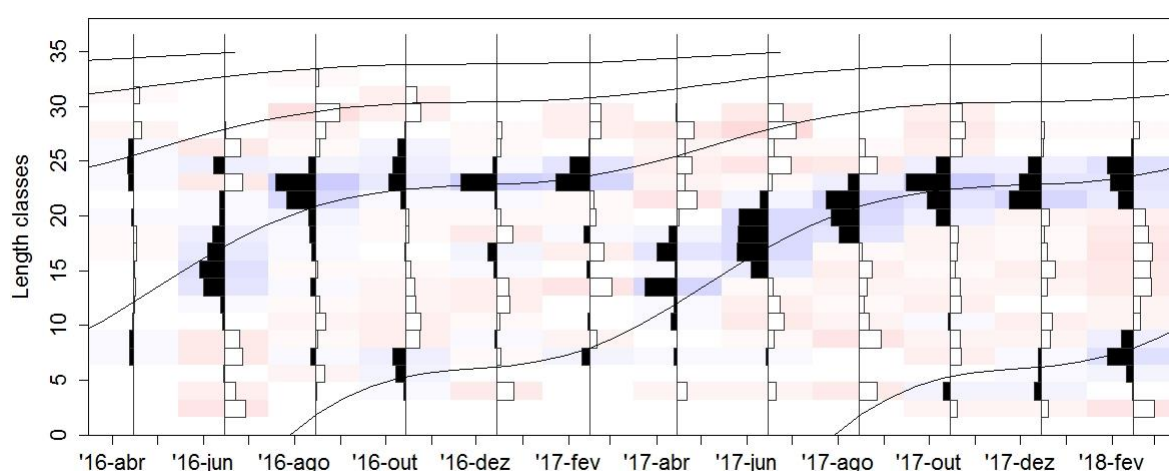


Figura 6. Dados de frequência de comprimento reestruturados e curva de crescimento.

Os parâmetros de crescimento estimados são apresentados na Figura 7 com valores de $L_{\infty} = 36.73$ mm, $K = 0.79$ ano⁻¹. Os exemplares mais frequentes nas amostras são os de comprimento entre 5 e 27 mm, e teriam, portanto, idades média de cerca de 0,25 anos (3 meses) a pouco mais de 2,00 anos. Torna-se mais evidente como mencionado acima que há presença em geral de duas a três geração no banco extrativista. Os parâmetros referentes à sazonalidade do crescimento (C e t_s) indicam que ocorre um sinal de sazonalidade acentuado com períodos de maiores e menores taxas de crescimento alternadas, e que o período de maior crescimento se dá na fração de aproximadamente 0,41 de um ano (12 meses) após os indivíduos completarem um ano. A estimativa da longevidade como sendo a idade média de exemplares com comprimento equivalente a 0,99 vezes a assíntota do modelo crescimento (L_{∞}) foi de 2,13 anos.

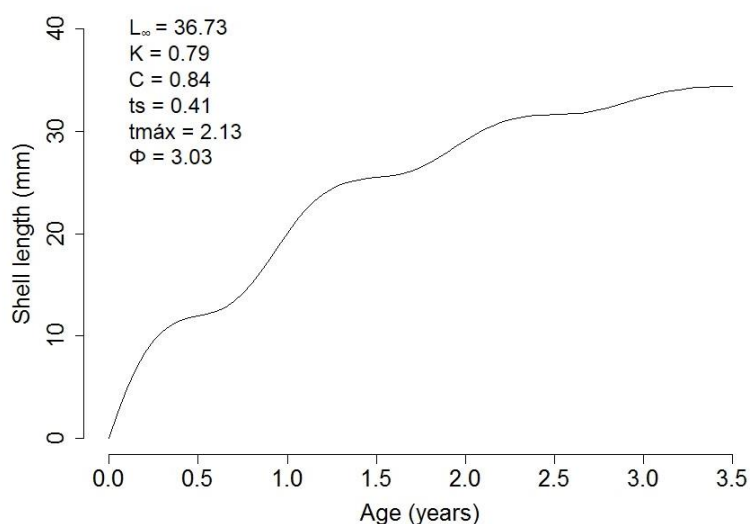


Figura 7. Curva de crescimento estimada para *Anomalocardia flexuosa* com parâmetros de: comprimento assintótico (L_{∞}); coeficiente de crescimento (K); constante para a amplitude de oscilação sazonal (C); ponto inicial da oscilação sazonal (t_s); índice padrão de crescimento (Φ).

Os valores do intercepto (a) e do coeficiente angular (b) para relação entre o peso e o comprimento de concha foram de 0,0002 e 3,18, respectivamente. Verifica-se portanto que coeficiente de alometria é próximo a 3, sendo valor um razoável para o desenvolvimento do tradicional modelo de rendimento por recruta.

A estimativa do coeficiente de mortalidade total calculada com a agregação dos dados obtidos ao longo do período amostral foi de $Z = 3,76$ ano⁻¹. Essa estimativa foi calculada para exemplares com idade entre 1 a um pouco mais de 2 anos (Figura 8). A

mortalidade natural foi estimada em $M = 1,82 \text{ ano}^{-1}$, e pela diferença $Z-M$ se estimou $F = 1,94 \text{ ano}^{-1}$. A taxa de exploração é então estimada em $E = 0.52 \text{ ano}^{-1}$.

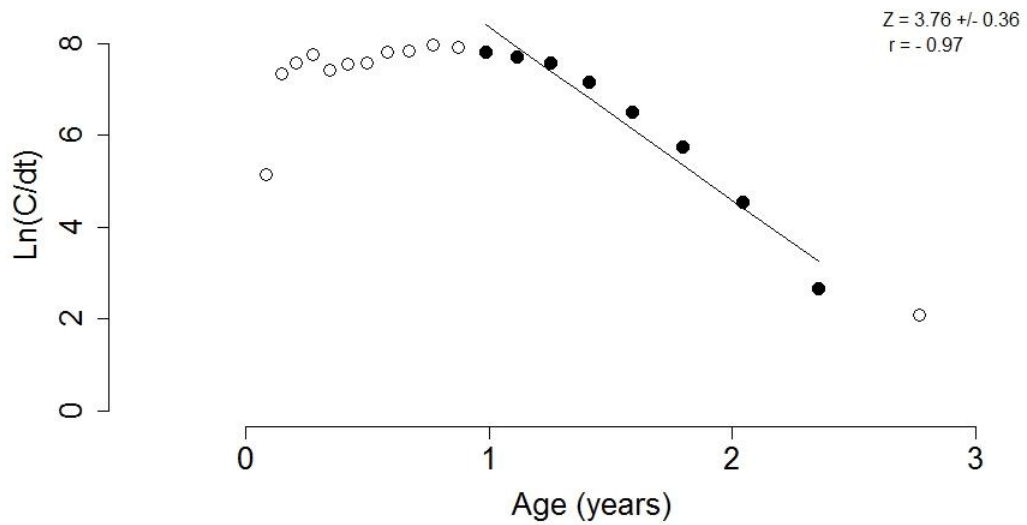


Figura 8. Estimativa de mortalidade total (Z) com base na curva de captura linearizada calculada com base em comprimento e nas estimativas dos parâmetros do modelo de crescimento de von Bertalanffy.

Nas estimativas do modelo de Y/R os valores são apresentados em gramas por recruta. No primeiro referencial que considera a malha de 16 mm ($tc1 = 0,59$) os valores da mortalidade por pesca $F_{0.1}$ e F_{max} foram de 2,3 e 3,1, respectivamente (Figura 9 A), enquanto que para o segundo referencial com malha de 20 mm ($tc2 = 0,75$) os mesmos referenciais apresentaram valores de 3,7 e 4,0, respectivamente (Figura 9 B).

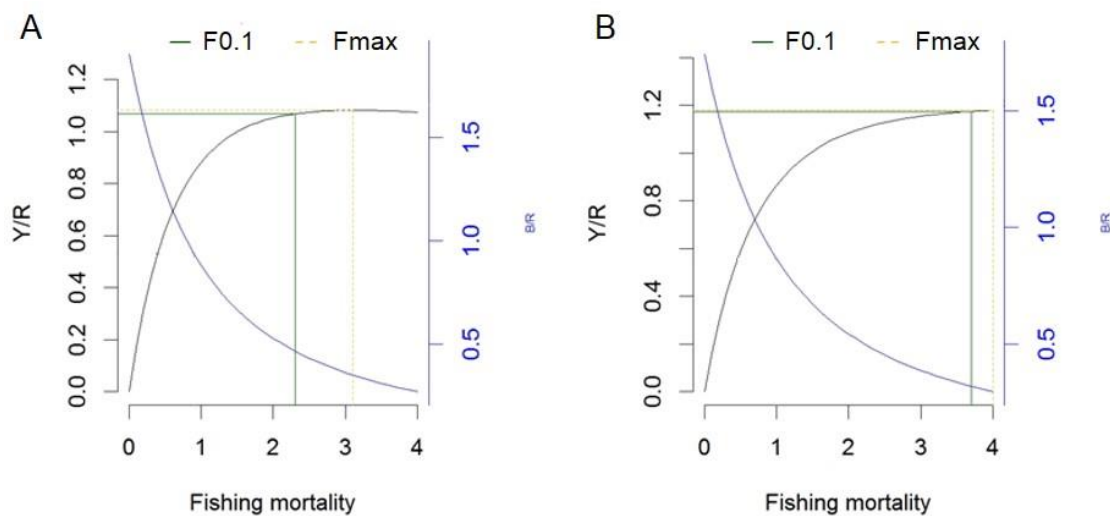


Figura 9. Estimativas de rendimento por recruta Y/R para *Anomalocardia flexuosa* com tc variável de acordo com o tamanho de primeira captura para Mangue Seco: (A) $tc1=0,59$; (B) $tc2=0,75$.

Nos contornos com os valores de rendimento por recruta para diferentes mortalidades por pesca e comprimentos, e considerando as estimativas da malha 16 mm (Figura 10 A), o rendimento por recruta é maximizado para indivíduos de aproximadamente 15.00 mm, sendo o mesmo valor também para a malha de 20 mm (Figura 10 B). O melhor Y/R para ambas também ocorre em relação a mortalidade por pesca, em que o melhor rendimento é com aproximadamente 1.30 ano^{-1} .

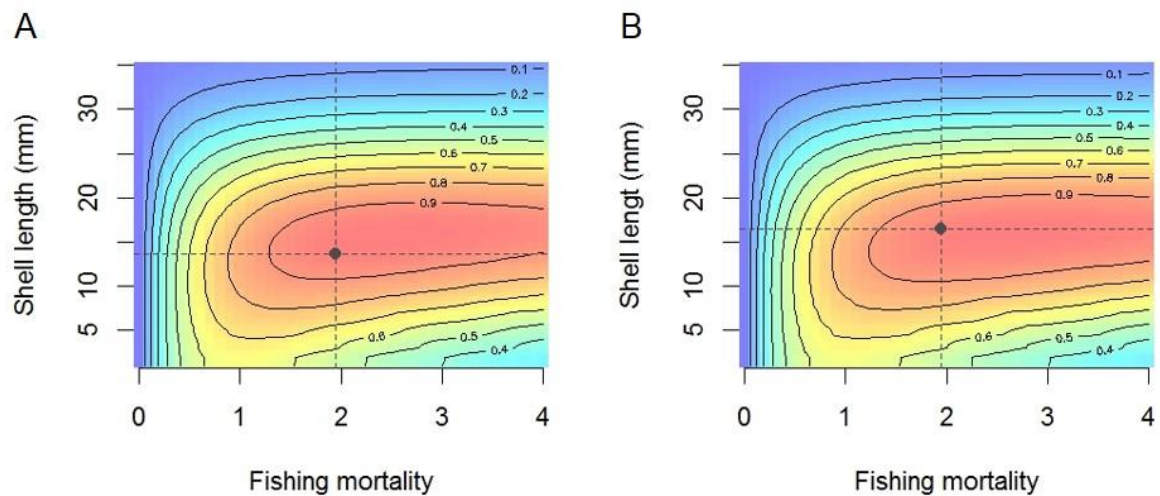


Figura 10. Contornos de valores de Y/R para *Anomalocardia flexuosa* em Mangue Seco com comprimento (L_c) e mortalidade por pesca (F) variáveis para as estimativas da malha 16 mm (A) e da malha 20 mm (B). Pontos nos painéis indicam F atual estimado.

Nos contornos com os valores de rendimento por recruta para diferentes mortalidades por pesca e comprimentos sem levar em conta as curvas de seleção e assumindo seletividade simples do tipo “borda de faca” (Figura 11) os maiores valores de Y/R são alcançados com comprimentos entre 15 e 20 mm e mortalidade por pesca de aproximadamente 2.00 ano^{-1} .

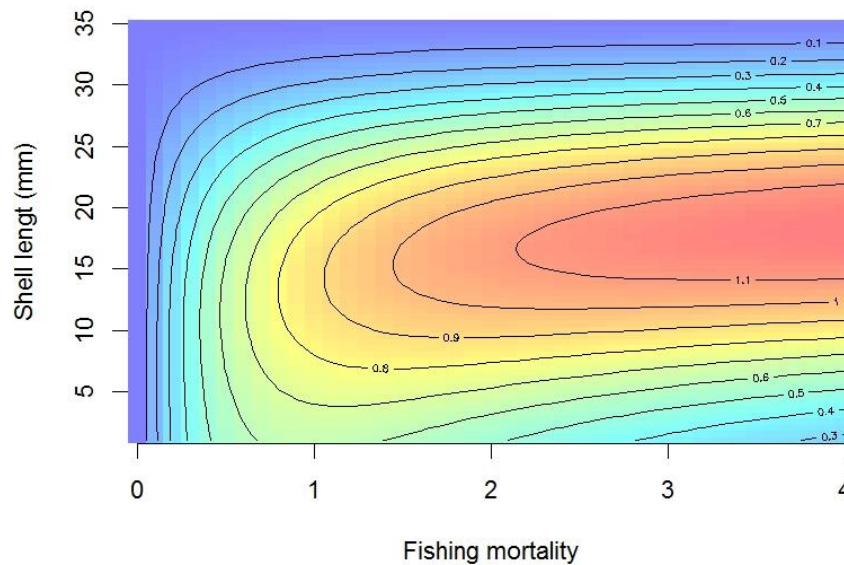


Figura 11. Contornos de valores de Y/R para *Anomalocardia flexuosa* em Mangue Seco com comprimento (L_e) e mortalidade por pesca (F) variáveis.

DISCUSSÃO

Há recrutamento para a pesca durante todo o ano em Mangue Seco. Padrões similares foram também verificados para a *A. flexuosa* em vários outros locais (e.g. BOEHS *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2013). No entanto, em Mangue Seco observa-se a existência de pulsos de recrutamento com picos no período abril-junho, demarcando forte sazonalidade do fenômeno. Os meses de maior recrutamento estão incluídos no período mais chuvoso. Este resultado é concordante com a sugestão de LAVANDER *et al.* (2011) de que a dinâmica populacional da espécie apresenta alguma sincronia com o período de chuvas, e de fato, a pluviometria elevada parece ser um fator positivo quando se considera o quantitativo de recrutas em Mangue Seco.

A praia de Mangue Seco fica em uma zona propícia para o desenvolvimento da *A. flexuosa*, pois tem águas calmas (OLIVEIRA *et al.*, 2014) que é uma das preferências da espécie (NARCHI, 1974), assim como a salinidade que teve mínima e máxima de 25 e 34, respectivamente (LAVANDER *et al.*, 2011) ficam dentro dos limites de tolerância que é de 17 a 42 (LEONEL *et al.*, 1983). Outro fator também importante para o desenvolvimento da espécie no local é a disponibilidade de matéria orgânica que pode ter um efeito ainda mais pronunciado do que temperatura e salinidade (BELÉM *et al.*, 2013). Em Mangue Seco o fornecimento de matéria orgânica deve ser elevado ao longo de todo o ano, pois o banco de areia está localizado entre a foz do Canal de Santa Cruz que é o maior complexo estuarino

de Pernambuco (MOURA, 2009) e a foz do rio Timbó (CABRAL *et al.*, 2006). Os dois corpos de água são ricos em matéria orgânica e se caracterizam com ecossistema bastante produtivos sustentando inclusive pescarias importantes. Assim, a ausência de importantes fatores limitantes para a espécie na em Mangue Seco propicia densidades elevadas e recrutamentos contínuos e particularmente intensos em alguns períodos do ano.

Ha estimativas dos parâmetros de crescimento da *A. flexuosa* disponíveis para diferentes localidades (Tabela 1). Verifica-se que este índice de desempenho de crescimento para Mangue Seco é similar aos estimados para a Praia de Flexeiras no o Rio de Janeiro (MATTOS e CARDOSO, 2012), e para a Praia da Cidade em São Paulo (Corte *et al.*, 2015). No entanto, valores menores também foram encontrado em outras localidades, especialmente com respeito a Praias do Rio Grande do Norte (Rodrigues *et al.*, 2013).

Tabela 1. Sumário das estimativas de parâmetros de modelos de dinâmica populacional disponíveis na literatura para *Anomalocardia flexuosa*. Na tabela as abreviações correspondem: Lat – Latitude, Linf – comprimento assintótico, K - coeficiente de crescimento C - constante para a amplitude de oscilação sazonal, ponto inicial da oscilação sazonal, Φ' – coeficiente de crescimento, $t_{máx}$ – longevidade, Z - coeficiente de mortalidade total, M – mortalidade natural, F – mortalidade por pesca.

Estado	Local	Lat	Linf	K	C	Φ'	$t_{máx}$	Z	M	F	Fonte
Rio Grande do Norte	Praia de Pernambuco	04°55'S	28,68	0,61		2,70					Rodrigues <i>et al.</i> (2013)
Rio Grande do Norte	Praia da Barra	04°55'S	29,87	0,48		2,63					Rodrigues <i>et al.</i> (2013)
Pernambuco	Praia de Mangue Seco	07°83'S	36,74	0,79	0,84	3,02	2,13	3,76	1,82	1,94	Este estudo
Rio de Janeiro	Praia de Flexeiras	22°56'S	37,62	0,71	0,85	3,00	2,64	3,17	1,53	1,64	Mattos e Cardoso (2012)
São Paulo	Praia da Cidade	23°37'S	42,47	0,56	0,34	3,00	3,34	1,54	1,25	0,29	Corte <i>et al.</i> (2015)
São Paulo	Baia do Araçá	23°30'S	46,03	0,37	0,29	2,89	3,41		1,23		Corte <i>et al.</i> (2017)

A mortalidade total estimada para *A. flexuosa* em Mangue Seco ($3,76 \text{ ano}^{-1}$) foi relativamente maior do que em Flexeiras (MATTOS e CARDOSO, 2012), e substancialmente maior que a estimada para Praia da Cidade (CORTE *et al.*, 2015). Nesta última localidade não ocorre atividade intensa de captura, e portanto a estimativa de F relativamente baixa que reflete também em um Z baixo. No caso da mortalidade natural (M) o banco de Mangue Seco teve um maior valor na estimativa, seguido de Flexeiras no Rio de Janeiro. Já em São Paulo as estimativas são relativamente menores. Uma combinação do aumento do metabolismo com temperaturas mais elevadas comuns em

áreas tropicais (DEFEO e CARDOSO, 2004) poderia levar a maiores valores de mortalidade natural.

Na tentativa de maximizar rendimento por recruta podem ser utilizadas alternativas de manejo referentes à mortalidade por pesca e a seletividade do aparelho. No entanto, se percebe que o F estimado para o período estudado (2016-2017) na malha de 16 mm já é relativamente próximo ao F_{max} , porém para malha de 20 mm encontra-se razoavelmente distante. Portanto, verifica-se que na atual situação não há potencialmente sinais de sobrepesca de crescimento, mas o incentivo para incrementos de F com essa seletividade deve ser ponderado, pois na atual situação, o aumento de F não resultaria em benefícios se o critério é o rendimento por recruta, e a redução substancial de F , não resultaria em perdas significativas do rendimento por recruta.

O aumento da malha provocaria uma exposição à captura de exemplares com idade média maior, o que por um lado é negativo no prisma produtivo, já que um grande quantitativo de idade mais reduzida, passaria a ser invulnerável ao aparelho de pesca. No entanto, se exploraria de maneira mais eficiente o potencial de crescimento somático, já que aumentaria as taxas de sobrevivências da parcela de exemplares mais jovens que anteriormente eram passíveis de captura com malha menor. Com malha maior um maior quantitativo de exemplares atingiria a idade de primeira captura já incorporado maior ganho somático. Esse ganho somático supera o perda no quantitativo exposta à pesca quando se aumenta a malha. Assim verifica-se que se o tamanho de primeira captura fosse de cerca de 20 mm ou até mesmo pouco menos que isso, o rendimento por recruta tenderia a ser maior que os encontrados no cenário atual, para o qual LIMA e ANDRADE (2018) estimaram tamanhos de primeira captura em cerca de 13 mm e 16 mm.

As regulações e controle da seletividade podem ser adotadas em Mangue Seco, pois uma malha compatível com um tamanho de primeira captura de cerca de 20 mm, levaria a algum ganho do rendimento por recruta. Há ainda a hipótese de que uma ação dessa natureza leve a aumento da biomassa de estoque desovante, que poderia ter inclusive alguma consequência positiva nas quantidades de recrutas. Essa hipótese deve ser investigada no futuro caso realmente ocorram modificações da malha. Cabe ainda mencionar que ações relativas à seletividades e tamanhos mínimos de captura já foram elencadas anteriormente como alternativas positivas para manejo de pescarias de *A. flexuosa* em outros trabalhos que em alguns casos contemplaram ainda outras áreas de pesca (PEZZUTO *et al.*, 2015; (e. g. SILVA CAVALCANTE e COSTA, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Neste trabalho além dos resultados da análise de rendimento por recruta, se obteve também outras estimativas que podem ser de grande utilidade para a seleção de alternativas de manejo. Cabe destacar por exemplo a identificação do pulso de recrutamento principal em um período chuvoso, especialmente entre os meses de abril e junho. Este período coincide ainda com um período de menor demanda pelo marisco, especialmente no que diz respeito ao direcionamento da produção para o consumo de turistas, que são mais numerosos no verão (período seco). Assim, uma outra alternativa de manejo seria a aplicação de uma interrupção da pescaria em um período chuvoso (ex: de abril a junho) com a intenção de resguardar o recrutamento da pressão pesqueira, o que deve levar a maior aproveitamento do potencial somático dessa parcela de idade e tamanho reduzido. Visto a cadeia e o ciclo produtivo de menor demanda no período de chuva, o impacto econômico negativo da interrupção da pesca, poderia ser recompensado na reabertura da temporada por eventuais ganhos no potencial somático.

CONCLUSÕES

O recrutamento da *A. flexuosa* foi contínuo e mais expressivo nos meses de maior intensidade de chuva e a espécie parece apresentar uma sincronia com o período de chuvas que se mostrou um fator positivo para o recrutamento quantitativo em Mangue Seco. Não há atualmente sobrepesca de crescimento, porém como princípio de precaução medidas de gestão foram sugeridas e podem ser apreciadas sem grandes impactos a pesca local.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, R.T. 1974 American seashell. 2^a ed. New York: Van Nostrand. 663p.
- ALVERSON, D. L., CARNEY, M. J. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. J. Cons. Int. Explor. Mer 36: 133-143.
- AKÉLÉ, G.D., AGADJIHOUEDE, H., MENSAH, G.A., LALÈYÈ, P.A. Population dynamics of freshwater oyster *Etheria elliptica* (Bivalvia: Etheriidae) in the Pendjari River (Benin-Western Africa). Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (2015) 416, 06
- ARRUDA-SOARES, H.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MANDELLI JUNIOR, J. “Berbigão” *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), bivalve comestível da região da Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo, Brasil: aspectos biológicos de interesse para a pesca comercial. Boletim do Instituto de Pesca, v.9, n.único, p.21-38, 1982.

- BELÉM, T. P.; MOURA, R. S. T.; HENRY-SILVA, G. G. Distribuição e densidade do bivalve *Anomalocardia brasiliana* em praias do Rio Grande do Norte durante um período de pluviosidade atípica. *Biotemas*, v.26, n.1, p.109-122, 2013.
- BEVERTON, R.J.H. e HOLT, S.J. 1957 *On the dynamics of exploited fish populations*: Fishery Investigations. London. 533p.
- BOEHS, G.; ABSHER, T.M.; CRUZ-KALED, A.C. Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.34, n. 2, p. 259-270, 2008.
- BOUAZIZ A., KERZABI F., BRAHMI B. 2014. Impact of the natural mortality (M) variability on the evaluation of the exploitable stock of sardine, *Sardina pilchardus* (Actinopterygii: Clupeiformes: Clupeidae) of the central region of the Algerian coast. *Acta Ichthyol. Piscat.* 44 (2): 87–97.
- BREY, T., 2001. Population Dynamics in Benthic Invertebrates. A Virtual Handbook. Version 01.2.
- CABRAL, A. L., SASSI, R., COSTA, C. F. 2006 A PESCA DE SUBSISTÊNCIA NO ESTUÁRIO DO RIO TIMBÓ, ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, v. 14, n. 1, p. 111-140.
- CORTE, G. N.; YOKOYAMA, L. Q; AMARAL. A. C. Z. An attempt to extend the Habitat Harshness Hypothesis to tidal flats: A case study of *Anomalocardia brasiliana* (Bivalvia: Veneridae) reproductive biology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 150 (2014) 136e141.
- CORTE, G.N., YOKOYAMA, L.Q., COLEMAN, R.A., AMARAL, A.C.Z., 2015. Population dynamics of the harvested clam *Anomalocardia brasiliana* (Bivalvia: Veneridae) in Cidade Beach, south-east Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 95, 1183e1191.
- CORTE, G. C., COLEMAN, R. A., CECÍLIA, A., AMARAL, Z. Environmental influence on population dynamics of the bivalve *Anomalocardia brasiliana*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 187 (2017) 241e248
- DEFEO, O., GÓMEZ, J., LERCARI, D., 2001. Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 212, 159e170.
- DEFEO, O., MARTÍNEZ, G., 2003. The habitat harshness hypothesis revisited: life history of the isopod *Excirolana brasiliensis* in sandy beaches with contrasting morphodynamics. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 83, 331e340.

- EL-DEIR, S.; NEUMANN-LEITÃO, S.; MELO, P. A. M. C. Distribution pattern of *Anomalocardia brasiliiana* Gmelin, 1791 (mollusca, bivalvia) in a tropical coastal ecosystem. *Tropical Oceanography*, v.37, n.1-2, p.1-12, 2009.
- FERREIRA JR, A. J.; , NETO, R.L.B.; KOLM, H.E.; e ABSHER, T.M. 2015 Relationship between reproductive cycle of *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca: Veneridae) and the suspended particulate matter in the Paranagua Estuarine Complex, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 10(1): 44-54.
- GAYANILO JR., F.C. e PAULY, D. 1997 FAO - ICLARM stock assessment tools (FISAT) Reference manual. FAO computerized information series (fisheries). Roma. ICLARM, 8: 262p.
- HOENIG, J. M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.* 82: 898-903.
- Ibama/Cepene. *Boletim estatístico da pesca marítima estuarina do nordeste do Brasil – 2004*. 191 p, Tamandaré, 2006.
- Ibama/Cepene. *Boletim estatístico da pesca marítima estuarina do nordeste do Brasil – 2005*. 340 p, Tamandaré, 2007.
- IBAMA/CEPENE. 2008 *Boletim estatístico da pesca marítima estuarina do nordeste do Brasil – 2006*. Tamandaré. 385p.
- IBAMA. 2009 Estatística da pesca 2007 Brasil: grandes regiões e unidades da federação. Brasília: Ibama. 175p.
- LAVANDER, H. D.; CARDOSO JUNIOR, L. O.; OLIVEIRA, R. L.; SILVA NETO, S. R.; GÁLVEZ, A. O.; PEIXOTO, S. R. M. Biologia reprodutiva da *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.2, p.344-350, 2011.
- LEONEL, R. M. V.; MAGALHÃES, A. R. M.; LUNETTA, J. E. Sobrevivência de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), em diferentes salinidades. *Boletim de Fisiologia Animal*, Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 7, p. 63-72, 1983.
- LIMA, S. A. O., ANDRADE, H. A. Seletividade da draga usada para captura do berbigão (*Anomalocardia flexuosa*) no Nordeste do Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* (submetido)
- LIMA, S. A. O., ANDRADE, H. A. (no prelo) Zoneamento da área extrativista mais produtiva da *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo. *Biotemas*.

- MATTOS, G.; CARDOSO, R. S. 2012 Population dynamics of two suspension-feeding bivalves on a sheltered beach in southeastern Brazil. *Helgoland Marine Research*. 66:393–400.
- MILDENBERGER, T. K., TAYLOR, M. H., WOLFF, M. 2018 TropFishR: Tropical Fisheries Analysis with R. R package version 1.2.1, <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=TropFishR>>
- MONTI, D., FRENKIEL, L., MOUEZA, M., 1991. Demography and growth of *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin) (Bivalvia: Veneridae) in a mangrove, in Guadeloupe (French West Indies). *J. Molluscan Stud.* 57, 249 e 257.
- MOURA, R.T. 2009 *Aspectos Gerais da Hidrobiologia do Litoral Norte de Pernambuco - Brasil*. Brasília, DF: Ibama. 138p.
- NARCHI, W. 1974 Aspectos ecológicos e adaptativos de alguns bivalves do litoral paulista. *Papéis Avulsos Zool.*, São Paulo, 27: 235-262.
- OLIVEIRA, I. B.; AMORIM, A.; LAVANDER, H.; PEIXOTO, S.; GÁLVEZ, A. O. Spatial and temporal distribution of the shellfish *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) on Mangue Seco beach, Pernambuco, Brazil. *International Journal of Aquatic Science*, v.2, n.1, p.68-79, 2011.
- OLIVEIRA, I. B.; SILVA NETO, S. R.; LIMA FILHO, J. V. M.; PEIXOTO, S. R. M.; GALVEZ, A.O. **Efeito do período chuvoso na extração do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791)** Rev. Bras. Ciênc. Agrár. Recife, v.9, n.1, p.139-145, 2014.
- PAULY, D., 1982. Studying single-species dynamics in a tropical multispecies context. In *Theory and management of tropical fisheries*. ICLARM Conference Proceedings (Vol. 9, No. 360, pp. 33-70).
- PAULY, D. e MUNRO, J.L. 1984 Once more on the comparison of growth in fishes and Invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2(1): 1-21.
- PEZZUTO, P.R.; SCHIO, C.; ALMEIDA, T.C.M. 2010 Efficiency and selectivity of the *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca: Veneridae) hand dredge used in southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 90(7): 1455–1464. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000317>.
- PEZZUTO, P.R., SOUZA, D.S. 2015 A pesca e o manejo do berbigão (*Anomalocardia brasiliiana*) (Bivalvia: Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, SC, Brasil. *Desenvolvimento Meio Ambiente*. 34(2): 169-189. <https://doi.org/10.5380/dma.v34i0.39758>.

R CORE TEAM. 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RODRIGUES, A.M.L., BORGES-AZEVEDO, C.M., COSTA, R.S., HENRY-SILVA, G.G., 2013. Population structure of the bivalve *Anomalocardia brasiliana*, (Gmelin, 1791) in the semi-arid estuarine region of northeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 73, 819 e 833.

SCRUCCA, L. (2013). GA: A Package for Genetic Algorithms in R. *Journal of Statistical Software*, 53(4), 1– 37

SILVA-CAVALCANTI, J.S.; COSTA, M. 2009 Fisheries in Protected and Non-Protected areas: What is the difference? The case of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia) at tropical estuaries of Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*. 56(SI): 1454-1458

SILVA-CAVALCANTI, J.S.; COSTA, M.F. 2011 Fisheries of *Anomalocardia brasiliana* in Tropical Estuaries. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 6(2): 86-99.

SOUZA, A. B. 2012 RELAÇÕES ALOMÉTRICAS DA *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) NA PRAIA DE MANGUE SECO, PERNAMBUCO-BRASIL Dissertação.

SPARRE, P., VENEMA, S.C., 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper, (306.1, Rev. 2). 407 p.

THEN, A. Y., J. M., HOENIG, N. G., HALL, D. A. Hewitt. 2015. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 82-92.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *Anomalocardia flexuosa* é nomeada em muitos trabalhos como sendo *Anomalocardia brasiliiana*, cabe ressaltar que são a mesma espécie e critérios taxonômicos não foram discutidos nesta Tese, porém adotou-se como usual a primeira nomenclatura citada. A espécie tem uma faixa de distribuição na área de estudo bastante ampla com regiões com densidades que podem ser classificadas como altas, intermediárias e baixas. O conhecimento das densidades do bivalve não é apenas importante para região de Mangue Seco, apesar de se tratar do banco extrativista mais produtivo dessa espécie no mundo, mas também para nortear trabalhos futuros que visam compreender como a distribuição da mesma pode variar abruptamente no mesmo local. Este tipo de conhecimento é necessário para medidas de gestão como, por exemplo, áreas de exclusão de pesca que podem contribuir para uma atividade sustentável. De fato, medidas de gestão já foram apreciadas para *A. flexuosa*, porém nessa área que é de extrema importância a atividade é exercida sob regime de livre acesso e sem qualquer tipo de manejo e também por isso foi importante contribuir com a avaliação dos meios de capturas atuantes, sendo que o principal e recém introduzido é um tipo de draga denominada de puçá. Por ser algo relativamente recente em uso as estimativas de seletividade apresentadas na Tese podem contribuir para o estabelecimento de malhas mais adequadas para extração. Também em relação a seletividade foram apresentadas alternativas de gestão, inclusive para que os pescadores possam se adequar as malhas já utilizadas que parecem impactar indivíduos pequenos, propondo o rodízio da malha de 20 mm usada atualmente com outra de maior tamanho que foi sugerida em 25 mm. Além de compreender esses aspectos citados anteriormente sobre a espécie alvo de estudo, nesta Tese foi avaliada a malacofauna do bando e sua associação com *A. flexuosa*. A interação biótica é um importante componente para ser avaliado, não apenas por conhecer a biodiversidade local, o que certamente já é de extrema relevância, mas também por possibilitar entender como as espécies podem afetar a distribuição uma da outra. Apesar de ser o molusco dominante no banco a *A. flexuosa* parece não interferir na distribuição das outras espécies da malacofauna, assim como o oposto. Ocorre na área de estudo um padrão de sobreposição, em que o moluscos, de maneira geral, estão mais agregados em áreas mais abrigadas e com aparentemente com menos ações de ondas e correntezas. É importante compreender esta agregação, pois em caso de preservação da malacofauna local essa área deve ser evitada para atividade pesqueira com intuito de que ela possa contribuir com as regiões adjacentes. Cabe ressaltar também que a atividade de

captura realizada com intuito de extrair os bivalves, principalmente a *A. flexuosa* pode impactar todos os moluscos por causa dessa sobreposição e portanto, é fundamental avaliar a sobrevivência desses moluscos quando em contato com os meios de capturas utilizados, principalmente a draga. Aspectos de dinâmica populacional e também de avaliação de estoque foram tratados nesta Tese. Assim, como ocorreu em outras áreas o recrutamento da espécie foi contínuo na área de estudo e uma forte correlação entre recrutas e a pluviosidade foi verificada. Visando um melhor crescimento somático desses indivíduos pode ser proposto como medida de gestão, a proibição da captura picos de recrutas, pois reconhecidamente é uma época em que a demanda pelo bivalve diminui, assim não impactaria a renda do pescador local e ajudaria na conservação do estoque. A situação do estoque da *A. flexuosa* foi motivo de preocupação em vários outros trabalhos realizados em Mangue Seco com sugestões alarmantes que davam conta que a atividade no local já estaria sendo impactada, porém nenhum respaldo técnico foi apresentado que pudesse contribuir para avaliação da pesca. Na Tese foi apresentado resultados que desmistificam que o estoque está, por exemplo, em sobre pesca de crescimento, porém como princípio de precaução o incentivo ao aumento de esforço de pesqueiro não deve ser realizado. Frente as questões avaliadas é notório a importância deste banco não só para o Estado de Pernambuco, mas também para o entendimento de diversos fatores como sobre praias arenosas, biodiversidade da malacofauna, dinâmica populacional e avaliação de estoques de moluscos. Portanto, é incentivado o processo de continuidade de estudos nessa área para sanar muitas questões que não foram exploradas nesta Tese e que são de igual importância para preservação dessa área. Estudos sobre estimativas de captura mensal e anual, por exemplo, devem ser realizados nesta região, pois apesar de ser o recurso mais capturado de Pernambuco não existem dados recentes, além disso análises mais profundas sobre as temáticas tratadas nesta Tese devem ser desenvolvidas para contribuir cada vez mais com a preservação de Mangue Seco que tem grande importância ecológica, social e econômica.

7. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, R. T. **American seashell**. 2ed. New York, Van Nostrand. 1974. 663p.
- ARRUDA-SOARES, H.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MANDELLI, J.R.J. “Berbigão” *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), bivalve comestível da região da Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo, Brasil: aspectos biológicos de interesse para a pesca comercial. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.9, único, p.21-38, 1982.
- BARREIRA, C.A.R. e ARAUJO M.L.R. Ciclo reprodutivo de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin,1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca** v.31, p. 9-20, 2005.
- BELÉM, T.P.; MOURA, R.S.T.; HENRY-SILVA, G.G. Distribuição e densidade do bivalve *Anomalocardia brasiliana* em praias do Rio Grande do Norte durante um período de pluviosidade atípica. **Biotemas**, v.26, n.1, p.109-122, 2013.
- BOEHS, G.; ABSHER, T.M.; CRUZ-KALED, A.C. Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.34, n. 2, p. 259-270, 2008.
- EL-DEIR, S.; NEUMANN-LEITÃO, S.; MELO, P.A.M.C. Distribution pattern of *Anomalocardia brasiliana* Gmelin, 1971 (mollusca, bivalvia) in a tropical coastal ecosystem. **Tropical Oceanography**, v.37, n.1-2, p.1-12, 2009.
- GAYANILO Jr.; F. C.; SPARRE, P.; PAULY, D. FAO and ICLARM Stock Assessment Tool (FISAT II). FAO **Computerised Information Series**, 2002. Online User Guide. 19
- GROTTA, M. e LUNETTA, J.E. Ciclo sexual de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) do litoral do estado da Paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, v.3, n.1, p.5-55, 1980.
- HARDIN, G. "The Tragedy of the Commons". **Science**, v. 162, n. 3859. p. 1243-1248. 1968.
- GULLAND, J.A., 1965. Estimation of mortality rates. **Annex to Arctic fisheries working group report ICES C.M. Doc. 3** (mimeo)
- IBAMA/CEPENE. **Estatística da pesca 2006**. Brasil: Grandes regiões e unidades da federação / Brasília: IBAMA. 2008. 174 p.
- LAVANDER, H.D.; CARDOSO JUNIOR, L.O.; OLIVEIRA, R.L.; SILVA NETO, S.R.; GÁLVEZ, A.O.; PEIXOTO, S.R.M. Biologia reprodutiva da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p.344-350, 2011.

- LEE S.Y. Distribution pattern and interaction of two infaunal bivalves, *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve) and *Anomalocardia squamosa* (Linnaeus) (Bivalvia: Veneridae). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.201 p.253–273, 1996.
- LEONEL, R.M.V.; MAGALHÃES, A.R.M.; LUNETTA, J. E. Sobrevivência de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), em diferentes salinidades. **Boletim de Fisiologia Animal, Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 7, p. 63-72, 1983.
- LIMA, M.A.; SOARES, M.O.; PAIVA, C.C.; OSÓRIO, F.M.; PORFÍRIO, A.F.; CASCON, H.M. Osmorregulação em moluscos: o caso do bivalve estuarino tropical *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca: Bivalvia). **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p.79-84, 2009.
- LORING, D.H., RANTALA, R.T.T. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. **Earth-Science Reviews**, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, v.32, p. 235-283, 1992.
- LUZ, J.R., BOEHS, G., Reproductive cycle of *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca: Bivalvia: Veneridae) in the estuary of the Cachoeira River, Ilhéus, Bahia. **Brazilian Journal of Biology**, v.7, p.1-8, 2011.
- MATTOS, G.; CARDOSO, R.S. Population dynamics of two suspension-feeding bivalves on a sheltered beach in southeastern Brazil. **Helgoland Marine Research**, v.66, p.393–400, 2012.
- MONTI, D.; FRENKIEL, L.; MOUËZA, M. Demography and growth of *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin) (Bivalvia, Veneridae) in a mangrove, in Guadeloupe (French West Indies). **Journal of Molluscan Studies**, London, v. 57, p. 249-257, 1991.
- NARCHI, W. Comparative study of the functional morphology of *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) and *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae). **Bulletin of Marine Science**, v.22, p.643-670, 1972. 20
- NARCHI, W. Aspectos ecológicos e adaptativos de alguns bivalves do litoral paulista. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.27, p.235-262, 1974.
- NISHIDA, A.K.; NORDI, N.; ALVES, R.R.N. Mollusc gathering in Northeast Brazil: an ethnoecological approach. **Human Ecology**, Ithaca, v. 34, n. 1, p. 133-145, 2006.
- OLIVEIRA, I. B; AMORIM, A.; LAVANDER, H.; PEIXOTO, S.; GÁLVEZ, A. O. Spatial and temporal distribution of the shellfish *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791)

on Mangue Seco beach, Pernambuco, Brazil. **International Journal of Aquatic Science**, v.2, n.1, p.68-79, 2011.

OLIVEIRA, I.B.; SILVA NETO, S.R.; LIMA FILHO, J.V.M.; PEIXOTO, S.R.M.; GALVEZ, A.O. Efeito do período chuvoso na extração do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.139-145, 2014.

PEZZUTO, P.R. e ECHTERNACHT, A.M. Avaliação de impactos da construção da Via Expressa SC-Sul sobre o berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Pelecypoda) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis, SC – Brasil). **Atlântica**, v.21, p.105-119, 1999.

PEZZUTO, P.R.; SCHIO, C. AND ALMEIDA, T.C.M. Efficiency and selectivity of the *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca: Veneridae) hand dredge used in southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.90, n7, p.1455–1464, 2010.

PEZZUTO, P.R. e SOUZA, D.S. A pesca e o manejo do berbigão (*Anomalocardia brasiliiana*) (Bivalvia: Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, SC, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 34, p. 169-189, 2015.

READ, K.R.H. Ecology and environmental physiology of some. Puerto Rican bivalve mollusk and a comparison with borcal forms. **Caribbean Journal of Science**, v.4, n.4, p.459-465, 1964.

RIOS, E.C. **Seashells of Brazil**. Rio Grande: Fundação Univercidade do Rio Grande, 1994. 330 p.

SANTOS, J.J.S.; TERCEIRO, A.M.; YAURI, W.L.M. Dinâmica da População de *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) no Estuário do Rio Paciência, no Município da Raposa, Estado do Maranhão. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 37, n.1, p. 61-69, 2014.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Análise populacional de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), na Praia do Saco do Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v.29, p.351-355, 1980.

SILVA-CAVALCANTI, J. S. COSTA, M. F. Fisheries of *Anomalocardia brasiliiana* in Tropical Estuaries. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v.6, n.2, p.86-99, 2011