



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR**  
**CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**LUCAS BRITO**

**MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE *Anomalocardia flexuosa*(Linnaeus, 1767)**  
**(BIVALVIA: VENERIDAE): EFEITOS DAS CARACTERÍSTICAS DO HABITAT E**  
**DA DENSIDADE POPULACIONAL**

**FORTALEZA**  
**2022**

LUCAS BRITO

MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE *Anomalocardia flexuosa*(Linnaeus, 1767)  
(BIVALVIA: VENERIDAE): EFEITOS DAS CARACTERÍSTICAS DO HABITAT E DA  
DENSIDADE POPULACIONAL

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira.

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Mendonça de Almeida.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B876m Brito, Lucas.

Morfometria geométrica de *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Bivalvia: Veneridae) : Efeitos das características do habitat e da densidade populacional / Lucas Brito. – 2023.

27 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira.

Coorientação: Prof. Dr. Sérgio Mendonça de Almeida.

1. Mollusca. 2. Morfologia. 3. Estuário. I. Título.

CDD 551.46

---

LUCAS BRITO

MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767)  
(BIVALVIA: VENERIDAE): EFEITOS DAS CARACTERÍSTICAS DO HABITAT E DA  
DENSIDADE POPULACIONAL

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: 24/02/2022

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Ravena Sthefany Alves Nogueira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Wilson Franklin Junior  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Seria impossível e injusto começar qualquer tipo de agradecimento sem começar por quem sempre foi minha voz, meu tanino e meu mel – minha mãe, Maria das Graças, pessoa cuja qual sem o discurso e, mais importante que isso, o exemplo, jamais chegaria até aqui e com certeza não irei além. O mundo ainda vai ser pouco para te dar, Maria. Obrigado por tudo, desde as bênçãos de Deus (que aqui escrevo com o D maiúsculo em seu respeito), as broncas e as histórias de tempos mais simples, difíceis e que ajudam a me formar enquanto homem. Por tudo, minha eterna gratidão e amor.

Agradeço a minha orientadora, mentora, amiga querida e farol de ética e profissionalismo na ciência, professora Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira, por todos estes anos de parceria, ensinamentos, broncas, cafés e afetos. Nos momentos bons e ruins destes anos de graduação, convivendo e sendo grato por viver este encontro que a vida me agraciou. Nada além de gratidão e muito amor.

Aos meus amigos queridos feitos neste caminho trilhado no Labomar, da minha tão querida turma 2015.1 e tantos outros vários que apareceram nessa jornada, em especial a Ana Clara Aguiar, Isabella Pereira, Maria Clara Moraes, Ocione Dias, Tiffany Mendonça e tantos outros que serão alvos dessa injustiça de não serem citados nominalmente aqui.

Também aos amigos que tanto amo e que graças a Parnaíba, terra que por anos foi meu lar e segue sendo meu refúgio da incessante e incansável vida na “cidade grande”, nos encontramos pelo caminho e espero que tão cedo não nos desencontremos: Audrey Müller, Andressa Carvalho, Frida Abraão, Edmundo Magalhães, Gabriella Nogueira, Graziella Moraes, Isabela Nascimento, Jin, José Evilásio Jr., Nilton Santos, Patrick Mazulo e Rafaela Candeira. Não saber o que é viver sem vocês é uma das maiores alegrias da minha vida e quero seguir assim por muito tempo.

A todas e todos os funcionários da Universidade Federal do Ceará, por toda o empenho e compromisso com o ensino, a pesquisa e a extensão. Apesar dos pesares, todos vocês seguem viabilizando o ensino público de qualidade e tem minha eterna gratidão por seguirem nesta missão.

A todas e todos os companheiros dos movimentos sociais progressistas, pelas sempre presentes palavras de encorajamento. “A única luta que se perde é

aquela que se abandona”, e nós nunca a abandonaremos. Venceremos pois não nos deram outra opção.

Por fim, uma menção honrosa a todas e todos que não foram nominalmente citados nas palavras acima, obrigado por tudo, sempre.

*“[...] Só que coração meu podia mais. O corpo não traslada, mas muito sabe,  
adivinha se não entende. Perto de muita água, tudo é feliz.”*

*(Guimarães Rosa)*

## RESUMO

*Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) é uma espécie de bivalve amplamente distribuída ao longo do litoral brasileiro, apresentando grande capacidade de adaptação em diferentes meios, como praias, manguezais e fundos coralíneos. Sabendo que em um ambiente estuarino hipersalino o tamanho e o formato da concha podem ser influenciados por fatores ambientais e disputas intraespecíficas, este trabalho tem por objetivo avaliar usando as técnicas da morfometria geométrica as alterações na forma da concha de *Anomalocardia flexuosa*, considerando a elevada densidade populacional e a influência na disputa espacial com a presença de uma pradaria de *Halodule wrightii* (Ascherson, 1868) em um estuário na costa semiárida do Brasil. O estudo utilizou indivíduos coletados pelo projeto de pesquisa "*Ecologia populacional e dinâmica pesqueira de Anomalocardia flexuosa em um estuário hipersalino do semiárido brasileiro*", do Laboratório de Zoobentos do Instituto de Ciências do Mar, da Universidade Federal do Ceará (Labomar/UFC). A análise morfométrica foi baseada no uso de marcos anatômicos que representam as características morfológicas da charneira, do sistema muscular adutor e das áreas do escudo e lúnula da espécie. Foram feitas duas análises descritivas e morfométricas, dada a disparidade entre a quantidade de indivíduos em cada área. Nas duas análises descritivas, houveram diferenças de comprimento entre as áreas, sendo que a área 2 apresentou indivíduos maiores em comprimento que a área 1. Para as análises de morfometria geométrica foi utilizado o método de sobreposição de Procrustes com as coordenadas dos marcos e posteriormente Análise de Componentes Principais (PCA), Análise de Variáveis Canônicas (CVA) e Função Discriminante. Os resultados revelaram uma tendência de não haver uma separação muito explícita em relação a forma, embora seja mais bem pronunciado um alongamento anteroposterior nos indivíduos. As técnicas da morfometria geométrica foram efetivas para pontuar o quanto e onde as alterações na forma da concha de *Anomalocardia flexuosa* ocorreram ao serem analisadas em dois biótopos diferentes.

**Palavras-chave:** Mollusca; morfologia; estuário hipersalino.

## ABSTRACT

*Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) is a bivalve mollusc widely distributed along the Brazilian coast, showing a large adaptability in different environments, such as sandy beaches, mangroves and coral reefs. Knowing that in a hypersaline estuarine environment the size and shape of the shell can be influenced by environmental factors and intraspecific disputes, the present work was developed with the objective of analyzing, using the geometric morphometric techniques, changes in the shape of the shell of *Anomalocardia flexuosa*, considering the high population density and the influence on the space dispute with a prairie of *Halodule wrightii* (Ascherson, 1868) in an estuary on the semiarid coast of Brazil. The study used specimens collected by the research project "Population ecology and fisheries dynamics of *Anomalocardia flexuosa* in a hypersaline estuary in the Brazilian semiarid region", from the Zoobentos Laboratory of the Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará (Labomar/UFC). The morphometric analysis was based on the use of landmarks that represent the morphological characteristics of the hinge, the adductor muscular system and the areas of the shield and lunula of the specie. Two descriptive and morphometric analyzes were performed, due to the disparity between the number of individuals in each area. In the two descriptive analyses, there were differences in length between the areas, with Area 2 showing individuals larger in length than Area 1. For the analysis of geometric morphometry, the method of superposition of Procrustes with the coordinates of the landmarks was used and later Principal Component Analysis (PCA), Canonical Variable Analysis (CVA) and Discriminant Function. The results revealed a tendency of not having a very explicit separation in relation to the form, although an anteroposterior elongation is more pronounced in the individuals. Geometric morphometric techniques were effective in punctuating how much and where changes in *Anomalocardia flexuosa* shell shape occurred when analyzed in two different biotopes.

**Keywords:** Mollusca; morphology; hypersaline estuary.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	-	Localização geográfica do estuário Apodi-Mossoró, Grossos, Rio Grande do Norte (4° 56 '51 "S 37° 08' 55" W) indicando os locais de amostragem	17
Figura 2	-	Valva esquerda de <i>Anomalocardia flexuosa</i> mostrando os marcos anatômicos usados para análise	19
Figura 3	-	Exemplo clássico da medida da distância de Procrustes no Espaço de Kendall	19
Figura 4	-	Variáveis lineares de <i>Anomalocardia flexuosa</i> usadas para análise	21
Figura 5	-	Distribuição de frequência do comprimento dos indivíduos na Área 1	22
Figura 6	-	Distribuição de frequência do comprimento dos indivíduos na Área 2	23
Figura 7	-	Análise Generalizada de Procrustes, representação: grade de deformação e vetores indicativos	23
Figura 8	-	Variações da forma para cada Componente Principal, representação: grade de deformação e vetores indicativos	24
Figura 9	-	Análise de Componentes Principais (PCA) na comparação entre áreas, no espaço de dois eixos (PC1 × PC2). São mostradas as elipses de 90% de confiança para cada área: Área 1 em vermelho e Área 2 em verde	24
Figura 10	-	Distribuição de frequência do comprimento dos indivíduos da segunda análise na Área 1	26
Figura 11	-	Distribuição de frequência do comprimento dos indivíduos da segunda análise na Área 2	26
Figura 12	-	Análise Generalizada de Procrustes da segunda análise, representação: grade de deformação e vetores indicativos	27
Figura 13	-	Variações da forma para cada Componente Principal na segunda análise, representação: grade de deformação e vetores indicativos	28
Figura 14	-	Análise de Componentes Principais (PCA) na comparação entre áreas, no espaço de dois eixos (PC1 × PC2). São mostradas as elipses de 90% de confiança para cada área: Área 1 em vermelho e Área 2 em verde	28
Figura 15	-	Análise de Componentes Principais (PCA) na comparação entre áreas, no espaço de dois eixos (PC1 × PC2). São mostradas as elipses de 90% de confiança para cada área: Área 1 em vermelho e Área 2 em azul	29

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Análise da Função Discriminante entre áreas na primeira análise, 25  
dados de validação cruzada. Valor de  $P < 0,0001$
- Tabela 2 – Análise da Função Discriminante entre áreas na segunda análise, 29  
dados de validação cruzada. Valor de  $P < 0,0001$

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	HIPÓTESE.....	15
3	OBJETIVOS.....	15
3.1	OBJETIVO GERAL .....	15
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	16
4.2	ANÁLISE MORFOMÉTRICA .....	17
4.3	ANÁLISE DE DADOS.....	19
4.3.1	ANÁLISE GENERALIZADA DE PROCRUSTES (GPA).....	19
4.3.2	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA).....	20
4.3.3	ANÁLISE DE VARIÁVEIS CANÔNICAS (CVA) E FUNÇÃO DISCRIMINANTE.....	20
4.4	ANÁLISE COM NÚMERO IGUAL ENTRE ÁREAS.....	21
5	RESULTADOS.....	22
5.1	ANÁLISE ENTRE ÁREAS.....	22
5.1.1	ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	22
5.1.2	ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	23
5.2	ANÁLISE COM NÚMERO IGUAL ENTRE ÁREAS.....	25
5.2.1	ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	25
5.2.2	ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	26
6	DISCUSSÃO.....	29
7	CONCLUSÃO.....	31
8	REFERÊNCIAS .....	32

## 1. INTRODUÇÃO

Mollusca é o segundo maior filo do reino animal, constituído por organismos de hábitos bem diversificados (FRANSOZO e NEGREIROSet *al.*, 2017). São seres morfológicamente diferenciados que passaram por uma das maiores radiações durante o processo evolutivo dentre os metazoários, tendo um ancestral comum (RIOS, 2009). Os bivalves são moluscos de água salgada ou doce, predominantemente micrófagos ou suspensívoros, incluindo cerca de 9.200 espécies vivas representadas por animais que vivem em todas as profundidades e em todos os ambientes aquáticos e tendo sua linhagem definida pela existência de duas valvas na concha, músculos adutores e expansão e aprofundamento da cavidade do manto (BRUSCA, *et al.*, 2018).

Muitas espécies de moluscos são utilizadas como bioindicadores ambientais, apresentam relevância econômica e cumprem funções ecológicas fundamentais na caracterização trófica de ecossistemas (PINTO, 2012). Dentre estas espécies, *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767), anteriormente conhecida como *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), é uma espécie de molusco bivalve amplamente distribuída e bastante comum ao longo do litoral brasileiro (BARREIRA & ARAÚJO, 2005). Esta espécie apresenta grande capacidade de adaptação em diferentes meios, como praias arenosas, areno-lodosas, manguezais, fundos arenosos em ambientes coralíneos e em pradarias marinhas (RODRIGUES *et al.*, 2010; BARROS *et al.*, 2016; CREED *et al.*, 2018). No Brasil, é conhecido como “berbigão”, “vôngole”, “sarnambi”, “sarnambi pequeno”, “samanguaiá”, “chumbinho”, “papa-fumo”, “sarro-de-pito”, “marisco-pedra” e “maçunim” (LUZ & BOEHS, 2011).

A espécie apresenta uma concha bivalve trigonal, inflada, sólida, com uma forte carena radial delimitando a região dorsal posterior da concha (DENADAI *et al.*, 2006). Externamente, a concha apresenta uma coloração em tons de creme, ornamentada por linhas e manchas variadas. A espécie é dioica com fertilização externa e com ciclo de vida com um estágio larval relativamente curto de 11 a 30 dias. Suporta grandes variações de salinidade e oxigênio, fica enterrada nos primeiros centímetros do sedimento e tem hábito alimentar suspensívoro (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Assim como outras espécies presentes ao longo da costa brasileira, *A. flexuosa* tem importância socioeconômica, sendo comercializada e consumida em

diferentes escalas por comunidades litorâneas (BOEHS, 2000), bem como sendo encontradas associadas a bancos de angiospermas marinhas (BARROS *et al.*, 2016).

O tamanho e o formato da concha de *Anomalocardia flexuosa* podem ser influenciados por aspectos físicos do meio, como o tipo de sedimento, associação com outros organismos e ainda com a densidade populacional (SILVA-CAVALCANTI *et al.*, 2018). Roopnarine e Vermeij (2000) observaram que a diferença da concha em duas espécies do gênero *Chione*, também da família Veneridae, mudaram as formas e a simetria de suas valvas num contexto onde a predação por outros seres era dificultada ou facilitada pela seleção do tipo de sedimento. Roopnarine (2008) identificou que indivíduos da região do Caribe são morfologicamente distintos de outros provenientes de populações do Brasil, especificamente do litoral do Rio de Janeiro. A influência latitudinal também pode ser vista num contexto de populações dentro do Brasil, como Santos *et al.*, (2020) observaram em populações de *Tivela mactroides*, cujas conchas vão ficando mais compridas e perdendo altura à medida que se afastam da Linha do Equador.

Considerando a sua ocorrência associada às angiospermas marinhas, Oliveira (2019) observou que as raízes de *Halodule wrightii* podem competir por espaço com a *A. flexuosa*, modificando as características ambientais em nível local, como a hidrodinâmica e sedimentológicas. A modificação na hidrodinâmica pode interferir na abundância de bivalves nestas áreas vegetadas em comparação com áreas adjacentes (GERALDI, 2002), dados os efeitos de engenharia ecossistêmica que possuem, bem como influenciar na quantidade de alimento disponível, no estabelecimento de espécies e na deposição de sedimentos ao seu entorno (ADDINO *et al.*, 2015; HEMMINGA; DUARTE, 2000).

Abordagens como a morfometria clássica e a morfometria geométrica permitem quantificar por meio de modelos matemáticos padrões morfológicos a partir de caracteres multivariados, considerando simultaneamente várias características em uma estrutura corporal complexa, utilizando marcos anatômicos (*landmarks*) e contornos (ROHLF e MARCUS, 1993), apresentando descrições precisas e exatas como também permitindo análises estatísticas com alto rigor (ZELDITCH *et al.*, 2012). Suas aplicações são pertinentes no estudo da alometria e na correção de tamanhos, permitindo o estudo das diferenças entre as formas em organismos ajustados para um tamanho comum. Os resultados geralmente são

expressos numérica e graficamente em combinações lineares das variáveis medidas (ROHLF e MARCUS, 1993).

No final dos anos 1980 e início de 1990, avanços teóricos, metodológicos e computacionais mudaram a maneira de quantificar as estruturas e analisar os dados obtidos, enfatizando métodos que consideram a geometria da estrutura estudada e preserva esta informação ao longo das análises (ADAMS *et al.*, 2004). Os dados são utilizados na descrição da geometria do objeto de interesse, seja em duas ou três dimensões de coordenadas de pontos anatômicos morfológicos (ROHLF & MARCUS, 1993). Os *landmarks* são pontos simples usados para localizar e descrever as diferenças nas formas do objeto de estudo (ROHLF, 2002). A ênfase é dada aos *landmarks* homólogos, permitindo uma interpretação biológica mais completa e realista dos resultados (ROHLF e MARCUS, 1993). O estudo da morfologia é uma importante ferramenta para auxiliar num melhor entendimento de aspectos como taxonomia (ROOPNARINE e VERMEIJ, 2000; MORAIS *et al.*, 2013; MARINHO e ARRUDA, 2021), evolução (ROOPNARINE e ANDERSON, 2005; NEUBAUER, 2013; VAUX, 2018), monitoramento de estoques pesqueiros (PALMER *et al.*, 2004; MÁRQUEZ *et al.*, 2009) e suas variações populacionais (ROOPNARINE *et al.*, 2008; VALADARES, 2010; MONEVA *et al.*, 2014). Diante deste contexto, analisar e entender aspectos da morfologia e da biologia dessa espécie, principalmente num ambiente que apresenta condições adversas, como ambientes hipersalinos e numa área de estudo como a que está inserida, com altas densidades e competição por espaço (OLIVEIRA, 2019), é importante saber que caminhos ela traça para poder viver e como estes afetam ou não o formato de sua concha.

## **2. HIPOTÉSE**

As condições ambientais adversas podem afetar o formato da concha de *Anomalocardia flexuosa*, assim como os caracteres populacionais, dadas as disputas intraespecíficas e com a pradaria de *Halodule wrightii* por espaço no estuário.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar as alterações na forma da concha de *Anomalocardia flexuosa*, considerando a elevada densidade populacional e a competição por espaço com a pradaria de *Halodule wrightii*, em dois biótopos em um estuário hipersalino.

### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar morfometricamente da concha de *A. flexuosa* em amostras de dois biótopos do estuário hipersalino;
- Avaliar as relações das medidas morfométricas da concha de *A. flexuosa* com a presença e a ausência de pradarias de *H. wrightii*.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo utilizou indivíduos coletados pelo projeto de pesquisa "Ecologia populacional e dinâmica pesqueira de *Anomalocardia flexuosa* em um estuário hipersalino do semiárido brasileiro", do Laboratório de Zoobentos do Instituto de Ciências do Mar, da Universidade Federal do Ceará (Labomar/UFC) (OLIVEIRA, 2019). As amostragens ocorreram mensalmente, de novembro de 2015 a outubro de 2017, em 3 diferentes áreas do estuário, levando em consideração um gradiente inverso de salinidade, a ocorrência da espécie e a acessibilidade para a execução da metodologia de coleta. Para este estudo, foram utilizados indivíduos coletados em 2 áreas, correspondentes a uma área mais interna, com maiores níveis de salinidade e uma área na foz do rio Apodi-Mossoró, onde está localizada a pradaria de *Halodule wrightii*.

### 4.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) compreende o estuário do rio Apodi-Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte. O rio é intermitente e atravessa as regiões do Alto Oeste e Mossoroense do Rio Grande do Norte (ROCHA *et al.*, 2011). A região da Costa Branca, onde o estuário está inserido, apresenta clima semiárido, com volume anual de chuva reduzido e temporário, além de elevadas temperaturas durante praticamente todo o ano, que favorece a intensa evaporação (DINIZ &

VASCONCELOS, 2017). A forte influência marítima e a reduzida vazão do rio fazem com que o estuário seja dominado pelo regime das marés (MEDEIROS *et al.*, 2018; ROCHA *et al.*, 2011). O Rio Apodi-Mossoró é raso e plano, características essas que aliadas às condições climáticas favorecem à hipersalinização do solo e das águas desta região estuarina (ROCHA *et al.*, 2009), sendo considerado um ambiente naturalmente hipersalino devido ao aprisionamento da água salgada (DINIZ & VASCONCELOS, 2017), onde um gradiente inverso de salinidade é estabelecido ao longo do estuário (MEDEIROS *et al.*, 2010). Apresenta também o estabelecimento de uma pradaria de *Halodule wrightii*.

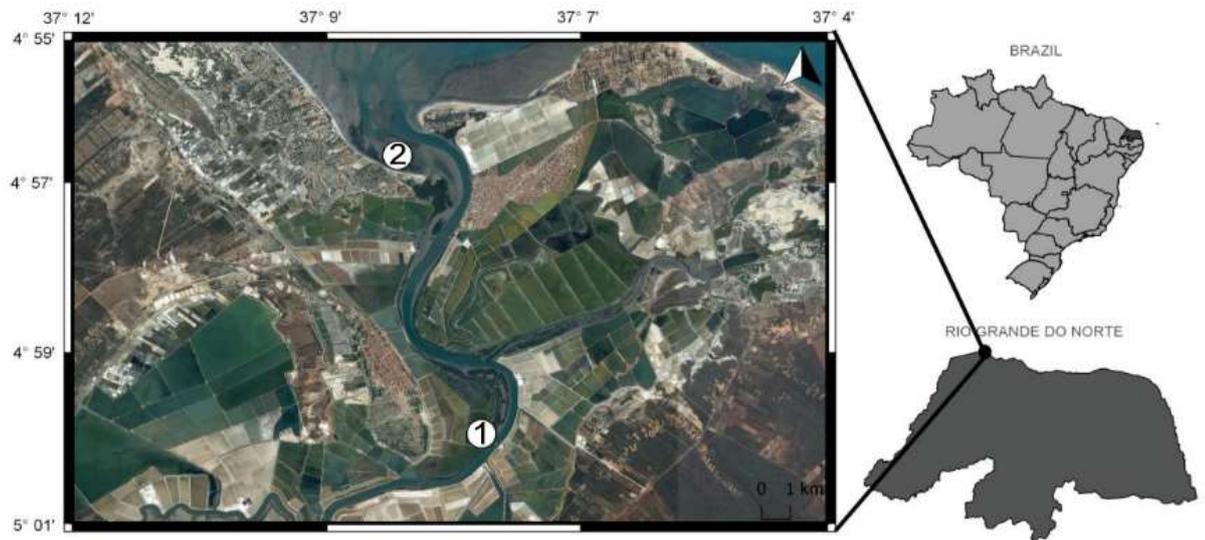


Figura 1 - Localização geográfica do estuário Apodi-Mossoró, Grossos, Rio Grande do Norte ( $4^{\circ} 56' 51''$  S  $37^{\circ} 08' 55''$  W) indicando os locais de amostragem. Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2019.

## 4.2. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Foram separados aleatoriamente 314 espécimes, os quais tiveram os tecidos moles retirados e as conchas foram fotografadas três vezes com uma câmera Canon EOS Rebel T5 (lente EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS STM), em tripé fixado em uma altura padronizada e escala de 1 cm ao lado de cada exemplar, a fim de se considerar as variações no tamanho durante o posicionamento dos marcos anatômicos. A digitalização de marcos anatômicos e superimposição usando o método de mínimos quadrados generalizado (Procrustes) utilizados para análise de morfometria geométrica, foram realizados com uso dos pacotes analíticos tpsDig2 e

tpsUtil (ROHLF, 2018, 2021).

Foram marcados dezessete marcos anatômicos de tipos I (pontos de limite entre tecidos ou entre o organismo e o meio) ou II (pontos de máxima curvatura) na face interna de cada valva esquerda de cada espécime, seguindo o método proposto por Bookstein (1996). Apenas as valvas esquerdas foram utilizadas para as análises, dada a morfologia inequivalve da charneira.

Para a criação de um único arquivo de imagens que incluía todas as fotos do estudo foi utilizado o software tpsUtil (*TPS Utility Program*), versão 1.81. Já para a digitalização dos marcos anatômicos e para a obtenção das coordenadas utilizou-se o software tpsDIG2, versão 2.31, em processo realizado por um único observador. Os pontos são definidos baseados em características conquiliológicas facilmente reconhecíveis e representam partes morfológicas da charneira, sistema muscular adutor e as áreas do escudo e lúnula (Figura 2). O marco 1 - Ponta do umbo; 2- Junção ventral da lúnula com a margem comissural; 3- Ponto dorsal do dente cardinal anterior; 4- Ponta ântero-ventral do dente cardinal anterior; 5- Ponta pósterio-ventral do dente cardinal anterior; 6- Ponta dorsal do dente cardinal médio; 7- Extremidade ântero-ventral do dente cardinal médio; 8- Ponta pósterio-ventral do dente cardinal médio; 9 - Ponta dorsal da cavidade dentária cardinal posterior ; 10- Ponta ventral da cavidade dentária cardinal posterior; 11- Ponta dorsal da cicatriz do músculo retrator/adutor anterior; 12- Junção da ponta ventral da cicatriz do músculo adutor anterior e linha palial; 13- Ponta dorsal da cicatriz do músculo retrator/adutor posterior; 14- Junção da ponta ventral da cicatriz do músculo adutor posterior e linha palial; 15 -Marca do sinus palial ; 16- Extremidade ventral do escudo; 17 - Extremidade posterior da concha.

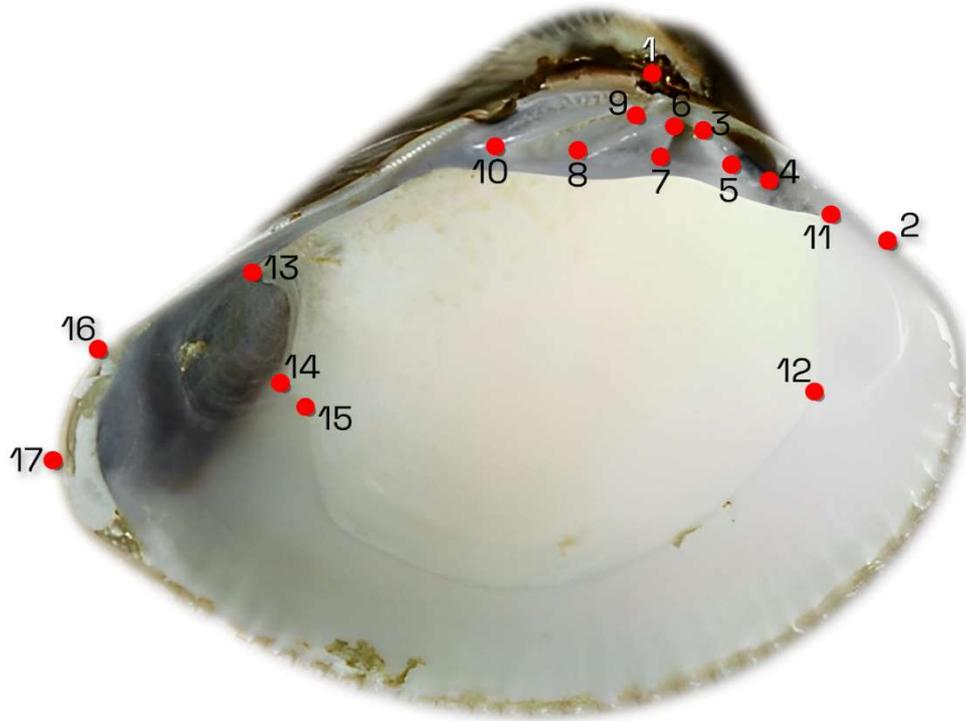


Figura 2 - Valva esquerda de *Anomalocardia flexuosa* mostrando os marcos anatômicos usados para análise.

### 4.3. ANÁLISE DE DADOS

#### 4.3.1. ANÁLISE GENERALIZADA DE PROCRUSTES (GPA)

Uma sobreposição foi feita com os dados obtidos através de uma Análise Generalizada de Procrustes (*Generalized Procrustes Analysis*, GPA) visando remover quaisquer interferências de tamanho, posição e orientação na forma. Tendo estes dados livres desses efeitos, as variáveis podem ser utilizadas para comparar as diferenças com representações gráficas (ADAMS *et al.*, 2004). Num primeiro momento o tamanho foi calculado pelo centróide, medida que conta com a vantagem de ser independente da forma a ser estudada na ausência de alometria (BOOKSTEIN, 1991). As configurações são rotacionadas para minimizar as diferenças entre marcos anatômicos correspondentes (FORNEL e CORDEIRO-ESTRELA, 2012).



Figura 3 - Exemplo da medida da distância de Procrustes no Espaço de Kendall. Fonte: adaptado de SAVRIAMA (2021).

#### **4.3.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)**

Para determinar de forma geral os eixos principais que explicam a maior parte das variações na forma dos espécimes, foi realizada primeiramente uma análise de 30 Componentes Principais (*Principal Component Analysis*, PCA). A PCA busca encontrar os eixos de maior variância da amostra, onde cada componente principal é um eixo linear das variáveis originais. O primeiro componente (PC1) é gerado de tal forma que capture a maior variância possível. O segundo componente (PC2) é ortogonal ao primeiro (PC1) e captura tanta variância restante quanto possível, e assim sucessivamente (PERES-NETO *et al.*, 1995). Em termos práticos, somente os 2 ou 3 primeiros deverão ser interpretados na busca de respostas biológicas, pois normalmente explicam a maior porcentagem de variação dos dados (ZELDITCH *et al.*, 2012).

#### **4.3.3. ANÁLISE DE VARIÁVEIS CANÔNICAS (CVA) E FUNÇÃO DISCRIMINANTE**

As Análises de Variáveis Canônicas (*Canonical Variate Analysis*, CVA) determinam se os grupos predefinidos podem ser reconhecidos estatisticamente com base em dados multivariados, como coordenadas de Procrustes. É uma análise semelhante a PCA, em que novos eixos são construídos, cada um uma combinação linear das variáveis originais e ortogonais a todas as outras, e os espécimes são ordenados ao longo desses novos eixos (WEBSTER e SHEETS, 2010). No entanto, cada valor é orientado, seguindo as restrições criadas com o posicionamento ortogonal, para resumir a diferença máxima da variância entre os grupos e a mínima variância dentro de cada um destes. Em resumo, é diferente da PCA pois assume que os indivíduos podem ser atribuídos a grupos predefinidos e somente depois testa o quanto os dados podem ser usados para corroborar com as atribuições.

A análise de função discriminante pode ser comparada a uma CVA, onde se

compara apenas um par de grupos. Esta técnica de análise multivariada é utilizada com o objetivo de diferenciar populações e/ ou classificar objetos em grupos predefinidos quando a variável dependente é categórica, como área, e as variáveis independentes são métricas, como coordenadas de Procrustes e tamanho de centróide. A análise visa a construção de um conjunto de discriminantes que podem ser utilizados para descrever ou caracterizar a separação dos grupos utilizando um subconjunto de variáveis, para analisar a contribuição das variáveis originais e avaliar o grau de separação (HAIR *et al.*, 1998). Assim, foram realizadas análises discriminantes entre áreas e subáreas do estudo, com o intuito de se comparar com os resultados obtidos pela CVA.

Todas as análises morfométricas foram realizadas usando o software MorphoJ, versão 1.07a (KLINGENBERG, 2011). Além destas, as medidas lineares de altura e comprimento da concha foram mensuradas para análises descritivas, a fim de dar maior robustez aos dados morfométricos e auxiliar na definição das classes de tamanho dos indivíduos em cada área.

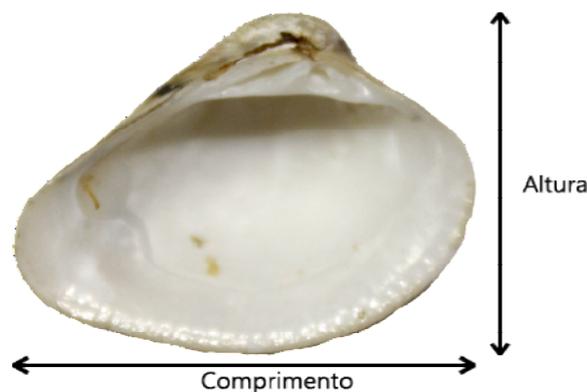


Figura 4 - Variáveis lineares de *Anomalocardia flexuosa* usadas para análise.

#### 4.4. ANÁLISE COM NÚMERO IGUAL ENTRE ÁREAS

Foi feita uma segunda análise, vista a diferença de quantidade de representantes de cada área na primeira análise, desta vez com uma quantidade igual de espécimes, 50 em cada área, número mínimo que performa com rigor e menor escape estatístico de erros (ROHLF, 2000). Estes indivíduos também foram selecionados aleatoriamente em cada área e analisados sob os mesmos testes estatísticos da primeira.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. ANÁLISE ENTRE ÁREAS

#### 5.1.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Primeiramente foram analisados os dados lineares de comprimento e altura dos indivíduos. As classes de tamanho foram determinadas para os indivíduos de cada área e após foi realizado um teste Shapiro-Wilk para análise da aderência à normalidade dos dados, hipótese que foi rejeitada em ambas as áreas ( $W_1 = 0,98165$ ;  $p_1 = 0,00603$ ;  $W_2 = 0,953$ ;  $p_2 = 0,001604$ ). Dada a ausência de normalidade, foi feito um teste Mann-Whitney, que mostrou que há diferença nos tamanhos entre as áreas ( $U = 6096$ ;  $n_1 = 217$ ;  $n_2 = 97$ ;  $p < 0,001$ ) e no geral, a Área 2 apresentou tamanhos superiores a Área 1.

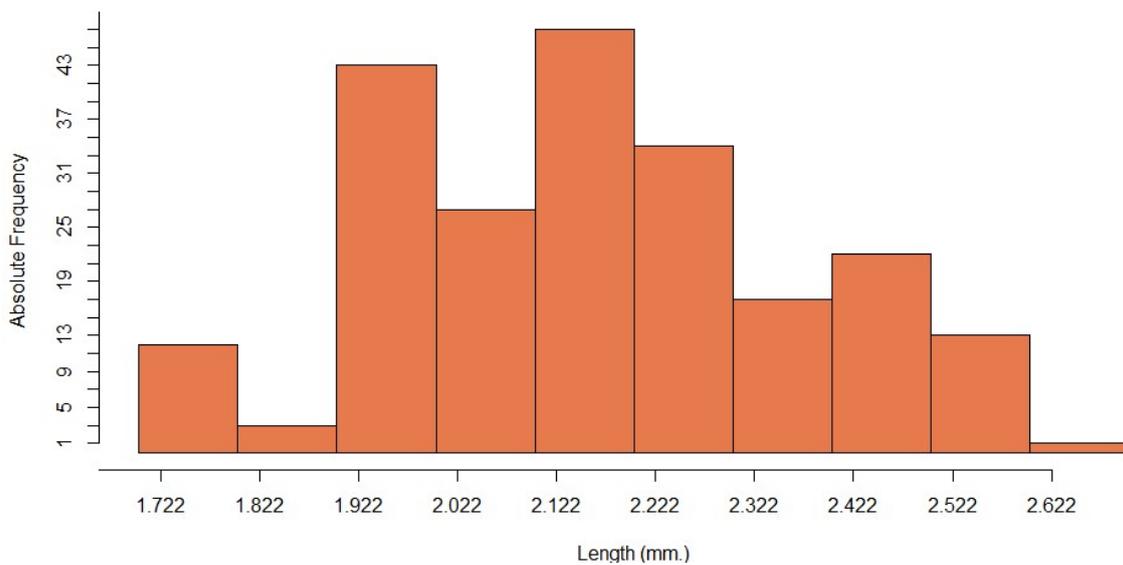


Figura 5 - Distribuição de frequência do comprimento dos indivíduos na Área 1.

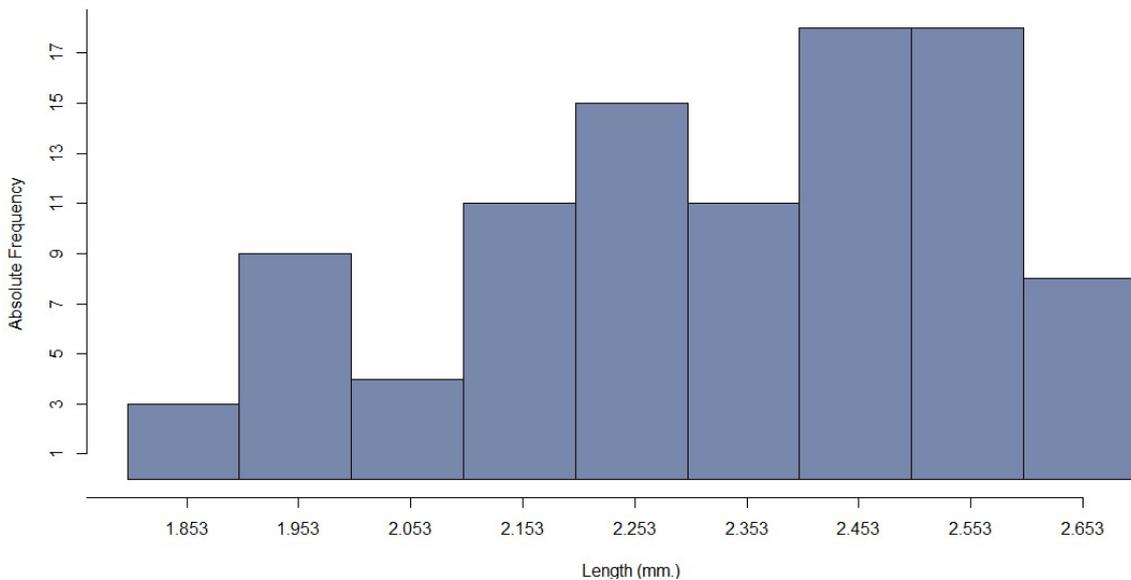
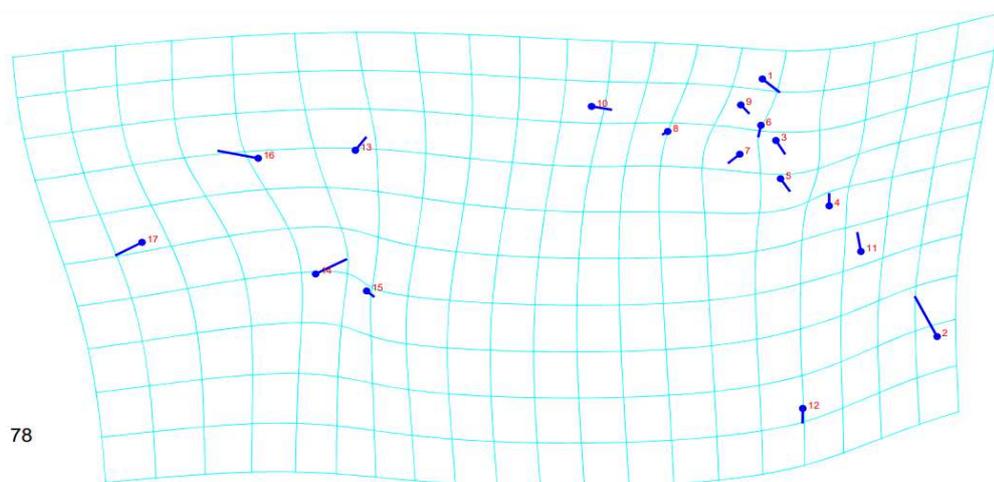


Figura 6 - Distribuição de frequência do comprimento dos indivíduos na Área 2.

### 5.1.2. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Foram incluídos na análise os 314 exemplares, visto que a análise de *outliers* mostrou um resultado próximo ao esperado. Para as análises de morfometria geométrica, após a superimposição Procrustes, a Análise de Componentes Principais (PCA), baseada na matriz de covariância, apresentou variância de 51,38% nos dois primeiros componentes, sendo 37,38% para o PC1 e 13,99% para o PC2. A variação da forma associada aos dois primeiros componentes representa o alongamento anteroposterior do animal, com o comprimento do sifão e tamanho do pé mudando o comprimento da forma.



78

Figura 7 - Análise Generalizada de Procrustes, representação: grade de deformação e vetores indicativos.

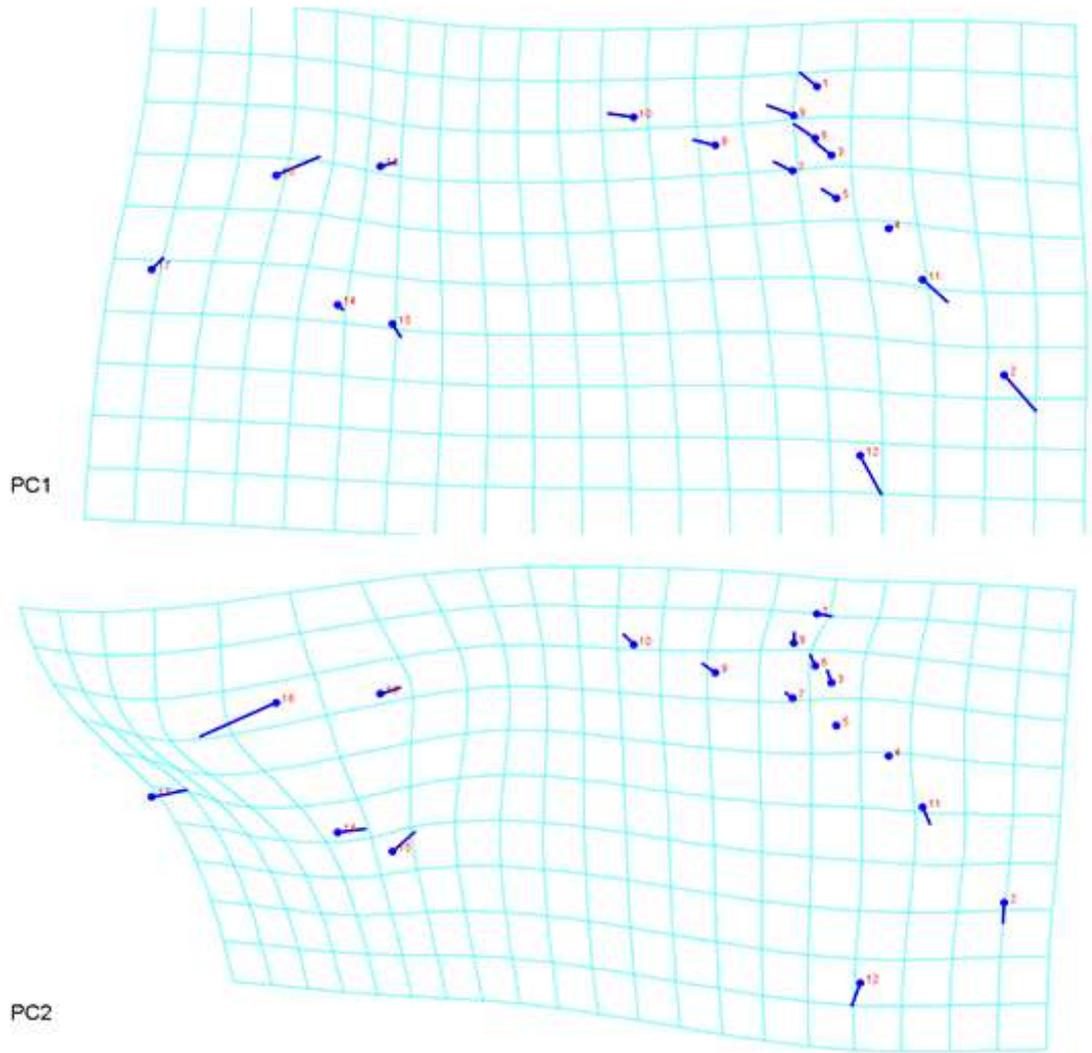


Figura 8 -Variações da forma para cada Componente Principal, representação: grade de deformação e vetores indicativos.

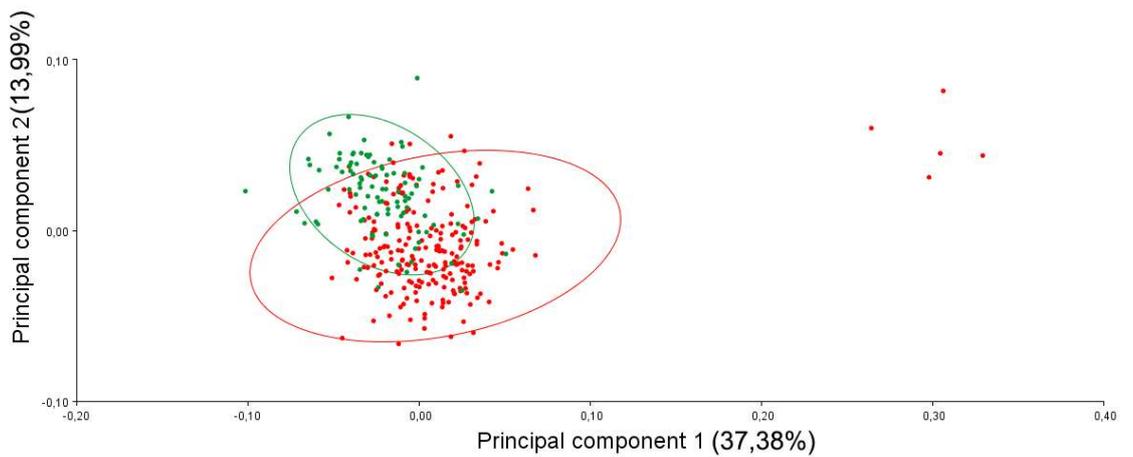


Figura 9 - Análise de Componentes Principais (PCA) na comparação entre áreas, no espaço

de dois eixos (PC1 × PC2). São mostradas as elipses de 90% de confiança para cada área: Área 1 em vermelho e Área 2 em verde.

A Análise de Variáveis Canônicas e da Função Discriminante para estes dados mostrou a possibilidade de que pode haver alguma mudança da forma entre os espécimes nas duas áreas, embora não seja tão significativa. A validação cruzada corroborou com os dados encontrados na PCA referentes ao PC1, demonstrando o alongamento anteroposterior do animal.

	Área 1	Área 2	Total
Área 1	192 (88,59%)	25 (11,41%)	217
Área 2	8 (8,25%)	89 (91,75%)	97

Tabela 1 - Análise da Função Discriminante entre áreas na primeira análise, dados de validação cruzada. Valor de  $P < 0,0001$ .

## 5.2. ANÁLISE COM MESMO NÚMERO DE INDIVÍDUOS ENTRE ÁREAS

### 5.2.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Os dados da segunda análise, ao contrário da primeira, apresentaram distribuição normal para as duas áreas segundo o teste Shapiro-Wilk ( $W_1 = 0,9808$ ;  $p_1 = 0,5890$ ;  $W_2 = 0,9541$ ;  $p_2 = 0,0506$ ). Em seguida, foi feito um teste t-Student, que também retornou com resultados significativos ( $t_{(98)} = 2,87$ ;  $p = 0,004946$ ), mostrando que há diferença no tamanho entre as áreas nesta análise reduzida. As classes de tamanho também foram determinadas para os indivíduos de cada área para caracterizar indivíduos jovens e adultos.

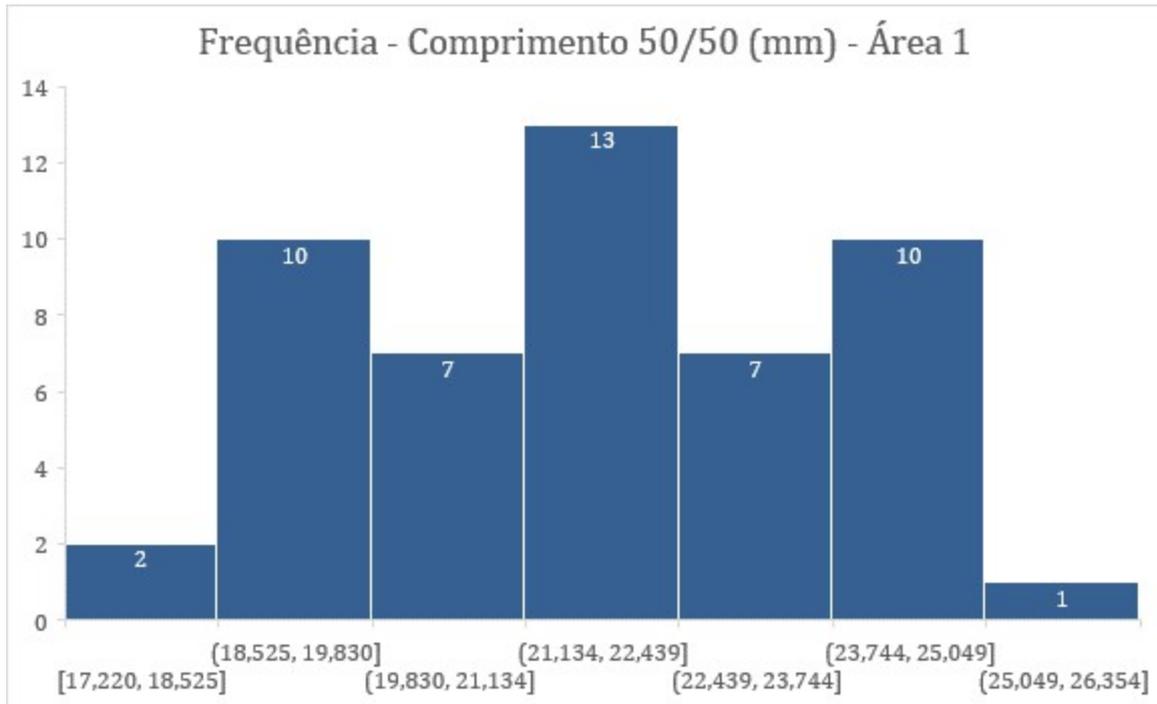


Figura 10 - Distribuição de frequência do comprimento dos indivíduos da segunda análise na Área 1

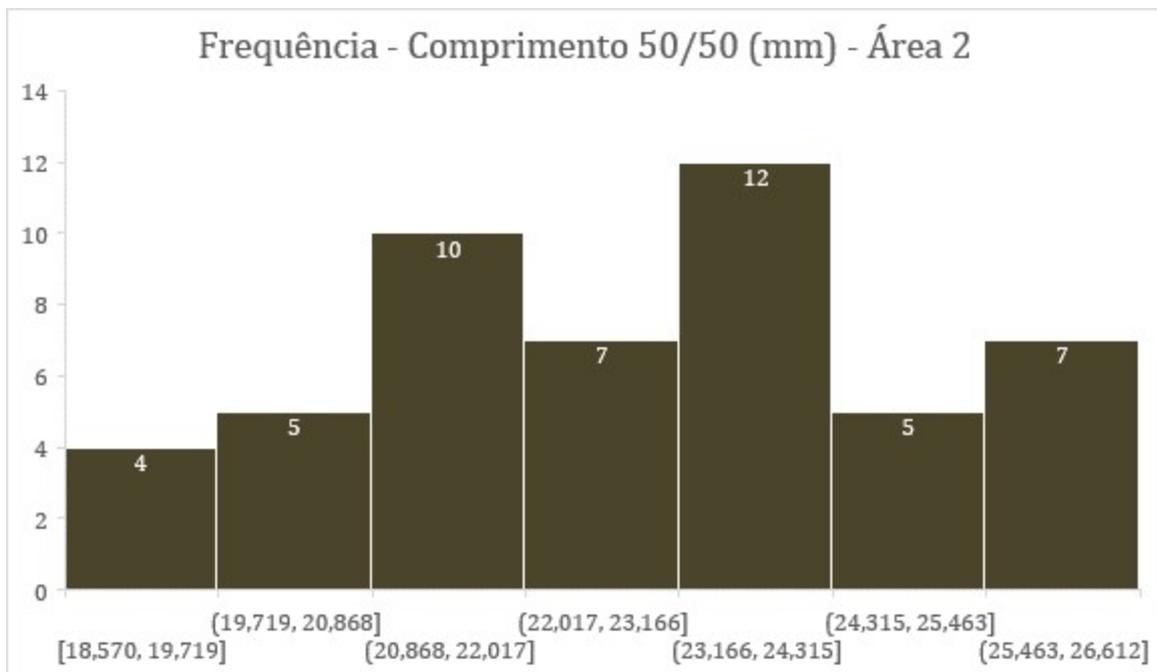


Figura 11 - Distribuição de frequência do comprimento dos indivíduos da segunda análise na Área 2

### 5.2.2. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Após a superimposição de Procrustes (Figura 7), a análise de Componentes Principais (Figura 8) revelou que mesmo com uma variação menor existe alguma separação entre os grupos, apesar da diferença de forma não ser notável, ela

acontece sobretudo na extremidade posterior (PC1 = 32,99%; PC2 = 17,05%). A Figura 8 reforça a sobreposição com algumas diferenças pontuais entre os grupos através das PC1 e PC2.

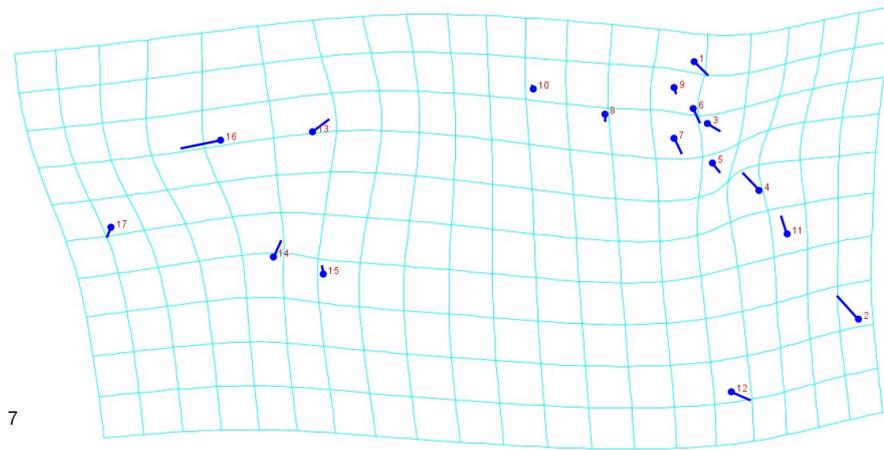


Figura 12 - Análise Generalizada de Procrustes da segunda análise, representação: grade de deformação e vetores indicativos.

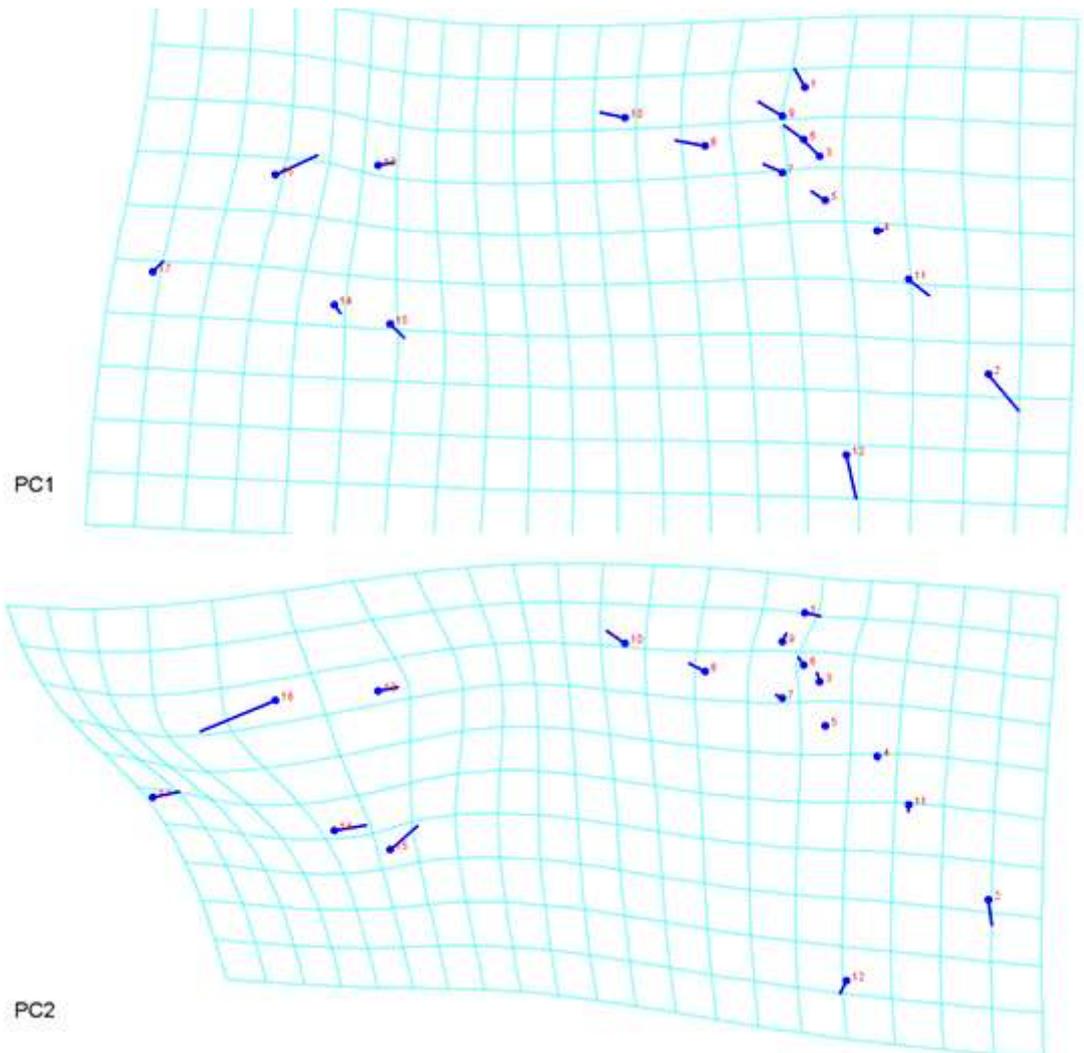


Figura 13 -Variações da forma para cada Componente Principal na segunda análise, representação: grade de deformação e vetores indicativos.

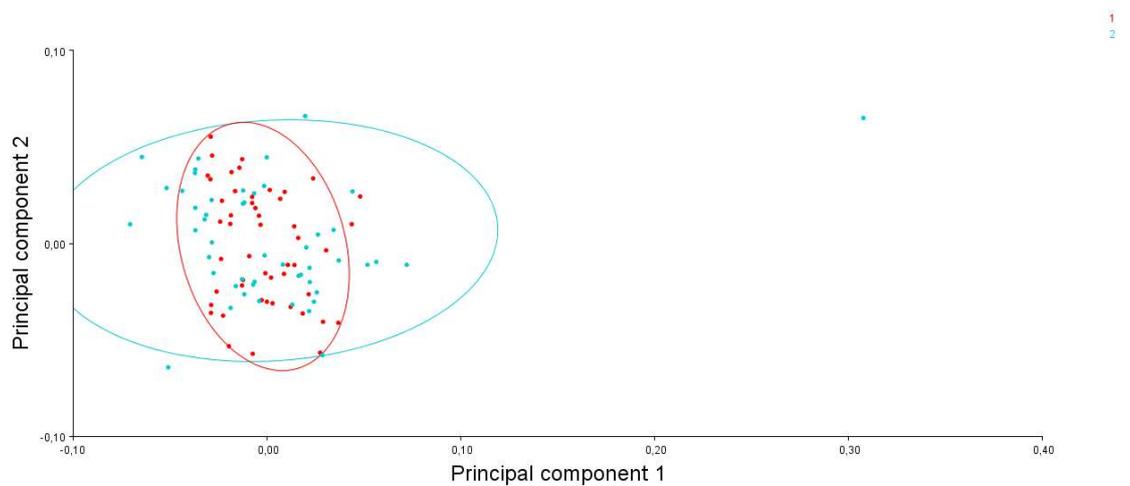


Figura 14 - Análise de Componentes Principais (PCA) na comparação entre áreas, no espaço de dois eixos (PC1 × PC2). São mostradas as elipses de 90% de confiança para cada área: Área 1

em vermelho e Área 2 em verde.

Para a segunda análise, a Análise de Variáveis Canônicas e da Função Discriminante revelou também uma separação das espécies, referente também às mudanças na região anteroposterior. A Tabela 2 mostra os resultados da validação cruzada dos dados encontrados.

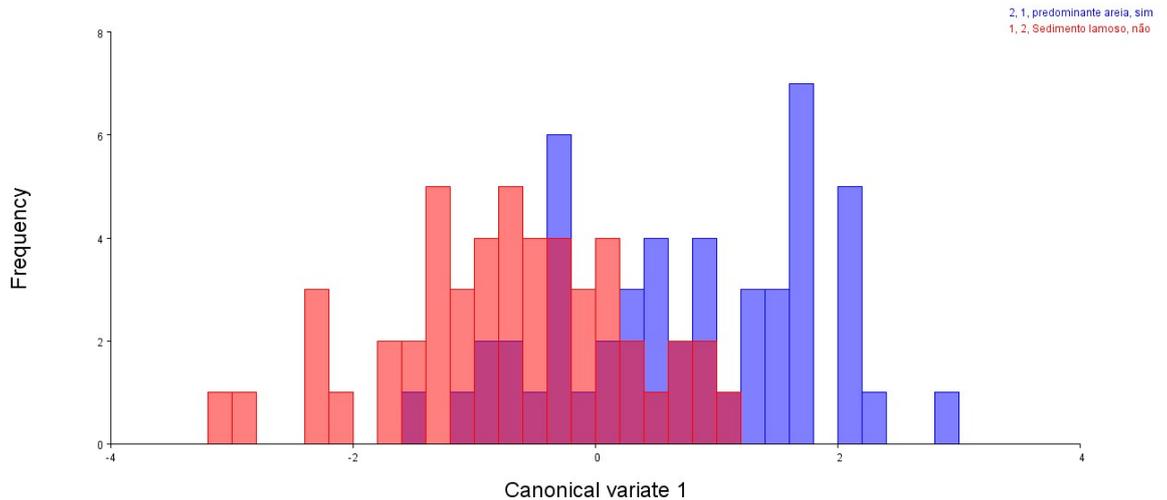


Figura 15 - Análise de Componentes Principais (PCA) na comparação entre áreas, no espaço de dois eixos (PC1 × PC2). São mostradas as elipses de 90% de confiança para cada área: Área 1 em vermelho e Área 2 em azul.

	Área 1	Área 2	Total
Área 1	26 (52%)	24 (48%)	50
Área 2	25 (50%)	25 (50%)	50

Tabela 2 - Análise da Função Discriminante entre áreas na segunda análise, dados de validação cruzada. Valor de  $P < 0,0001$ .

## 6. DISCUSSÃO

A morfologia da concha de bivalves pode ser formulada como o resultado combinado do genótipo, das influências ambientais e das interações com o ambiente

(ROOPNARINE *et al*, 2008). A variação morfológica da concha dentro de uma espécie também pode ser atribuída a processos ecológicos e fenotípicos. Os resultados das primeiras análises descritivas mostram que há uma diferença entre as áreas quando considerados todos os indivíduos, mas cabe aqui a discussão sobre que possíveis fatores possam direcionar a análises até esse resultado.

Há uma disparidade considerável no número de espécimes entre áreas, de pelo menos 120 de diferença da área 1 para a área 2, causado pelo estrito tempo de trabalho possível durante este período de pandemia. Uma possível causa para ser vista nessa diferença de entre os comprimentos de cada área são outras atividades que acontecem na área, com intensa exploração da espécie na área 1. Com a velocidade das correntes e força da maré reduzidas nestas regiões de mangue, a deposição de sedimentos mais finos é facilitada (MEDEIROS, 2016) e assim, a área 1 torna-se mais favorável a permanência e crescimento de espécimes, que logo são visadas para a exploração que ali acontece.

Aspectos biológicos, como a competição por espaço e recursos podem também ocasionar interferências na dinâmica populacional das espécies, especialmente relacionadas a processos relacionados a densidade em filtradores (MATTOS E CARDOSO, 2012). Na área 2, além da presença da pradaria de *H. wrightii*, há diferenças na granulometria que auxiliam numa redução na distribuição e densidade de *A. flexuosa* (OLIVEIRA, 2019) e possivelmente explica os tamanhos registrados na área, com indivíduos mais bem selecionados, que resistem a essas variáveis e podem crescer até tamanhos maiores. Em nenhuma das áreas neste estudo foram encontrados indivíduos jovens, com comprimento de concha igual ou inferior a 13,8 mm segundo a literatura. Novamente, a disparidade entre a quantidade de indivíduos pode responder a isto, embora também a maioria observada aqui tem comprimento pouco maior que o considerado como adulto, com maiores frequências relativas entre 17 e 20mm. Os dados da segunda análise, feita com 50 indivíduos selecionados aleatoriamente de cada área da primeira análise, apresentou uma distribuição normal e resultados significativos para a diferença no tamanho e seguindo a mesma variação, com maioria dos indivíduos entre 17 e 20mm de comprimento.

Estes dados lineares são muito importantes para uma melhor compreensão dos dados das análises morfométricas, visto que a sobreposição entre os indivíduos de cada área e as mudanças na forma dos espécimes foram significativas para o

comprimento. O alongamento anteroposterior mostrados pelas análises de componentes principais pode ser visto numericamente com as análises lineares, e a pouca significância desses dados reforçam a ideia de as mudanças serem mais de tamanho que de forma especificamente. A segunda análise, feita com o grupo de 100 indivíduos reforça que as mudanças mais pontuais na forma são vistas nos pontos da região anteroposterior, possivelmente devido aos esforços para se enterrarem mais profundamente e posicionarem melhor os sifões.

## 7. CONCLUSÃO

- Recursos presentes na morfometria geométrica foram capazes de discriminar e apontar de maneira fundamentada, as diferenças na forma da concha de *Anomalocardia flexuosa* no estuário do rio Apodi-Mossoró;
- Os dados estatísticos mostraram que são dois grupos com distinções e o comprimento da forma é significativo para diferenciá-los em certos pontos;
- Além da forma, o tamanho variou significativamente quando em comparação entre uma área sem pradarias de angiospermas e na presença de uma pradaria de *Halodule wrightii*;

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDINO, M. S.; MONTEMAYOR, D. I.; ESCAPA, M.; ALVAREZ, M. F.; VALIÑAS, M.; LOMOVASKY, B. J.; IRIBARNE, O. (2015) Effect of *Spartina alterniflora* Loisel, 1807 on growth of the stout razor clam *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786) in a SW Atlantic estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v.463, 135–142, 2015.

ADAMS, D. C.; ROHLF, F. J.; SLICE, D. E. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, v. 71, n. 1, p. 5-16, 2004.

ANDERSON, L.C.; ROOPNARINE, P.D. (2005) Role of constraint and selection in the morphologic evolution of *Cariocorbula* (Mollusca: Corbulidae) from the Caribbean Neogene. *Palaeontol Electron* 8  
[http://palaeoelectronica.org/paleo/2005\\_2/mollusca/issue2\\_05.htm](http://palaeoelectronica.org/paleo/2005_2/mollusca/issue2_05.htm).

BARREIRA, C. A. R. e ARAÚJO, M.L.R. Ciclo reprodutivo de *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, vol. 31, no. 1, 9-20, 2005.

BARROS, K. V. S.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; MAGALHÃES, K. M. Seagrass meadows on the northeast coast of Brazil: habitat influence on the spatial and seasonal variations. In: SNYDER, M. (Ed.). *Aquatic Ecosystems: Influences, Interactions and Impact on the Environment*. New Jersey: Nova Science Publishers, 2016. p. 1-29.

BOEHS, G. Ecologia populacional, reprodução e contribuição em biomassa de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. 2000. 201 f. Tese (Doutorado em Zoologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

BOOKSTEIN, F. L. Thin-plate splines and the atlas problem for biomedical images. In: *Biennial international conference on information processing in medical imaging*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1991. p. 326-342.

BOOKSTEIN, F. L. *Advances in morphometrics*. Springer, Boston, MA, 1996.

BRUSCA, R.C.; W. MOORE & S.M. SHUSTER, 2018. *Invertebrados*. 3a edição. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro. 1010pp.

DENADAI, M.R. et.al. Veneridae (Mollusca, Bivalvia) da costa norte do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrópica*, v. 6, n.3, 2006.

CREED, J. C.; AGUIAR, M. V. P.; SOARES, A. C.; MARQUES, L. V. 2018. *Seagrasses of Southeast Brazil*.

DINIZ, M. T. M.; VASCONCELOS, F. P. Natural conditions for the sea salt production

in Brazil. *Mercator*, v.16, 2017.

FORNEL, Rodrigo; CORDEIRO-ESTRELA, Pedro. Morfometria geométrica e a quantificação da forma dos organismos. *Temas em Biologia: Edição comemorativa aos*, v. 20, p. 101-120, 2012.

FRANSOZO, A. & M.L. NEGREIROS-FRANSOZO (eds.), 2016. *Zoologia dos Invertebrados*. 1ª edição, Rio de Janeiro, Roca, ISBN: 978-85-277-2806-5

GERALDI, R. M. Distribuição espacial, recrutamento, crescimento e mortalidade de *Erodona mactroides* Bosc, 1802 (Mollusca, Pelecypoda) na Lagoa dos Patos, RS – Brasil. Tese (Doutorado Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2002.

HAIR, Joseph F. et al. Black (1998), *Multivariate data analysis*. 1998.

HEMMINGA, M.A.; DUARTE, C.M. *Seagrass ecology*. 1ª Edição. Cambridge: University Press, 2000.

KLINGENBERG, C. P. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular ecology resources*, v. 11, n. 2, p. 353-357, 2011.

LUZ, J. R.; BOEHS, G. Reproductive cycle of *Anomalocardia brasiliana* (Mollusca: Bivalvia: Veneridae) in the estuary of the Cachoeira River, Ilhéus, Bahia. *Braz. J. Biol.*, vol. 71, no. 3, p. 679-686. 2011.

MARINHO, T. e ARRUDA, E. 2021. Shell-specific differentiation: how geometric morphometrics can add to knowledge of *Macominae* species (Tellinidae, Bivalvia). *Marine Biodiversity*. 51. 10.1007/s12526-021-01176-x.

MÁRQUEZ, F.; ROBLEDO, J.; PEÑALOZA, G. E.; VAN DER MOLEN, S. 2010. Use of different geometric morphometrics tools for the discrimination of phenotypic stocks of the striped clam *Ameghinomya antiqua* (Veneridae) in north Patagonia, Argentina. *Fisheries Research*, 101(1-2), 127–131. doi:10.1016/j.fishres.2009.09.018

MATTOS, G. & CARDOSO, R. S. Population dynamics of two suspension-feeding bivalves on a sheltered beach in southeastern Brazil. *Helgol Mar Res*, v.66, 393-400, 2012.

MEDEIROS, A. M. A.; BARBOSA, J. E. L.; MEDEIROS, P. R.; ROCHA, R. M.; SILVA, L. F. Salinity and freshwater discharge determine rotifer distribution at the Mossoró River Estuary (Semiarid Region of Brazil). *Braz. J. Biol.*, v.70, n.3, 551-557, 2010.

MEDEIROS, D. H. Ambientes hipersalinos no litoral semiárido brasileiro: zona estuarina do rio Apodi-Mossoró (RN). 151f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016.

MEDEIROS, D. H. M.; CAVALCANTE, A. A.; PINHEIRO, L. S. Respostas dos padrões de sedimentação e hipersalinidade na cobertura vegetal de planície

estuarina sob influência da semiaridez. *Geosul*, v.33, n.66, 70-84, 2018.

MONEVA, C.S.; BAQUIANO PM, BLASCO JR. J.; BORLAZA K.M.; BURIAS D.M.; FLORES, K. et al. Comparative morphological descriptions of interior shell patterns of the Venerid bivalves: *Meretrix lyrata*, *Mercenaria mercenaria* and *Venerupis philippinarum* using Landmarkbased Geometric Morphometric Analysis. *AACL Bioflux*. 2014; 7(5):386-395

NEUBAUER, T. A.; HARZHAUSER, M.; MANDIC, O. Phenotypic evolution in a venerid bivalve species lineage from the late Middle Miocene Central Paratethys Sea: a multi-approach morphometric analysis. *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 110, n. 2, p. 320-334, 2013.

OLIVEIRA, I, A. Ecologia populacional e dinâmica pesqueira de *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) (BIVALVIA: VENERIDAE) em um estuário hipersalino do semiárido brasileiro. Orientadora: Cristina de Almeida Rocha Barreira. 2019. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

PALMER, M.; PONS, G. X.; LINDE, M. Discriminating between geographical groups of a Mediterranean commercial clam (*Chamelea gallina* (L.): Veneridae) by shape analysis. *Fisheries research*, v. 67, n. 1, p. 93-98, 2004.

PERES-NETO, P. Introdução a análises morfométricas. *Oecologia Brasiliensis*, v. 2, n. 1, p. 3, 1995.

RIOS, E. C. *Seashells of Brazil*. 2. ed. Rio Grande: Fundação Universidade do Rio Grande, v. 492, 2009.

ROCHA, A. B.; BACCARO, C. A. D.; SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G. V. Mapeamento geomorfológico da bacia do Apodi-Mossoró – RN – NE do Brasil. *Mercator – Revista de Geografia da UFC*, v.8, n.16, 2009.

ROCHA, A. B.; CLAUDINO-SALES, V. C.; SALES, M. C. L. Geoambientes, uso e ocupação do espaço no estuário do Rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. *REDE – Revista Eletrônica do Prodema*, v.7, n.2, 60-75, 2011a.

RODRIGUES, A. M. L.; BORGES-AZEVEDO, C. M.; HENRY-SILVA, G. G. Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae). Revisão. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 8, n. 4, p. 377-383, 2010.

ROHLF, F. J.; MARCUS, L. F. A revolution morphometrics. *Trends in ecology & evolution*, v. 8, n. 4, p. 129-132, 1993.

ROHLF, F. J. On the use of shape spaces to compare morphometric methods. *Hystrix-the Italian Journal of Mammalogy*, v. 11, n. 1, 2000.

ROHLF, F.J. tpsUtil. Versão 1.81 [S. I.], 2021. Disponível em: <https://www.sbmorphometrics.org/soft-utility.html.html>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ROHLF, F.J. tpsDIG2. Versão 2.31 [S. I.], 2018. Disponível em: <https://www.sbmorphometrics.org/soft-dataacq.html>. Acesso em: 16 jul. 2021.

ROOPNARINE, P. D. & G. J. Vermeij, 2000. One species becomes two: the case of *Chione cancellata*, the resurrected *C. elevata*, and a phylogenetic analysis of *Chione*. *Journal of Molluscan Studies*, 66: 517–534

ROOPNARINE, P. D.; SIGNORELLI, J.; LAUMER, C. Systematic, biogeographic, and microhabitat-based morphometric variation of the bivalve *Anomalocardia squamosa* (Bivalvia: Veneridae: Chioninae) in Thailand. *The Raffles Bulletin of Zoology*, Suppl. 18, p. 95-102.

SILVA-CAVALCANTI, J. S., COSTA, M. F, ALVES L. H. B. 2018. Seasonal variation in the abundance and distribution of *Anomalocardia flexuosa* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) in an estuarine intertidal plain. *PeerJ* 6:e4332 <https://doi.org/10.7717/peerj.4332>

SANTOS, W. J. P. et al. Variação morfométrica de *Tivela mactroides* (Bivalvia, Veneridae) no litoral Norte-Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 21, n. 1, p. 1-11, 2020.

SAVRIAMA, Y.; GERBER, S. Symmetry of Shapes in Biology: from D'Arcy Thompson to Morphometrics. 10.1002/9781119476870.ch1, 2021.

VAUX, Felix et al. Evolutionary lineages of marine snails identified using molecular phylogenetics and geometric morphometric analysis of shells. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 127, p. 626-637, 2018.

WEBSTER, M. A. R. K.; SHEETS, H. D. A practical introduction to landmark-based geometric morphometrics. *The paleontological society papers*, v. 16, p. 163-188, 2010.

ZELDITCH, M. L.; SWIDERSKY, D. L.; SHEETS, H. D. *Geometric Morphometrics for Biologists: A primer*. Second Edition. 2012.