



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RENAN VICTOR BRITO AGUIAR PARENTE

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO GASTRÓPODE *Melampus coffea* AO
LONGO DO ESTUÁRIO DO RIO PACOTI, CEARÁ, BRASIL

FORTALEZA, 2023

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)

P252d Parente, Renan Victor Brito Aguiar.
Distribuição espaço-temporal do gastrópode *Melampus coffea* ao longo do estuário do Rio Pacoti, Ceará, Brasil / Renan Victor Brito Aguiar Parente. – 2022.
33 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2022.

Orientação: Profa. Dra. Helena Matthews-Cascon.

Coorientação: Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira.

1. Manguezal. 2. Ellobiidae. 3. *Melampus coffea*. 4. Temperatura. 5. Salinidade. I. Título.

CDD 570

RENAN VICTOR BRITO AGUIAR PARENTE

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO GASTRÓPODE *Melampus coffea* AO
LONGO DO ESTUÁRIO DO RIO PACOTI, CEARÁ, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Ciências Biológicas do Centro de
Ciências da Universidade Federal do Ceará,
como um dos requisitos à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas

Orientadora: Helena Matthews-Cascon

Coorientadora: Cristina de Almeida Rocha
Barreira

Aprovado em 07/12/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Helena Matthews-Cascon
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Cascon
Universidade Federal do Ceará

Me. Carlos Augusto Oliveira de Menezes
Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que até hoje dedicam suas vidas aos filhos, dando sempre o melhor e um pouco mais por mim, não deixando faltar nada em casa, principalmente amor.

À Vivi, minha irmã, companheira pra mim desde os meus 3 anos de idade. Minha melhor amiga e a pessoa que eu mais quero bem nesse mundo.

À Noeme, minha segunda mãe, que sempre me amou “do tamanho de um copo d’água”.

Ao Billy, meu companheiro por 15 anos e o melhor cachorro que eu poderia ter tido, você faz falta.

À Bonnie e ao Galileu, meus 2 gatos lindos.

Aos meus avós paternos, Euclides e Rosinha. Saudades do seu abraço, vô, e de te ouvir conversando, vô. Sentar na calçada nunca vai ser a mesma coisa sem vocês.

Aos meus avós maternos, Zé Gomes e Maria Brito (a querida Mainha), um muito amoroso e generoso com os netos, e a outra foi a dona do maior coração de todos, assim como do melhor colo. Sinto falta dos 2.

À todos os meus tios e tias, que sempre deixaram evidente o quão querido eu sou, principalmente os meus padrinhos, José Assunção e Eliete.

Às minhas primas e aos meus primos, minhas irmãs e irmãos mais velhos, amo muito a todos, e esse amor continua para os os filhos de vocês.

Ao Antonio e ao Gabriel, os melhores amigos que a vida me proporcionou, obrigado por todos esses anos de jogos, idas ao cinema e companheirismo.

À Bea, que entrou na minha vida pra nunca mais sair, te amo amiga.

À Maria, minha amiga querida que pude conhecer pessoalmente durante minha viagem ao Sul.

À Maysa, você é muito especial pra mim, adoro rir das besteiras que a gente conversa.

Aos grupo “Cornos”, os melhores companheiros de graduação, Leal, Matheus, Jonathas, Igor, Sabrina, Alfredo, Maria Vitória, Lorena, Alanna, e Estefane. Vocês são sensacionais.

Aos meus amigos Rocha, Yan, Will, Isabel, Ruth, e Paulo. Me divirto com todos.

Aos amigos que fiz ao longo da vida e que não poderiam ser deixados de fora: André, Isaac, Júlia, Duda, Marina, Sofia, Alexandre, Lays, Bia Lima, Bia Paiva, Bia Carvalho, Lis, Mirela, Lia, Thalita, Eduarda, Yuri, Inessa, Thayna, Amanda, Samille, Afonso, Leticia, Gabi.

Ao grupo “Spainer Hau”, obrigado por me acolherem e por todas as chamadas já feitas.

A todos os meus companheiros do Brisa Bar, vocês transformam o trabalho em algo mais leve.

À minha orientadora Helena, uma inspiração e um doce de pessoa, e aos meus companheiros do LIMCE que me acompanharam e aos que me ajudaram nas coletas.

À minha co-orientadora Cristina e ao Lucas Brito, por toda a ajuda na estatística para esse trabalho, e aos professores e colegas do Zoobentos por também ajudarem nas coletas.

“Always look on the bright side of life”

Eric Idle - Monty Python: A Vida de Brian
(1979)

RESUMO

O manguezal é um ecossistema presente na região entre marés. O Brasil possui pouco mais de 91% de seu litoral composto por mangue, se estendendo do Norte ao Sul do país. *Melampus coffea* é um gastrópode pulmonado da família Ellobiidae conhecido popularmente como “caramujo-grão-de-café. Ele evidencia a transição do ambiente marinho para o terrestre, possuindo tanto características primitivas quanto derivadas e se alimenta da matéria orgânica que se acumula no mangue na baixa da maré. Para estudo do caramujo, foram realizadas coletas ao longo do estuário do rio Pacoti em 3 áreas diferentes, na COFECO, CEAC, e River Park, em pontos diferentes do curso do rio. As coletas foram realizadas dividindo 3 transectos (réplicas) em 3 parcelas (10 x 10m), do ponto mais distante ao mais próximo do rio. A coleta durava 20 minutos por parcela, e os animais foram levados para o laboratório para realização de medições do comprimento e da largura e depois devolvidos para campo. Também foi feita análise das espécies da vegetação, assim como medições de temperatura do ar, da água e do solo e de salinidade. Os dados foram analisados no software Statistica 7, no Primer e no R. Como resultado das coletas, constatou-se que a temperatura e a salinidade influenciam na distribuição espaço-temporal do caramujo, e a densidade das plantas influencia na estrutura populacional. A proximidade da água não necessariamente influencia na distribuição do gastrópode.

Palavras-chave: manguezal, Ellobiidae, *Melampus coffea*, temperatura, salinidade, densidade.

ABSTRACT

The mangrove forest is an ecosystem that exists in the intertidal zone. All over Brazil's coast, 91% of it is composed of mangrove forests, going from North to South of the country. *Melampus coffea*, also known as the “coffee-bean snail” is a gastropod of the family Ellobiidae. This species shows the transition from the sea to land environment, having both primitive and derived characteristics, feeding of organic matter that accumulates in the low tide. To study this snail, gatherings were made in 3 different areas by the Pacoti river, in different places of the river course. The gathering was made by dividing the area in 3 transects (replics) with 3 parcels (10 x 10m), from the furthest to the closest spot from the river. The timespan was 20 minutes by parcel, and the animals were taken to the laboratory for measurement of length and width, they were later returned back to the mangrove. Temperature, from the air, water, and soil were also collected, and so was the salinity. The data was analyzed using the software Statistica 7, and Primer. As a result, it was established that temperature and salinity both have an effect in the spatial and time distribution of the gastropod, while the plants have the influence in the density. Water proximity didn't have an influence in the distribution of the snail.

Key-words: mangrove, Ellobiidae, *Melampus coffea*, temperature, salinity, density.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagens de satélite das 3 áreas, da esquerda para a direita: COFECO, CEAC e River Park. p. 14.

Figura 2: Ponto de coleta no CEAC. p. 14.

Figura 3: Ponto de coleta COFECO (à esquerda) e River Park (à direita). p. 14.

Figura 4: Representação esquemática da metodologia de amostragem. P1= parcela 1; P2 = parcela 2; P3 = parcela 3. p.16

Figura 5: Gráfico geral da densidade (ind/m²) das 5 espécies de vegetação no mangue. p. 18.

Figura 6: Gráfico da densidade (ind/m²) das 5 espécies de mangue nas 3 áreas de estudo: COFECO, River Park, e CEAC. p. 18.

Figura 7: Temperatura do ar, da água e do solo ao longo do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), no bosque de mangue nas estações COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos de transição de 2022. p. 19.

Figura 8: Temperatura do ar, da água e do solo ao longo do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), no bosque de mangue nas estações COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos e seco de 2023. p. 20.

Figura 9: Temperatura do ar, da água e do solo ao longo do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), no bosque de mangue nas estações COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante o período chuvoso de 2023. p. 21.

Figura 10: Salinidade da água de percolação no solo do bosque de mangue nas estações COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos de transição de 2022, seco e chuvoso de 2023. p. 22.

Figura 11: Salinidade da água de percolação no solo ao longo do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), no bosque de mangue nas estações COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023. p. 23.

Figura 12: Densidade de indivíduos coletados nas 3 estações durante os 3 períodos. p. 24.

Figura 13: Frequência absoluta de indivíduos na estação COFECO durante os 3 períodos por comprimento em mm. p. 25.

Figura 14: Frequência absoluta de indivíduos na estação CEAC durante os 3 períodos por comprimento em mm. p. 26.

Figura 15: Frequência absoluta de indivíduos na estação River Park durante os 3 períodos por comprimento em mm. p. 26.

Figura 16: Comprimento da concha de *Melampus coffea* coletados nas estações COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos de transição de 2022, seco e chuvoso de 2023. p. 27.

Figura 17: Comprimento da concha de *Melampus coffea* coletados nas estações COFECO, CEAC, e River Park ao longo do estuário do Rio Pacoti durante os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023. p. 28.

Figura 18: Densidade de indivíduos coletados nas 3 estações por cada parcela. p. 28.

Figura 19: Comprimento da concha de *Melampus coffea* coletados nas estações COFECO, CEAC, e River Park ao longo do estuário do Rio Pacoti durante os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023. p. 29.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados pluviométricos de Aquiraz durante os 3 períodos de coleta: seco e transição (2022) e chuvoso (2023). p. 17

Tabela 2: Resultados da PERMANOVA para Temperatura do ar, da água e do solo, considerando os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023, as estações COFECO, CEAC e River Park e as parcelas do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), ao longo do estuário do rio Pacoti. p. 19

Tabela 3: Resultados da PERMANOVA para a salinidade da água de percolação, considerando os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023, as estações COFECO, CEAC e River Park e as parcelas do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), ao longo do estuário do rio Pacoti. p. 22.

Tabela 4: Valores de comprimento e largura de *Melampus coffea* por área e período. p. 24.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. PERGUNTA NORTEADORA E HIPÓTESES DA PESQUISA	12
3. OBJETIVO	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Área de estudo	13
4.2 Procedimentos de coleta	15
4.3 Fatores abióticos	16
4.4 Procedimentos de laboratório	16
4.5 Análise de dados	16
5. RESULTADOS	17
5.1 Caracterização das áreas de amostragem	17
5.2 Temperatura e salinidade no bosque de mangue	18
5.3 Estrutura Populacional	23
5.4 Distribuição espaço-temporal	28
6. DISCUSSÃO	30
7. CONCLUSÕES	31
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

Segundo Vannucci (2003) a palavra mangue é de origem africana, tendo sido aprendida pelos portugueses e espanhóis, com esses no caso chamando de “mangle”. Dela originou-se a palavra manguezal, que denomina o ecossistema outrora chamado de mangue. Para Schaeffer-Novelli et al. (2000), o termo “mangue” é usado para designar a vegetação cujas características e adaptações similares permitem que sobrevivam em ambiente alagado, salino e com substrato pobre em oxigênio. Enquanto o termo “manguezal” designa o ecossistema formado por essas árvores e arbustos, assim como os animais que lá vivem. Vanucci (2001, p. 599) disse que os manguezais são ecossistemas marginais unicamente bem definidos com fronteiras marcadas pelos níveis altos e baixos de marés.

As florestas de mangue estão distribuídas na região entre marés entre 30° N e 30° S de latitude (Alongi, 2009). Essa região situa-se entre os Trópicos de Câncer e de Capricórnio. O Brasil é o maior país da América Latina e, de todo o seu litoral, pouco mais de 91% é composto por manguezal, se estendendo do Norte na fronteira com a Guiana Francesa até o Sul em Laguna, Santa Catarina. (Schaeffer-Novelli et al., 2000).

A vegetação presente no manguezal possui adaptações únicas para a sobrevivência em tal ambiente, como a filtragem de sal e sua excreção. As plantas também possuem viviparidade como aspecto reprodutivo (Duke, 1992).

Segundo Martins (1996a), a taxonomia aceita para a espécie *Melampus coffea*, anteriormente chamada de *Melampus coffeus*, e adaptada para a nova nomenclatura para melhor entendimento:

Filo Mollusca

Classe Gastropoda Curvier, 1787

Subclasse Pulmonata Curvier, 1817

Ordem Archaeopulmonata Morton, 1955

Família Ellobiidae H & A. Adams, 1855

Subfamília Melampinae Pfeiffer, 1853

Gênero *Melampus* Montfort, 1810

Espécie *Melampus coffea* (Linnaeus, 1758)

A família Ellobiidae, da qual a espécie de estudo faz parte, é constituída por moluscos gastrópodes predominantemente tropicais e halofílicos que vivem acima da zona entre marés no mundo todo (Martins, 1996a; b). Eles possuem a cavidade do manto altamente vascularizada e adaptada para respiração aérea, funcionando como um pulmão e sendo provavelmente o grupo

mais primitivo vivo de gastrópodes pulmonados. Assim, seu estudo é relevante para entender a evolução dos Gastropoda (Morton, 1955a; b). Devido a sua respiração aérea, eles realizam um processo de migração diária, onde os adultos se alimentam do substrato na maré baixa e depois sobem a vegetação para não se afogarem com a sua subida (Profitt & Devlin, 2005). Sendo um grupo que evidenciaria a transição do ambiente aquático para o terrestre, o Ellobiidae possui tanto características primitivas, como a dependência da água para a reprodução e o hermafroditismo, e derivadas, como mecanismos que impedem a autofecundação (dois ductos gonadais separados) e um estômago que assimila mais da matéria vegetal consumida por meio de enzimas digestivas (Morton, 1955b; Mason, 1974).

O *Melampus coffea* distribui-se da Flórida ao Uruguai, sendo conhecido popularmente como “caramujo grão de café” por sua coloração cinza ou amarronzada e seu formato de concha, possui a mesma ovalada e lisa, com 4 a 5 voltas espirais. Sua média de tamanho é de 18 x 11mm, mas pode variar consideravelmente dependendo da sua idade e às vezes ambiente (Rios, 2009).

Segundo Graça et al (2000), os gastrópodes, como o gênero *Melampus* Montfort, 1810, é potencialmente importante no processo de mineralização e transferência de energia dentro dos campos alagados devido à elevada densidade e por ocuparem uma posição trófica entre os decompositores e consumidores primários. A espécie é macro detritívora, sendo considerada a principal nos ambientes em que está presente e se alimenta preferencialmente de folhas caídas de mangue durante a maré baixa, principalmente as frescas e verdes, apesar de ser mais difícil de quebrar a cutícula das folhas desse grau de senescência (Proffitt et al., 1993; Profitt & Devlin, 2005). O *Melampus coffea*, portanto, por se alimentar de matéria orgânica pouco decomposta, obtém a sua energia mais da própria vegetação do que de bactérias ou fungos em cima do material. (Mook, 1986).

2. PERGUNTA NORTEADORA E HIPÓTESES DA PESQUISA

Assim, considerando todas as informações mencionadas acima, o presente estudo tem como pergunta norteadora: Como a população de *Melampus coffea* está estruturada e distribuída em resposta aos gradientes de salinidade e de variação de maré ao longo de um estuário no semiárido nordestino?

Para tanto, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- Haverá maior quantidade de indivíduos nas parcelas mais próximas da água durante o período reprodutivo.

- Condições ambientais, como a temperatura e a salinidade influenciam na distribuição da espécie.
- A altura da vegetação, assim como sua densidade e distribuição também têm influência na distribuição do caramujo.
- Existem mais indivíduos e de maior comprimento da concha durante o período chuvoso e na área mais afastada da foz estuarina por conta da elevada salinidade.

3. OBJETIVO

Analisar a distribuição espaço-temporal do gastrópode *Melampus coffea* ao longo de gradientes ambientais de salinidade e de variação de maré no estuário do rio Pacoti.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1- Área de estudo

O rio Pacoti, cuja nascente se localiza no Maciço de Baturité, entre os municípios de Pacoti e de Guaramiranga (Ceará) e de curso longitudinal de aproximadamente 112,5 Km, possui Latitude de S 4° 12' e Longitude de W 38° 54' com foz localizada no Município de Aquiraz com coordenadas geográficas S 3° 49' 05" e W 38° 23' 28" (Queiroz, 2010).

Segundo Cameron e Pritchard (1963), estuários são corpos de água costeiros semi-fechados que têm ligação livre com o mar e nos quais a água do mar se dilui, de forma mensurável, com água doce proveniente da drenagem terrestre. O estudo foi realizado na região metropolitana de Fortaleza, na porção estuarina do rio Pacoti, dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pacoti, a qual tem uma área de 2.914,93 hectares, localizada nos municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz, criada a partir do Decreto Nº 25.778, de 15 de fevereiro de 2000 (Ceará, 2000).

Os três pontos de estudo foram localizados nas áreas da Colônia de Férias dos Empregados da Coelce (COFECO), no Centro de Estudos Ambientais Costeiros (CEAC) da UFC e nos loteamentos do River Park, todos em manguezal. Tais pontos estão distribuídos no sentido foz-estuário. A área mais próxima do mar é a do River Park, a intermediária é o CEAC, enquanto a mais distante do mar é a COFECO (Figura 1, 2 e 3).



Figura 1: Imagens de satélite das 3 áreas, da esquerda para a direita: COFECO, CEAC e River Park.

Fonte: Google Earth.



Figura 2: Ponto de coleta no CEAC.

Fonte: Autor, 2023.



Figura 3: Ponto de coleta COFECO (à esquerda) e River Park (à direita).

Fonte: colaboradora externa, 2023

4.2- Procedimentos de coleta

Em cada uma das áreas de coleta, foram demarcados 3 transectos perpendiculares à margem do rio, sendo divididos em 3 parcelas: a mais distante da água (R1), a intermediária (R2), e a mais próxima (R3). A separação dos transectos foi feita para que houvesse réplicas do experimento (Figura 4).

A coleta foi realizada por 1 coletor por parcela, coletando todos os indivíduos possíveis na área durante o período de 20 minutos. Os animais coletados foram colocados em sacos plásticos, cada um com uma etiqueta representando o transecto e a parcela em que foram recolhidos. Para transporte foram utilizadas caixas térmicas.

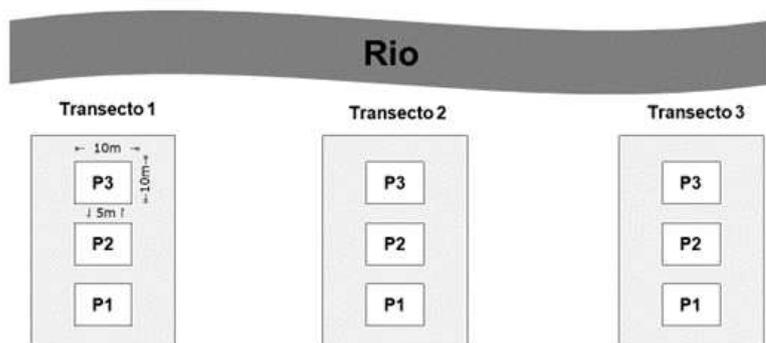


Figura 4: Representação esquemática da metodologia de amostragem. P1= parcela 1; P2 = parcela 2; P3 = parcela 3.

4.3- Fatores abióticos

A medição da salinidade foi feita com um refratômetro e a medição da temperatura do ar, da água e do solo com 3 termômetros no ponto central de cada parcela, paralelamente à coleta dos indivíduos. Também foram coletados dados pluviométricos do período de coleta por meio do site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme).

4.4- Procedimentos de laboratório

Após a coleta, os organismos foram levados ao Laboratório de Zoobentos do Instituto de Ciências do Mar, onde foram feitas medições do comprimento e largura da concha com auxílio de um paquímetro digital. Após a biometria, todos os animais foram devolvidos às suas parcelas de origem.

4.5- Análises de dados

Primeiramente, todos os dados bióticos (número de organismos, comprimento e largura da concha) foram organizados em uma planilha eletrônica no software Microsoft *Excel*® com as seguintes colunas: Campanha (Agosto/2022, Novembro/2022 e Abril/2023), Período (transição, seco e chuvoso), Área (COFECO, CEAC e River Park), Transecto (T1, T2 e T3), Parcela (P1, P2 e P3), Número do Indivíduo, Comprimento e Largura. Assim, foi realizada uma análise descritiva dos parâmetros analisados. Como os dados obtidos não atenderam os pressupostos para análises paramétricas, foi utilizada a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) para comparar os fatores considerando as variáveis dependentes.

As variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura do solo e temperatura e salinidade da água de percolação) e os parâmetros estruturais do bosque de mangue (altura, composição específica e DAP) foram correlacionadas com as características populacionais de *Melampus coffea* através do procedimento BIOENV (Clarke e Warwick, 1994). Para subsidiar a seleção dos descritores ambientais a serem utilizadas na análise BIOENV, utilizou-se a rotina DRAFTSMAN PLOT entre todas as variáveis, visando determinar eventuais colinearidades ($r_s > 0,95$), retirando das análises os parâmetros variáveis altamente correlacionados.

Todas essas análises foram realizadas utilizando o software PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Reseach) versão 6.0 (Clark & Gorley, 2006)

5. RESULTADOS

5.1- Caracterização das áreas de amostragem

Os dados pluviométricos das 3 áreas foram consultados pelo site da Funceme, na estação de Aquiraz (Tabela 1).

Tabela 1: Dados pluviométricos de Aquiraz durante os 3 períodos de coleta: seco e transição (2022) e chuvoso (2023).

Período de estudo		
Seco (Novembro)	Transição (Agosto)	Chuvoso (Abril)
13 mm	6,7 mm	388 mm

Dos dados de vegetação coletados das 3 áreas foram observadas 5 espécies: *Rhizophora mangle* (L.), *Avicennia schaueriana* Stapft & Leechm., *Avicennia germinans* (L.) Stearn., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn., e *Conocarpus erectus* L. Compondo 3 famílias: Rhizophoraceae, Avicenniaceae e Combretaceae. Dessas espécies, foi observado maior densidade de *Rhizophora Mangle* (L) nas 3 áreas de estudo, com as outras 4 espécies com valores semelhantes abaixo da *R. mangle* (Kruskal-Wallis test: $H(4, N= 45) = 31,33045$ $p = 0,0000$) (Figuras 5), não tendo sido observada diferenças significativas no padrão de riqueza e distribuição das plantas ao longo das áreas (PERMANOVA, $p=0,315$) e das parcelas de coleta (PERMANOVA, $p=0,992$) (Figura 6).

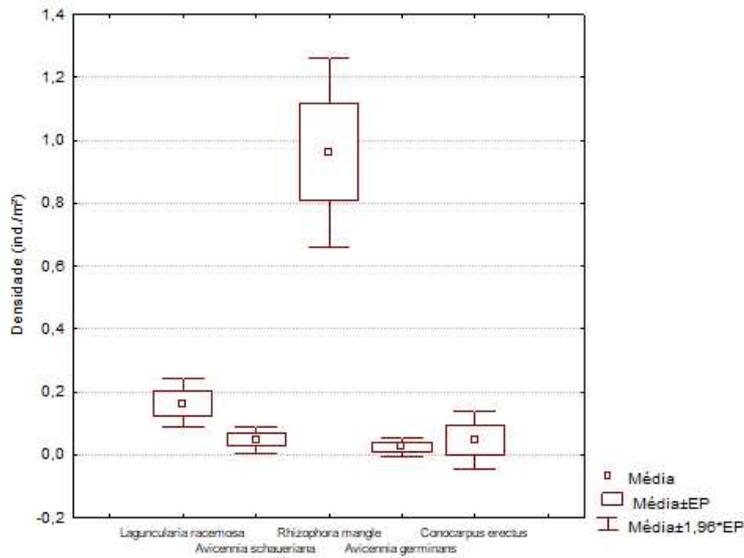


Figura 5: Gráfico geral da densidade (ind/m²) das 5 espécies de vegetação no mangue.

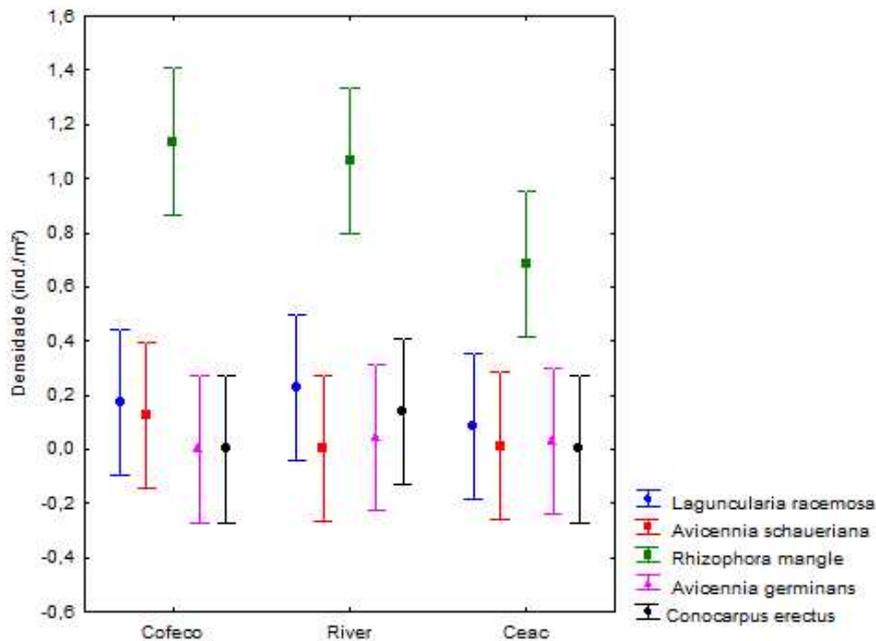


Figura 6: Gráfico da densidade (ind/m²) das 5 espécies de mangue nas 3 áreas de estudo: COFECO, River Park, e CEAC.

5.2- Temperatura e salinidade no bosque de mangue

Foram encontradas diferenças significativas nas temperaturas do ar, da água de percolação e do solo entre os períodos, estações e parcelas de coleta e na interação dos fatores período e estações (Tabela 2).

No período de transição, não foram encontradas diferenças entre as estações e parcelas, tendo os valores de temperatura observados variando entre 25°C e 30°C (Figura 7).

Tabela 2: Resultados da PERMANOVA para Temperatura do ar, da água e do solo, considerando os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023, as estações COFECO, CEAC e River Park e as parcelas do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), ao longo do estuário do rio Pacoti.

Fatores	df	S		M	Pseudo-F	P(perm)
		S	S			
Período	2	128,6	64,299	26,613	0,001	
Estações	2	54,697	27,348	11,319	0,001	
Parcela	2	17,337	8,6684	3,5878	0,005	
Período x Estação	4	203,12	50,779	21,017	0,001	
Período x Parcela	4	14,115	3,5288	1,4606	0,169	
Estação x Parcela	4	7,9069	1,9767	0,81817	0,596	
Período x Estação x Parcela	8	15,088	1,886	0,78061	0,73	
Resíduo	54	130,47	2,416			

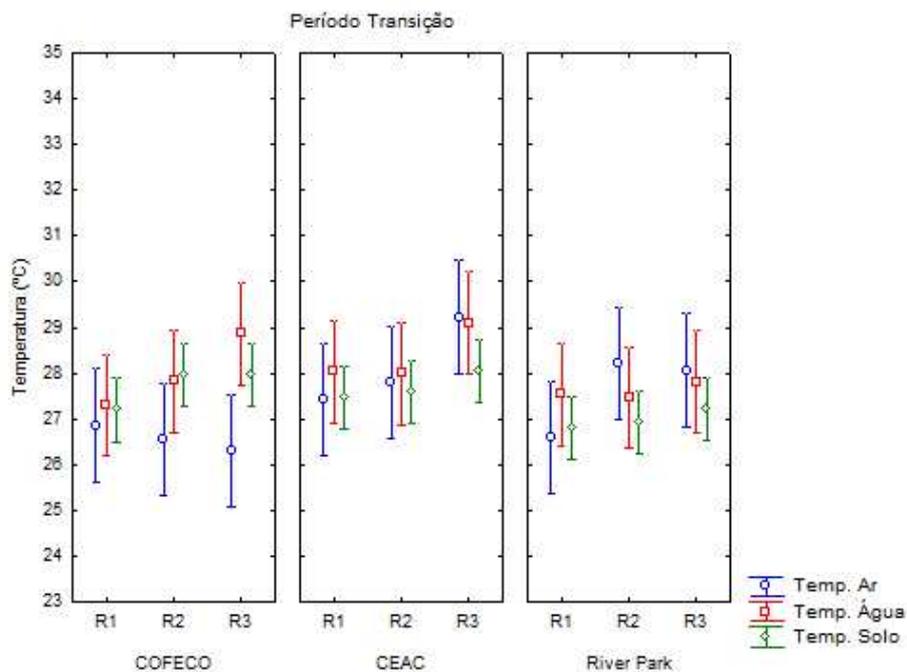


Figura 7: Temperatura do ar, da água e do solo ao longo do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), no bosque de mangue nas áreas COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos de transição de 2022.

No período seco, os dados foram menos homogêneos, onde observou-se menor temperatura do ar nas áreas CEAC e River Park, próximo aos 26 e 27° C, e maiores temperaturas na água e no solo do CEAC, entre 30 e 31° C. O restante dos valores mantiveram-se entre 29 e 30°C. No período seco, na COFECO, registrou-se maior temperatura do ar na parcela R2, com valor médio de 31° C, maior que nas outras parcelas, que foi de 29° C. Também houve um aumento gradual da temperatura da água e do solo em direção à linha da água do rio, subindo

de 28 para 30° C e de 28 para 29° C, respectivamente. No CEAC, a temperatura do ar foi menor que na área anterior, mantendo-se entre 26 e 27° C, a temperatura do solo ficou entre 30° C nas parcelas R1 e R2 e em 31° C na R3. Quanto à água, o valor subiu em direção ao rio, indo de 30° C na R1 para 32°C nas parcelas R2 e R3. No River Park, a temperatura do ar manteve-se mais baixa, já as da água e do solo estiveram entre 28 e 29° C em todas as parcelas (Figura 8).

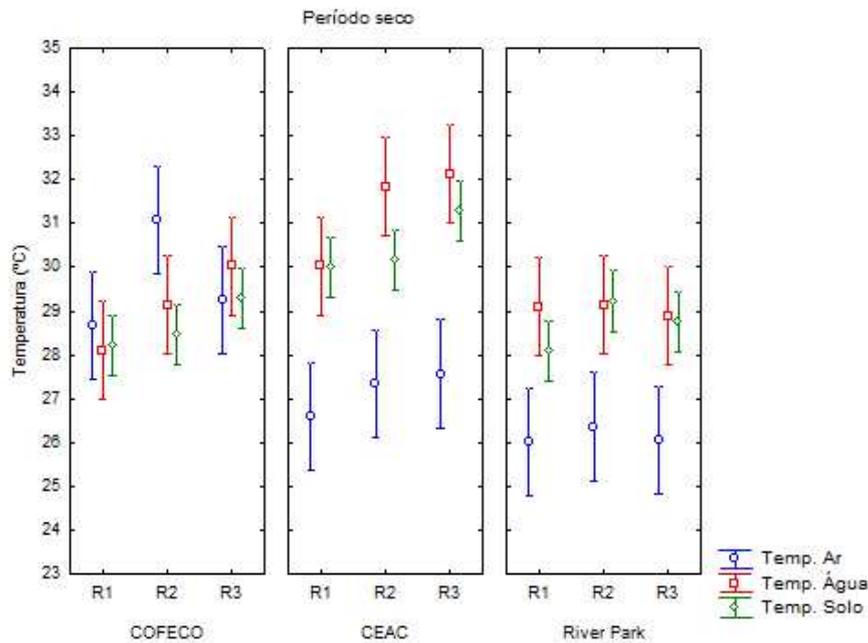


Figura 8: Temperatura do ar, da água e do solo ao longo do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), no bosque de mangue nas áreas COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos e seco de 2023.

Durante o período chuvoso, o menor valor observado foi a temperatura do ar no CEAC, em 26,5° C, seguido pelas temperaturas do ar e do solo na mesma área com 28° C. Os demais valores mantiveram-se entre 29 e 30° C, a COFECO teve valores muito homogêneos nas 3 medições, entre 30 e pouco abaixo de 31°C. No CEAC, os valores da temperatura do ar mantiveram-se a 26° C e a água e o solo a 28° C. No River Park, os valores foram homogêneos, mantendo-se entre 28 e 29° C (Figura 9).

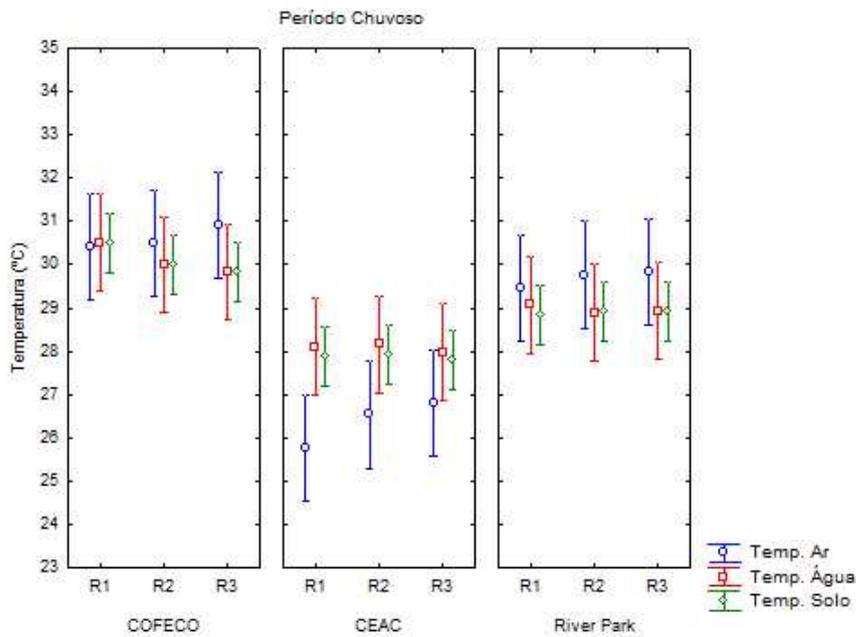


Figura 9: Temperatura do ar, da água e do solo ao longo do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), no bosque de mangue nas áreas COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante o período chuvoso de 2023.

Quanto à salinidade, foram observadas diferenças significativas entre os períodos e estações e na interação dos fatores períodos e estações (Tabela 3). Na COFECO, foram observados os maiores valores durante o período de transição, seguido pelo CEAC e River Park, com valores distantes entre si. Já no período seco, os valores do CEAC e do River Park se aproximaram da COFECO. Por último, no chuvoso, os valores de salinidade caíram. Em todos os períodos a ordem de maior para menor foi: COFECO, CEAC, e River Park (Figura 8). Entre as parcelas de cada área, não houve diferença de salinidade de acordo com a proximidade do rio. (Figura 10).

Tabela 3: Resultados da PERMANOVA para a salinidade da água de percolação, considerando os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023, as estações COFECO, CEAC e River Park e as parcelas do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1) , ao longo do estuário do rio Pacoti.

Fatores	df	S		M	Pseudo-F	P(perm)
		S	S			
Período	2	4403,4	2201,7	212,82	0,001	
Estações	2	3214,6	1607,3	155,36	0,001	
Parcela	2	6,784	3,392	0,32786	0,745	
Período x Estação	4	559,9	139,98	13,53	0,001	
Período x Parcela	4	9,4568	2,3642	0,22852	0,929	
Estação x Parcela	4	26,883	6,7207	0,64961	0,676	
Período x Estação x Parcela	8	31,654	3,9568	0,38246	0,932	
Resíduo	54	558,67	10,346			

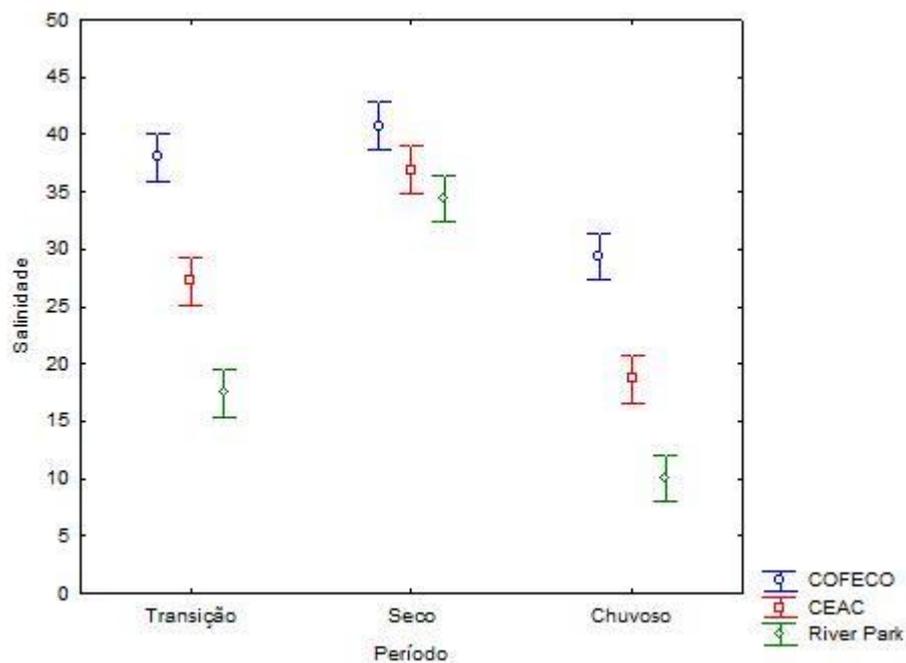


Figura 10: Salinidade da água de percolação no solo do bosque de mangue nas áreas COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos de transição de 2022, seco e chuvoso de 2023.

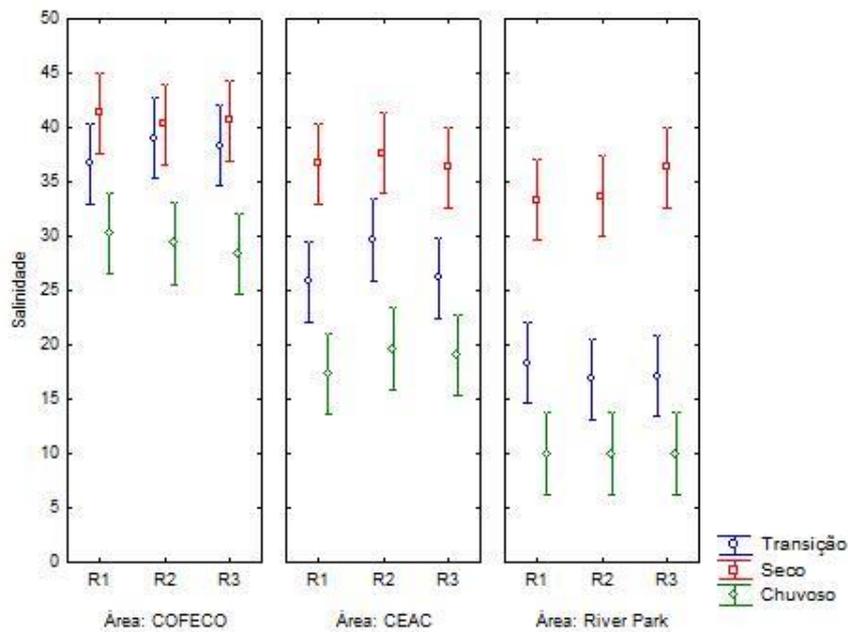


Figura 11: Salinidade da água de percolação no solo ao longo do gradiente de descobrimento da maré (R3, R2 e R1), no bosque de mangue nas áreas COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023.

5.3- Estrutura populacional

Ao longo das 3 campanhas, foram coletados 695 indivíduos (0,257 ind./m²) na COFECO, 6.098 (2,258 ind./m²) no CEAC, e 6.006 (2,224 ind/m²) no River Park, totalizando 12.799 indivíduos. Dentre os 3 períodos, a maior abundância absoluta de indivíduos coletados ocorreu durante o período chuvoso, seguido pelo período de transição e por último o seco, com a COFECO sempre com a menor abundância (Figura 12).

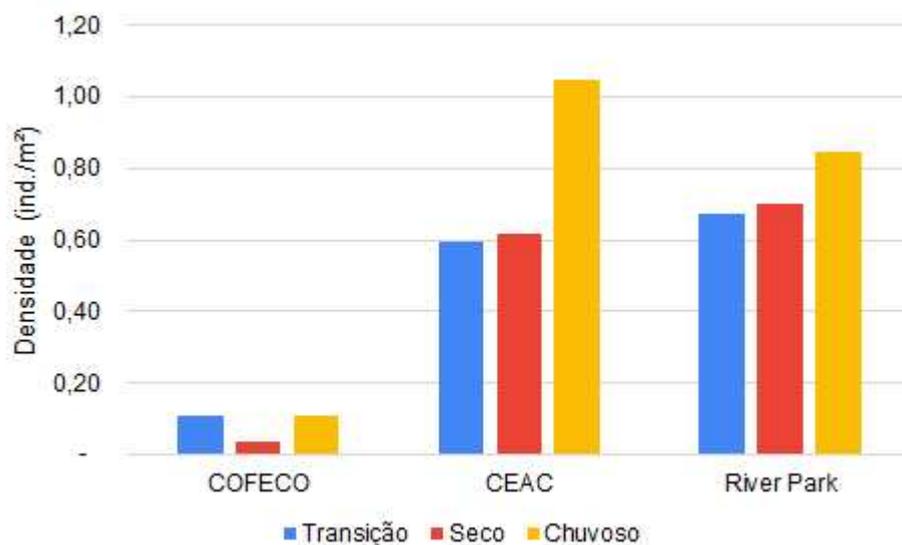


Figura 12: Densidade de indivíduos coletados nas 3 áreas durante os 3 períodos.

Dos dados coletados de comprimento e de largura de *Melampus coffea* coletados durante o estudo foi apresentado comprimento médio de 13,78 mm, sendo o menor 1,2 mm, coletado na Área River Park, em período chuvoso, e o maior 22,0 mm coletado na área CEAC, também durante o período chuvoso. Já de largura foi visto menor valor de 1 mm durante o período seco no CEAC e maior valor de 17,2 mm no River Park, também no período seco (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de comprimento e largura de *Melampus coffea* por área e período.

		Comprimento (mm)				Largura (mm)			
		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
COFECO	Transição	14,4	2,3	8,0	19,9	9,9	1,6	5,6	13,4
	Seco	14,3	2,7	8,0	19,7	10,0	1,8	5,7	14,0
	Chuvoso	13,7	2,6	5,7	20,6	9,4	1,7	4,0	13,6
CEAC	Transição	14,3	1,8	7,4	19,4	9,7	1,3	5,0	13,0
	Seco	14,0	2,0	2,3	20,0	9,5	1,4	1,0	13,9
	Chuvoso	13,5	2,6	1,3	22,0	9,1	1,8	2,3	17,1
River Park	Transição	13,1	2,0	1,8	19,0	8,9	1,4	3,4	13,0
	Seco	13,3	2,0	1,8	19,1	9,3	1,4	1,8	17,2
	Chuvoso	14,4	2,4	1,2	19,9	9,8	1,6	1,6	13,6

Considerando a existência de uma forte correlação entre o comprimento total e altura da concha (Spearman, $r = 0,918637$, $p = 0,00$), para este estudo, foi utilizado apenas o comprimento total da concha para a realização das análises.

Outro fator analisado foi a frequência absoluta dos indivíduos coletados por classe de tamanho. Na COFECO observou-se, no geral, maior quantidade de indivíduos entre 13,86 e 16,58 mm de comprimento. Com frequências similares nos períodos chuvoso e de transição, e menor valor durante o período seco (Figura 13). No CEAC esse valor ficou entre 13,3 e 16,3 mm. Predominando no período chuvoso, e similares entre de transição e o seco (Figura 14). Já no River Park, ficou entre 12,12 e 15 mm. Também predominando no chuvoso e com valores similares no de transição e no seco (Figura 15).

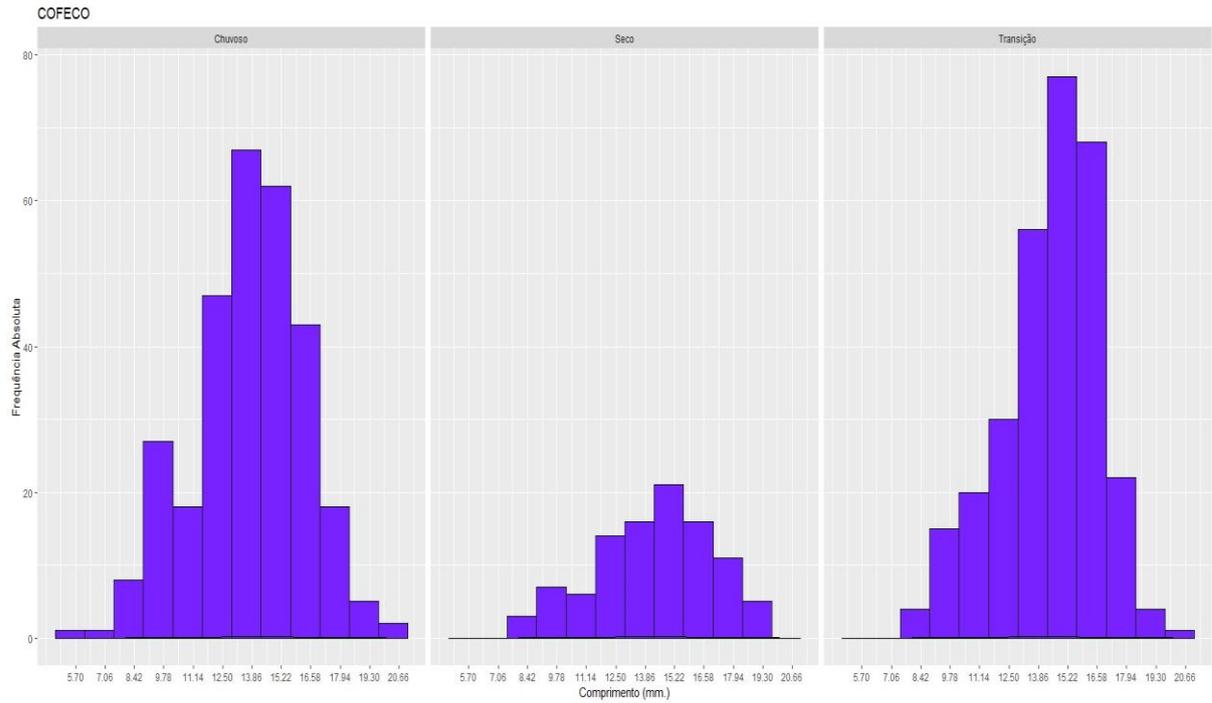


Figura 13: Frequência absoluta de indivíduos na área COFECO durante os 3 períodos por comprimento em mm.

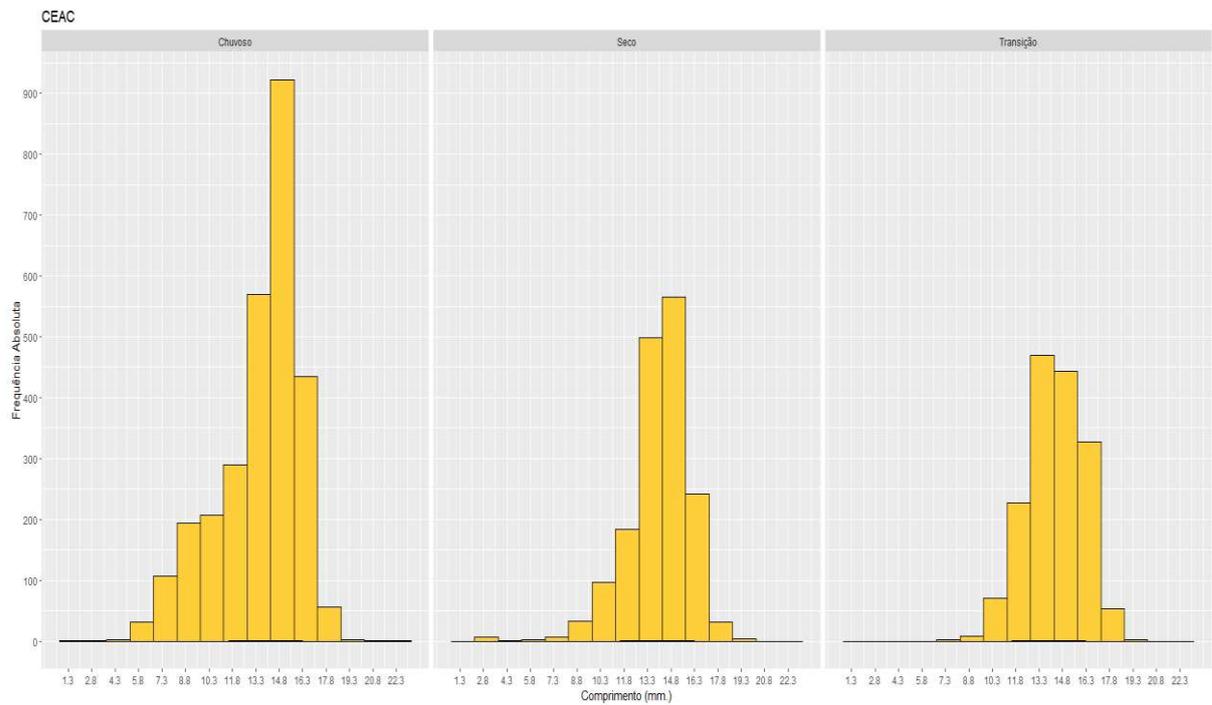


Figura 14: Frequência absoluta de indivíduos na área CEAC durante os 3 períodos por comprimento em mm.

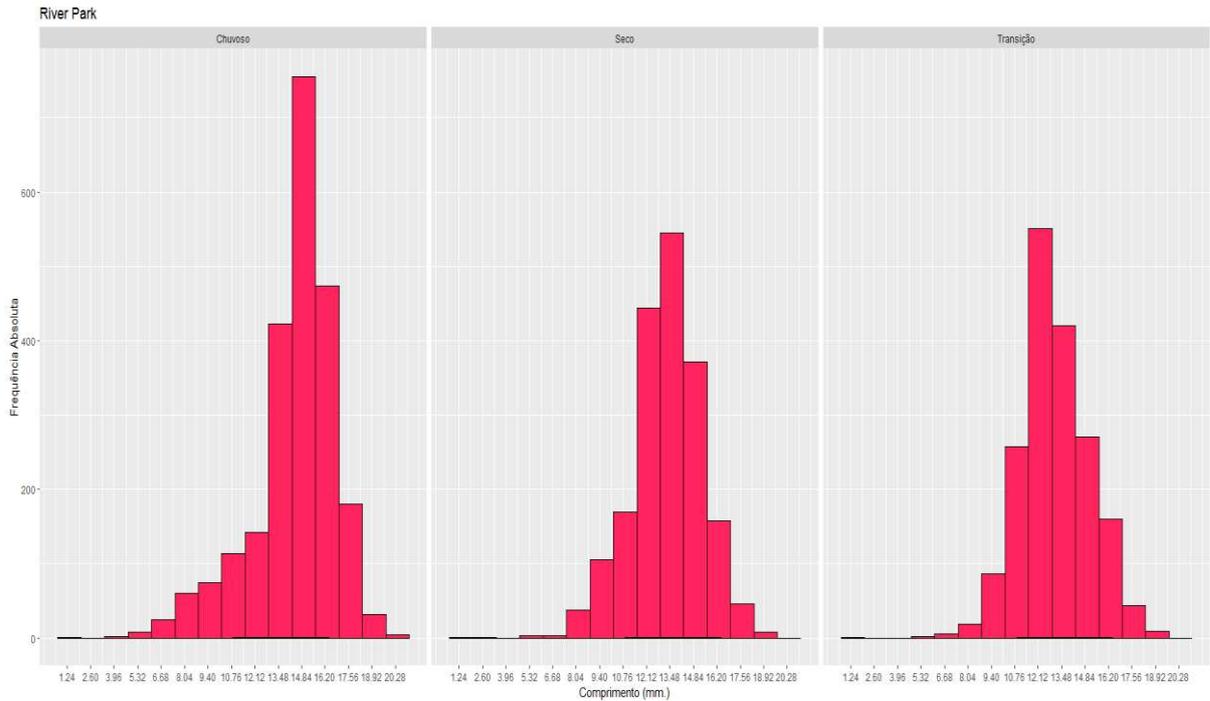


Figura 15: Frequência absoluta de indivíduos na área River Park durante os 3 períodos por comprimento em mm.

Observou-se então que, na COFECO, existe menor frequência absoluta de indivíduos durante o período seco, enquanto no CEAC e no River Park o período seco se iguala ao de transição em questão de valores. Ao longo do ano de coleta percebe-se diminuição das médias de comprimento na COFECO, caindo de 14,4 para 13,7 mm, e no CEAC, de 14,3 a 13,6 mm. Já no River Park houve aumento das médias, subindo de 13,1 para 14,4 mm de comprimento (Figura 16). Segundo a PERMANOVA realizada, apenas a área possui diferença significativa para esses valores, visto que deu $p = 0,001$, tendo alta confiança nos dados.

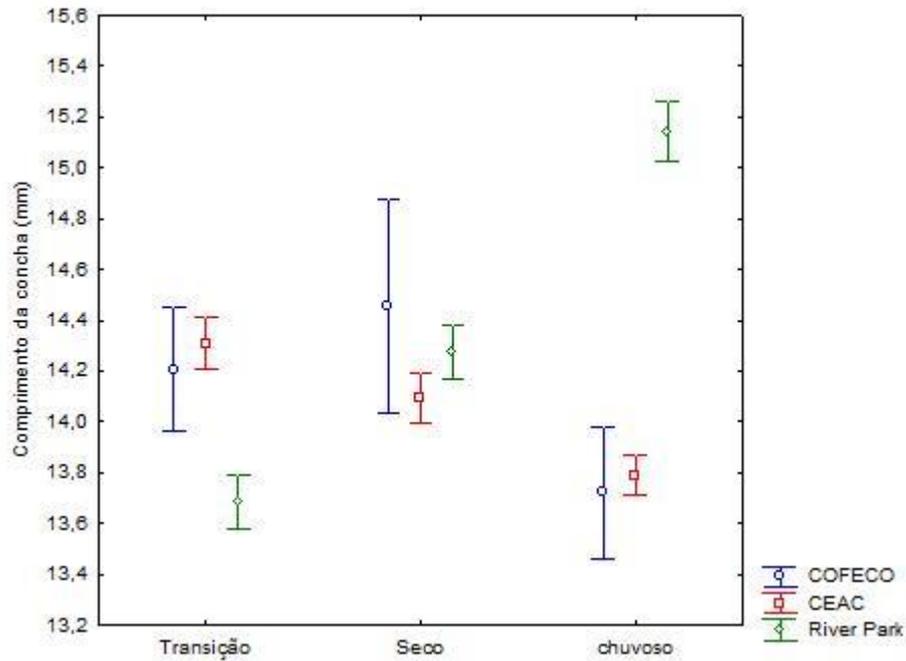


Figura 16: Comprimento da concha de *Melampus coffea* coletados nas áreas COFECO, CEAC e River Park, ao longo do estuário do rio Pacoti, durante os períodos de transição de 2022, seco e chuvoso de 2023.

Analisando o comprimento de acordo com a proximidade da parcela à água, foi visto um aumento do comprimento da concha do molusco na COFECO da parcela R1 para a R2, indo de aproximadamente 13,4 para acima de 14,5mm e descendo um pouco na R3. No CEAC a dinâmica foi parecida, com o maior valor sendo quase 15mm na parcela R2 e próximo de 13,5 na R1 e R3. Já no River Park foi pouco acima de 14mm na parcela R2 e 13,5mm nas outras 2 parcelas. (Figura 17).

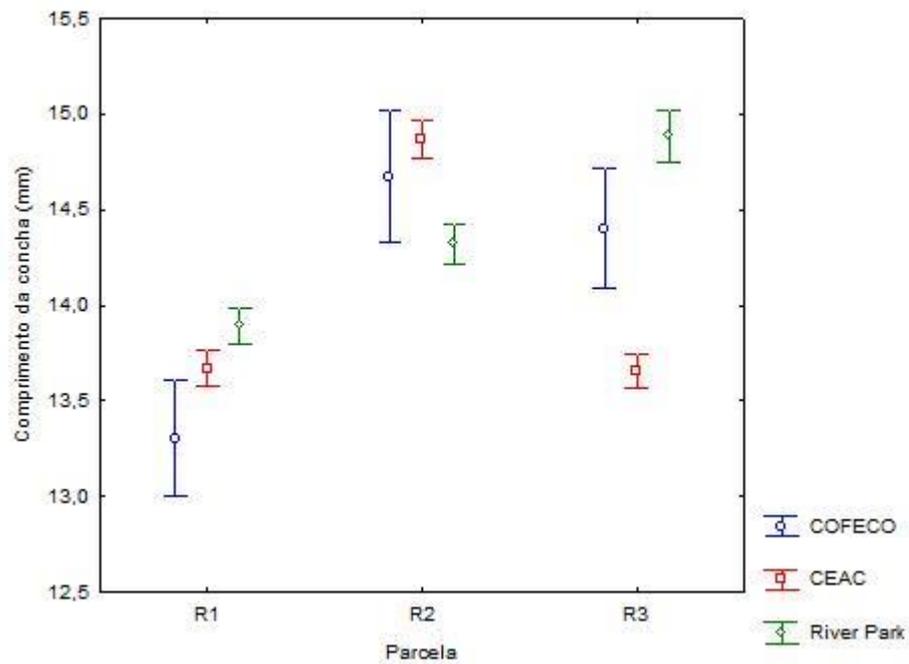


Figura 17: Comprimento da concha de *Melampus coffea* coletados nas áreas COFECO, CEAC, e River Park ao longo do estuário do Rio Pacoti durante os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023.

5.4- Distribuição espaço-temporal

Ao separar a densidade por parcela, na COFECO ela foi semelhante em todas as parcelas, abaixo de 1 ind./m², enquanto no CEAC foi observado maior valor na R3, com pouco mais de 8 ind./m² e, no River Park, na R1 com quase 9 ind./m². (Figura 18)

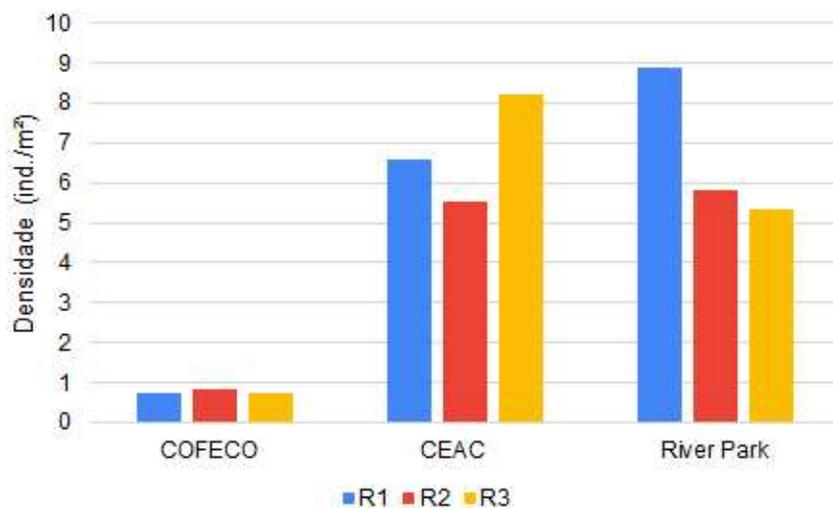


Figura 18: Densidade de indivíduos coletados nas 3 áreas por cada parcela.

Analisando cada estação individualmente por parcela percebe-se, na parcela R1 na COFECO, que as médias de comprimento se mantiveram parecidas nos 3 períodos. No ponto intermediário, na parcela R2, a COFECO apresentou uma média maior no período seco, sendo a maior de todas nessa estação e semelhantes no período chuvoso e de transição. Já na parcela R3, o maior valor foi no período de transição, com os outros 2 períodos se mantendo próximos. No CEAC, na parcela R1, observou-se maior média no período de transição, seguido pelo chuvoso e pelo seco muito próximos. Na R2 ocorreu a maior média de comprimento da estação nos 3 períodos, e repetindo a ordem da primeira parcela. Na R3, o maior comprimento foi observado no período seco, seguido pelo de transição e depois pelo chuvoso. No River Park, a estação mais distante do mar, na parcela R1, teve-se como resultado uma média maior no período de transição, depois no chuvoso e no seco. Na R2, o maior ocorreu no chuvoso, depois no de transição e no seco, Já na R3, a estação River Park obteve a maior média de todas de comprimento dos indivíduos, seguido pelo período seco e um valor bem abaixo dos outros 2 no período de transição (Figura 19).

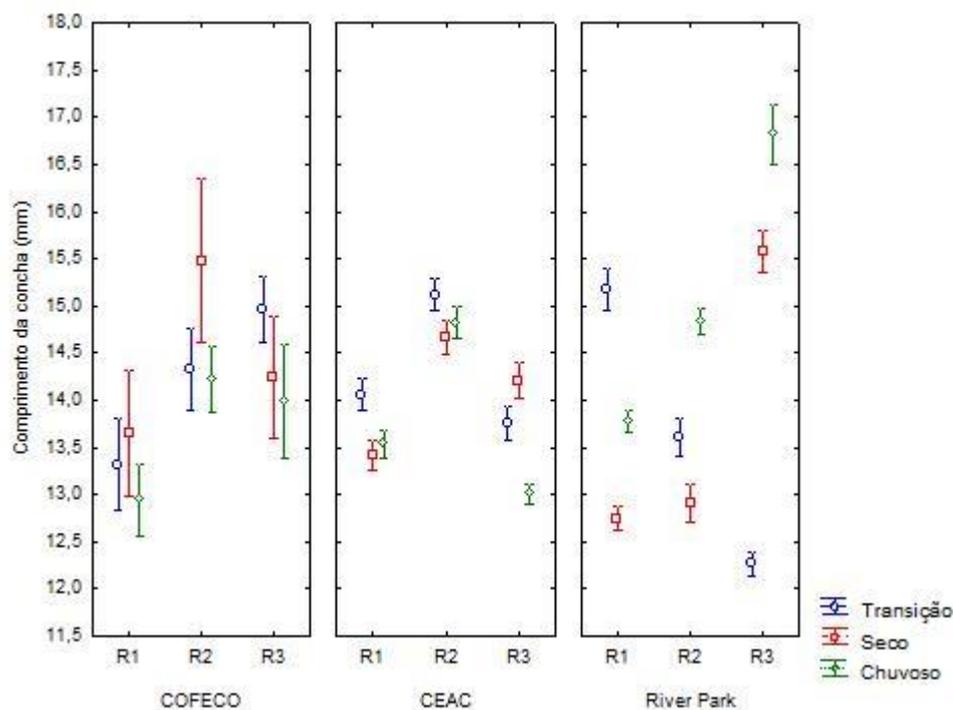


Figura 19: Comprimento da concha de *Melampus coffea* coletados nas áreas COFECO, CEAC, e River Park ao longo do estuário do Rio Pacoti durante os períodos de transição de 2022 e seco e chuvoso de 2023.

Apesar de ter apresentado uma fraca correlação não significativa (Spearman, $r = 0,172$; $p = 0,06$), a análise de BIOENV discriminou a salinidade da água de percolação e a temperatura do ar como os fatores abióticos que melhor explicaram a distribuição espaço-temporal da população de *Me. coffea* ao longo do estuário do rio Pacoti. Considerando as estruturas do

bosque, a densidade e a altura das plantas influenciam na estrutura populacional de *M. coffea* (Spearman, $r=0,339$; $p=0,001$).

6. DISCUSSÃO

Segundo Proffitt et al. (1993), *M. coffea* possui preferência por folhas de *Rhizophora mangle* L., ou seja, a distribuição da vegetação ao longo do mangue pode influenciar a distribuição do próprio caramujo ao longo do ambiente. Por haver maior quantidade de *R. Mangle* nas 3 áreas, pode-se assumir que a quantidade de vegetação das outras espécies não possui muita relevância para a alimentação do caramujo, o que não exclui sua importância estrutural para o bosque. Maia & Tanaka (2007), comprovaram que essa espécie de molusco tem sim preferência pela *R. mangle*, com maiores densidades próximas às árvores dessa espécie.

Araújo et al. (2021) evidenciou que a densidade média do caramujo é maior em áreas conservadas, o que é corroborado pelos dados de coleta na COFECO, área essa a mais degradada dentre as 3 visitadas. Esse mesmo estudo, entretanto, diz que a *R. mangle* é dominante nas áreas conservadas, o que contradiz o resultado obtido nas coletas, com as 3 áreas possuindo predominância dessa espécie, incluindo a COFECO (Figuras 1 e 2).

Outro ponto relevante para explicar a distribuição do molusco é a salinidade. Em um estudo realizado por Maia & Coutinho (2015), foi visto que a salinidade não influencia no tamanho da concha, mas influencia na densidade de indivíduos. Visto que, quando a salinidade aumenta, no período seco, a densidade é menor e, durante o período chuvoso, ela é maior em salinidade menor. Isso corrobora os dados coletados (Figura 12).

Em Maia et al. (2012), estudou-se o ciclo reprodutivo dessa espécie de caramujo que, no mês de Abril, durante o período chuvoso com menor salinidade, havia mais indivíduos no estágio final de maturação ou liberando os gametas, enquanto que em Agosto, no período de transição, ainda havia liberação de gametas e, em Novembro, no período seco, havia um predomínio de indivíduos juvenis.

De acordo com Maia et al. (2011), em um estudo semelhante realizado com *M. coffea*, não há diferenças significativas de densidade populacional entre as parcelas mais próximas e mais distantes do rio. No presente estudo, os valores de comprimento da concha encontrados foram maiores durante o período seco (Figura 16). O fato da área River Park possuir a maior média de comprimento de todas as demais durante o período chuvoso, pode ser devido a sua distância do mar, fazendo com que sua salinidade se mantenha mais baixa em função do grande

aporte de água doce e menor interferência da água marinha. Tais diferenças de salinidade, entretanto, parecem não terem sido significativas para o caramujo.

Esse estudo também encontrou correlação significativa entre o comprimento da concha e a temperatura da água e com a salinidade, ambas importantes para a reprodução.

De acordo com Maia et al (2011),

Os resultados também indicam que, de maneira geral, nos períodos de estiagem, as populações de *M. coffea* tendem a apresentar uma baixa densidade e são compostas por indivíduos adultos de grande porte. Após essa estação, quando os valores de pluviosidade aumentam e a salinidade diminui, as populações tendem a ser bastante densas e predominam indivíduos pequenos devido ao recrutamento.

A densidade e a altura do bosque influenciaram na distribuição e no tamanho dos organismos ao longo das estações ao longo do gradiente rio-mar, tal como mencionado por Araújo et al. (2021). Também, neste mesmo estudo, foi feita uma análise de correlação onde foi indicada uma tendência a relação entre densidade de *M. coffea* e a densidade de *R. mangle*, com as raízes dessa espécie de mangue servindo de refúgio para o caramujo durante a maré alta.

7. CONCLUSÕES

Considerando os resultados desta pesquisa, é possível concluir que:

1. A distribuição e a estrutura populacional de *Melampus coffea* no estuário do rio Pacoti é influenciada pelas variações na temperatura e salinidade ao longo do gradiente rio-mar e que esta influência muda em função da sazonalidade de chuvas.
2. A estrutura do bosque de mangue foi semelhante ao longo da área de estudo e influenciou na densidade e tamanho dos indivíduos de *M. coffea*.
3. A proximidade da água não se mostrou relevante na distribuição dos organismos em função do comprimento da concha.
4. A densidade de indivíduos foi maior no período chuvoso e menor durante o período seco, confirmando a hipótese levantada.
5. Não foi confirmada a hipótese de que o comprimento da concha seja maior no período chuvoso.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONGI, Daniel. **The energetics of mangrove forests**. Springer Science & Business Media, 2009.
- ARAÚJO, Francisca Cinara; MAIA, Rafaela Camargo. **O Uso do Gastropóde *Melampus coffeus* (Ellobiidae)(Linnaeus, 1758) Como Indicador Ecológico do Estado de Degradação Ambiental de Manguezais no Nordeste do Brasil**. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 21, n. 1, p. 25-32, 2021.
- CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W.; HILL, M. N. The sea: Ideas and observations on progress in the study of the seas. **The Composition of Sea-Water, Comparative and Descriptive Oceanography**, p. 306-324, 1963.
- CEARÁ. Diário Oficial do Estado. Série 2 ano III, nº34, caderno ½. Fortaleza: editoração SEAD, 17/02/2000.
- DUKE, Norman C. **Mangrove floristics and biogeography**. Tropical mangrove ecosystems, v. 41, p. 63-100, 1992.
- GRAÇA, M. A.; NEWELL, S. Y. & KNEIB, R. T. 2000. **Grazing rates of organic matter and living fungal biomass of decaying *Spartina alterniflora* by three species of salt-marsh invertebrates**. Marine Biology 136:281-289.
- ICMBio (2018). **Atlas dos Manguezais Brasileiros** - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Brasília, 176 p. ISBN 978-85-61842-75-8.
- MAIA, Rafaela Camargo; COUTINHO, Ricardo. **The effects of salinity on the density, shell size and survival of a mangrove gastropod: laboratory and field evidence**. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 96, n. 6, p. 1191-1199, 2016.
- MAIA, R. C.; ROCHA-BARREIRA, Cristina de Almeida; COUTINHO, R. **Reproductive cycle and embryonic development of the gastropod *Melampus coffeus* (Linnaeus, 1758)(Ellobiidae) in the Brazilian Northeast**. Brazilian Journal of Biology, v. 72, p. 935-943, 2012.
- MAIA, Rafaela Camargo; RODRIGUES, Alesson Braga; ROCHA-BARREIRA, Cristina Almeida. **Distribuição espaço-temporal de *Melampus coffeus* (Mollusca: Gastropoda) em manguezais estuarinos da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil**. 2011.
- MAIA, Rafaela C.; TANAKA, Marcel O. **Avaliação de efeitos de espécies de mangue na distribuição de *Melampus coffeus* (Gastropoda, Ellobiidae) no Ceará, nordeste do Brasil**. Iheringia. Série Zoologia, v. 97, p. 379-382, 2007.

- MARTINS, A. M. de F. 1996a. **Relationships within the Ellobiidae**. In: Taylor, J.D. (ed.) *Origin and Evolutionary Radiation of the Mollusca* 24: 285-294. Londres: Oxford University Press.
- MARTINS, A. M. de F. 1996b. **Anatomy and Systematics of the western Atlantic Ellobiidae (Gastropoda: Pulmonata)**. *Malacologia* 37: 163-332.
- Mason CF (1974) **Decomposition of angiosperm tree leaf litter: Mollusca**. In: Dickinson CH, Pugh GJF (eds) *Biology of plant litter decomposition*, Vol 2. Academic Press, New York, p 555–591.
- MOOK, David. **Absorption efficiencies of the intertidal mangrove dwelling Mollusk *Melampus coffeus* LINNÉ and the rocky intertidal Mollusk *Acanthopleura granulata* GMELIN**. *Marine Ecology*, v. 7, n. 2, p. 105-113, 1986.
- MORTON, J. E. 1955a. **The functional morphology of the british Ellobiidae (Gastropoda: Pulmonata) with special references to the digestive and reproductive systems**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 239: 89 – 160.
- MORTON, J. E. 1955b. **The evolution of the Ellobiidae with a discussion on the origin of the Pulmonata**. *Proceedings of the Zoological Society of London*, Londres, 125: 127-168.
- PROFFITT, C. E., JOHNS, K. M.; COCHRANE, C. B.; DEVLIN, D. J.; REYNOLDS, T. A.; PAYNE, D. L.; JEPPESEN, S.; PEEL, D. W. & LINDEN, D. 1993. **Field and laboratory experiments on the consumption of mangrove leaf litter by the macrodetritivore *Melampus coffeus* L. (Gastropoda: Pulmonata)**. *Biological Sciences* 56: 211- 222.
- PROFFITT, C. E. & DEVLIN, D. J. 2005. **Grazing by the intertidal gastropod *Melampus coffeus* greatly increases mangrove leaf litter degradation rates**. *Marine Ecology Progress Series* 296: 209 – 218.
- QUEIROZ, Pedro Henrique Balduino de. **Planejamento ambiental aplicado a um setor do médio curso da bacia hidrográfica do Rio Pacoti-CE**. 2010.
- RIOS, E. C. 2009. **Seashells of Brazil**. 3a. ed. Museu Oceanográfico da FURG, Rio Grande. p. 510.
- Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). (2010, 28 de dezembro). Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/area-de-protecao-ambiental-do-rio-pacoti/>. Acesso em: 01 de novembro de 2023.
- VANNUCCI, Marta. What is so special about mangroves?. **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, p. 599-603, 2001.
- VANNUCCI, Marta. **Os manguezais e nós: uma síntese de percepções**. Edusp, 2003.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. S.; MOLERO, G. C.; SOARES, M. L. G. & DE ROSA, T. 2000.
Brazilian mangroves. Aquatic Ecosystem Health and Management 3: 561 - 570.