



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

FRANCISCO MARQUES DOS SANTOS FILHO

INFLUÊNCIA SAZONAL NA VARIAÇÃO ESPACIAL DE MOLUSCOS EM
ESTUÁRIOS DA COSTA SEMIÁRIDA BRASILEIRA

FORTALEZA
2025

FRANCISCO MARQUES DOS SANTOS FILHO

INFLUÊNCIA SAZONAL NA VARIAÇÃO ESPACIAL DE MOLUSCOS EM
ESTUÁRIOS DA COSTA SEMIÁRIDA BRASILEIRA

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

Orientador: Prof. Dr. Jorge Iván Sánchez
Botero

Coorientador: Dr. Ronaldo César Gurgel
Lourenço

FORTALEZA

2025

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)

S235i Santos Filho, Francisco Marques dos.
Influência sazonal na variação espacial de moluscos em estuários da costa semiárida brasileira /
Francisco Marques dos Santos Filho. – 2025.
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Jorge Iván Sánchez Botero.

Coorientação: Prof. Dr. Ronaldo César Gurgel Lourenço .

1. Invertebrados bentônicos. 2. Salinidade. 3. Ecossistemas litorâneos. 4. Nordeste do Brasil. I. Título.
CDD 570

FRANCISCO MARQUES DOS SANTOS FILHO

INFLUÊNCIA SAZONAL NA VARIAÇÃO ESPACIAL DE MOLUSCOS EM
ESTUÁRIOS DA COSTA SEMIÁRIDA BRASILEIRA

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

Aprovada em: ____ / ____ / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Iván Sánchez Botero (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Cristiane Xerez Barroso
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Leonardo Mesquita Pinto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Embora as conquistas acadêmicas se apresentem como marcos individuais, sua verdadeira grandeza reside no ato de compartilhá-las e reconhecer sua natureza coletiva. A escrita, ainda que solitária em sua execução prática, perpassa por uma teia invisível de influências: cada linha reflete encontros que a desafiaram, cada argumento carrega o eco de diálogos transformadores, e cada conclusão é tributária de afetos que a sustentaram nos momentos de fragilidade. Nesse sentido, o texto final não é apenas produto de uma mente, mas arquivo vivo de todos que nele depositaram idéias, críticas e acolhimento. Assim, se a autoria deste trabalho me cabe nominalmente, sua essência pertence intrinsecamente à comunidade intelectual e afetiva que o irrigou. Reconhecer isso não é mera cortesia, mas um gesto de justiça epistêmica, pois, como bem lembra Carlos Drummond de Andrade, *"o tempo presente é feito de homens presentes"*. Esta página, portanto, é dedicada àqueles que fizeram do meu tempo acadêmico um processo compartilhado de descoberta, onde a conquista, mais que um fim, é testemunho do humano que nos une.

Aos meus pais, Francisco Marques e Milca Santos, se há um legado que carrego em cada escolha, é o respeito que vocês plantaram em mim desde o berço. Não só pelo jeito como sempre me ouviram e honraram minhas decisões, mas pela forma corajosa e dedicada com que me ensinaram a dignidade. Vocês me deram mais do que educação, deram-me exemplo. Mostraram que respeito não é só palavra bonita — é escutar mesmo quando discordamos, é apoiar sem sufocar, é cobrar com amor e nunca com medo. E esta foi minha maior herança: saber que posso voar alto porque tenho raízes profundas de integridade. Cada linha deste trabalho brotou desse solo sagrado que vocês prepararam. Obrigado por serem minha bússola moral e meu porto afetivo. Amo vocês além da medida!

À minha irmã, Mailca Marques, minha primeira guia na jornada acadêmica: você trilhou o caminho antes de mim, iluminando cada curva com seus "spoilers" generosos, não só dicas práticas, mas faróis de esperança. Seu ombro foi meu porto nas angústias, sua escuta transformou aflições em alívio, e sua presença acalmou minhas tensões como só você sabe. Obrigado por ser bússola nas dúvidas, colo nos tropeços e mentora não oficial desta conquista. Se cheguei até aqui, foi porque você me provou que nenhuma estrada se caminha sozinho.

À minha avó Idilva, cuja partida deixou a saudade mais profunda que conheço, mas seu amor permanece como alicerce vivo. Agradeço por cada abraço acolhedor, cada palavra de força nos meus dias frágeis, e pela fé incondicional que depositou em mim mesmo quando eu duvidava de tudo. A senhora não foi só um apoio, foi fortaleza silenciosa e porto seguro em todas as tempestades. Hoje, conquistando este marco, sinto seu orgulho como um abraço que atravessa o tempo. E enquanto eu viver, a senhora viverá não como lembrança que dói, mas como luz que guia.

À minha tia Milvia, cujo amor maternal sempre foi escolha, não obrigação, sua presença foi alicerce nos meus estudos, das tarefas que revisou aos incentivos que me ergueram. A senhora plantou em mim resiliência e fé no futuro. Esta conquista tem suas raízes. Obrigado por ser família, farol e força.

À minha avó Cici, pelo apoio e incentivo incondicionais que tornou este trabalho possível. Tenho o orgulho mais sincero em honrar sua confiança. Seu amor irrigou e produziu bons frutos, os quais influenciaram na elaboração deste trabalho.

À minha tia Mairla e ao meu primo João Pedro, pela torcida constante e pelo apoio nos meus processos. Conviver com esse pequeno me provoca a refletir sobre as infâncias de hoje e as possibilidades de uma geração que, quem sabe, possa fazer diferente, e dar certo!

Aos meus padrinhos, Ricilerry Araújo e Roberto Santos, que sempre estenderam a mão com generosidade e jamais mediram esforços para me apoiar. O incentivo constante e o exemplo de sucesso que representam são inspirações que carrego com imenso carinho e gratidão!

Ao meu companheiro Gustavo Eufrazio, que vem sendo cada vez mais meu fiel escudeiro. Sempre pronto para cuidar de mim e ajudar sem medir esforços, trazendo leveza, alegria e conforto mesmo nos momentos mais difíceis. Com certeza, a jornada se tornou menos tensa e mais bonita ao tê-lo ao meu lado. A você, minha mais sincera gratidão e meu amor!

Às minhas amigas de infância, Girleny Freire e Larissa Barbosa, com quem compartilhei desde os desafios e aprendizados em olimpíadas nacionais, ainda nos tempos de grupo, até os momentos leves e divertidos que renderam tantas risadas. A presença de vocês, ao longo dessa caminhada, é memória e afeto que levo com muito carinho.

Ainda dos tempos de escola, agradeço por outros laços que firmei ao longo da caminhada até a conclusão do ensino médio — laços que, mesmo com o tempo e a

distância, continuam presentes nas lembranças. A Caio Martins, Francisco Mikael, Isabella Veras, Isabelle Tércia, Jady Braga, José Maurício, Mariana Ceurim, Sarah Braga e Suianny Lima, minha gratidão pelos momentos compartilhados, pelas risadas e pelas histórias que levo com carinho, mesmo na vida adulta.

Já na graduação, construí laços que levo com muito carinho e que espero manter por toda a vida. Sou grato por ter partilhado essa jornada com vocês e por todas as vivências que tornaram o caminho mais leve e divertido.

Aos “Power Rangers” — Allan Fontenele, Matheus Henrique e Reginaldo Hissa — meu sincero obrigado por tornarem o fardo mais carregável. Vocês são rapazes por quem tenho grande apreço.

Às meninas que, junto aos rapazes, fazem parte do grupo “Fã Club da Raposinha”. Vocês são a inteligência e a sensatez que equilibram a turma: Francisca Elany, Maria Thayna, Samilly Mendes e Viviane Otaviana. Adoro vocês!

A todos os meus familiares, amigos e colegas que se fazem presentes na minha vida. A vocês minha gratidão e alegria em poder dividir mais uma conquista.

Ao meu professor orientador, Jorge Botero, expresso minha profunda gratidão pela paciência e dedicação demonstradas ao longo de todo este processo. Sua orientação atenta e criteriosa, com apontamentos sempre construtivos e extremamente produtivos, foi essencial para o aprimoramento do meu trabalho e para o meu desenvolvimento acadêmico. Além das correções técnicas, suas palavras de encorajamento e momentos de reflexão me motivaram a superar os desafios e a buscar sempre o melhor. Sua confiança no meu potencial foi um apoio fundamental, tornando essa jornada mais enriquecedora e inspiradora.

Ao meu coorientador, Ronaldo César, minha sincera gratidão. Sem seu apoio constante, empenho e dedicação, nada disso teria sido possível. Sua colaboração foi fundamental em cada etapa do projeto, desde a concepção até o desenvolvimento, e sua orientação sempre presente fez toda a diferença para a realização deste trabalho. Agradeço por ter caminhado ao meu lado nessa jornada, compartilhando conhecimento, incentivo e confiança.

Aos participantes do Laboratório de Ecologia Aquática e Conservação, meus companheiros de laboratório, que me apoiaram na formulação e no desenvolvimento do projeto como um todo: Amanda Fontenele, Firmino Filho, Gabriela Valentim, Grazielly Matias, Jéssica, Leonardo Mesquita, Sônia Lavínia e Virna Avelar. Mais do

que a colaboração científica, foram a companhia e o espírito descontraído de vocês que tornaram os dias de campo e de laboratório muito mais leves e especiais.

Aos integrantes do Laboratório de Ecologia Pesqueira e Estudos Socioambientais (LEPES) do LABOMAR - UFC, representados aqui pela professora Danielle Garcez, deixo meu agradecimento pelas contribuições ao longo da minha trajetória. As reuniões conjuntas sempre foram produtivas, marcadas por apontamentos extremamente pertinentes e discussões enriquecedoras. Além do ambiente descontraído, esses encontros permitiam acompanhar o avanço de cada colega em seus projetos, algo que considero extremamente valioso para o crescimento coletivo.

A todos os meus companheiros do curso de Ciências Biológicas, em especial aqueles com quem construí laços importantes ao longo da graduação e que destaco aqui pela influência durante esse período: Ana Carolina, Gabriel Soares, Jamyle Victoria, Lua Silva, Pedro Guilherme, Rhanian Maria, entre tantos outros.

A todos os professores do Departamento de Biologia, especialmente às professoras Denise Hissa, Erika Mota, Iracema Loiola, Vânia Melo, e aos professores Carlos Tolussi (Cadu), Lorenzo Zanette e Vicente Farias, agradeço profundamente por todas as contribuições à minha formação e pelos ensinamentos de tantos conteúdos incríveis ao longo dessa jornada.

Agradeço ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), gerido pela Coordenadoria de Pesquisa da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG/UFC) em conjunto com o Comitê Interno, pelo incentivo à formação acadêmica e ao desenvolvimento do pensamento científico. Sou igualmente grato ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), órgão responsável pelo financiamento da bolsa que me possibilitou dedicar-me à pesquisa de forma contínua e aprofundada.

O presente trabalho foi financiado pelo projeto CNPq/MCTI/FNDT/IC - CT Hidro, Processo nº 409354/2022-8, e contribui para a base de conhecimento que apoia estratégias de manejo e conservação em zonas estuarinas de regiões semiáridas, essenciais para a manutenção da biodiversidade e da resiliência desses ecossistemas. Portanto, agradeço ao apoio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Transferência de Materiais Continente-Oceano (INCT-TMCOcean).

E, por fim, à Universidade Federal do Ceará, meu reconhecimento por ser um espaço de formação crítica, construção de saberes e transformação social. Foi nesse

ambiente que encontrei oportunidades valiosas de crescimento acadêmico, pessoal e profissional. A vivência no ensino público, gratuito e de qualidade é um privilégio que carrego com gratidão e responsabilidade. Que mais jovens tenham acesso a essa experiência transformadora, e que a universidade pública continue sendo um farol de conhecimento, inclusão e esperança para o futuro do país.

“O ontem é história,
O amanhã é um mistério,
Mas o hoje é uma dádiva.
É por isso que se chama presente!”
(Mestre Oogway - Kung Fu Panda,
2008)

RESUMO

Estuários da região semiárida brasileira são sistemas dinâmicos com baixa descarga fluvial, alta evaporação e intrusão marinha, que levam a condições de hipersalinidade sazonal. Este estudo avaliou os padrões espaciais e temporais de moluscos bentônicos nos estuários dos rios Choró e Curu (Outubro/2023 a Maio/2025), com amostragens trimestrais em períodos de estiagem e chuvoso, totalizando seis campanhas. A amostragem foi padronizada com quatro transectos de 20 m e quadrantes de 0,25 m², distribuídos em dois pontos na zona inferior e dois na superior de cada estuário, visando investigar os efeitos da salinidade na comunidade. O estuário do rio Curu apresentou menores valores médios de salinidade e gradientes de salinidade menos abruptos no tempo, associados a maior riqueza e diversidade de espécies de moluscos. A composição dessas espécies apresentou diferenças espaciais em ambos os estuários; porém o fator sazonal só gerou diferença significativa no estuário do rio Curu. Os resultados demonstram que níveis moderados de salinidade (5–18, mesohalino) favorecem a riqueza de moluscos, enquanto extremos — como dulcificação intensa ou hipersalinidade (>40) — reduzem significativamente a diversidade bentônica. No estuário do Curu, a zona inferior, com salinidade mais estável, sustentou 16 espécies, ao passo que a superior, exposta à água doce, registrou apenas duas. Padrão semelhante foi observado no Choró, cuja zona superior apresentou valores hipersalinos e baixa diversidade. Essas evidências reforçam que extremos salinos, independentemente da direção, atuam como filtros ecológicos, suprimindo espécies menos tolerantes. Em cenários de mudanças climáticas, a intensificação das secas e a alteração do regime hídrico por ações antrópicas (como barramentos) podem agravar a salinização e comprometer habitats essenciais como os manguezais, reduzindo a heterogeneidade ambiental e a oferta de refúgios para a fauna bentônica. Assim, a conservação de estuários em regiões semiáridas exige a manutenção de faixas salinas intermediárias e o controle de perturbações hidrológicas. Este estudo contribui com uma abordagem integrada, demonstrando como fatores espaciais e sazonais interagem para moldar a estrutura das comunidades em ecossistemas sob crescente pressão ambiental.

Palavras-chaves: Invertebrados bentônicos, Salinidade, Ecossistemas litorâneos, Nordeste do Brasil.

ABSTRACT

Estuaries in the semi-arid region of Brazil are dynamic systems characterized by low river discharge, high evaporation, and marine intrusion, leading to seasonal hypersalinity. This study evaluated the spatial and temporal patterns of benthic mollusks in the estuaries of the Choró and Curu rivers (October 2023 to May 2025), with quarterly sampling during dry and rainy seasons, totaling six sampling campaigns. Standardized sampling was conducted using four 20 m transects and 0.25 m² quadrats, distributed across two sites in the lower zone and two in the upper zone of each estuary, aiming to investigate the effects of salinity on the community. The Curu River estuary exhibited lower average salinity values and less abrupt temporal salinity gradients, which were associated with higher species richness and diversity of mollusks. Species composition varied spatially in both estuaries; however, seasonal variation was significant only in the Curu estuary. Results show that moderate salinity levels (5–18, mesohaline) favor mollusk richness, whereas extremes — such as intense freshwater input or hypersalinity (>40) — significantly reduce benthic diversity. In the Curu estuary, the lower zone, with more stable salinity, supported 16 species, while the upper zone, exposed to freshening, recorded only two. A similar pattern was observed in the Choró estuary, where the upper zone experienced hypersaline conditions and low diversity. These findings suggest that salinity extremes, regardless of direction, act as ecological filters by excluding less tolerant species. Under climate change scenarios, the intensification of droughts and hydrological alterations caused by human activities (e.g., damming) may exacerbate salinization and compromise key habitats such as mangroves, reducing environmental heterogeneity and the availability of refuges for benthic fauna. Therefore, the conservation of estuaries in semi-arid regions requires maintaining intermediate salinity ranges and controlling hydrological disturbances. This study provides an integrated approach, demonstrating how spatial and seasonal factors interact to shape community structure in ecosystems under increasing environmental pressure.

Keywords: Benthic invertebrates, Salinity, Coastal ecosystems, Northeastern Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Pontos amostrais de moluscos (em vermelho) nos estuários dos rios Curu e Choró	21
Figura 2 -	Quadrante e transecto, com parcela amostrada (areia e lama, respectivamente)	22
Figura 3 -	Esquema da distribuição das parcelas ao longo de transectos de 20 m em zonas de lama e areia, com indicação dos ambientes adjacentes (mangue e rio)	23
Figura 4 -	Média (com erro-padrão) da salinidade nos estuários dos rios Choró e Curu, nas zonas estuarinas e períodos do ano	27
Figura 5 -	Perfis espaciais de salinidade dos estuários dos rios Choró (a) e Curu (b)	28
Figura 6 -	NMDS da composição de espécies de moluscos (densidade, ind/m ²)	33
Figura 7 -	Diagramas Sankey mostrando preferências das espécies de moluscos para cada zona estuarina e período do ano	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classificação dos Gradientes de Salinidade	24
Tabela 2 -	Espécies de moluscos registradas nos estuários dos rios Choró e Curu	29
Tabela 3 -	Estimativas de diversidade verdadeira (0D, 1D, 2D) de moluscos nos dois estuários	31
Tabela 4 -	Estimativas de diversidade verdadeira (0D, 1D, 2D) para diferentes zonas estuarinas e períodos do ano nos estuários dos rios Choró e Curu	32
Tabela 5 -	PERMANOVA avaliando o efeito da zona estuarina (superior x inferior) e do período do ano (seco x chuvoso) na composição de espécies de moluscos nos estuários dos rios Choró e Curu	33
Tabela 6 -	Riqueza de espécies de moluscos em cada ponto amostral e total em cada evento de amostragem nos estuários dos rios Choró e Curu	35

APÊNDICE

Apêndice A - SIMPER comparando as abundâncias médias de espécies de moluscos (indivíduos/m ²) por zona estuarina (inferios x superior) e por período do ano (seco x chuvoso) no estuário do rio Choró	51
Apêndice B - SIMPER comparando as abundâncias médias de espécies de moluscos (indivíduos/m ²) por zona estuarina (inferios x superior) e por período do ano (seco x chuvoso) no estuário do rio Curu	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Área de estudo	20
3.2. Amostragem	21
3.3. Análise de dados	23
4. RESULTADOS	26
5. DISCUSSÃO	36
6. CONCLUSÃO	41
7. REFERÊNCIAS	42
8. APÊNDICE	51
8.1. APÊNDICE A	51
8.2. APÊNDICE B	52

1. INTRODUÇÃO

Estuários são ecossistemas dinâmicos com águas fluviais e marinhas condicionando processos hidrológicos, físicos e biológicos (Montagna *et al.*, 2012) entre áreas de água doce e trechos com maiores concentrações de salinidade (Day Jr. *et al.*, 2013). Os estuários são reconhecidos pela alta produtividade e biodiversidade, sustentando variadas comunidades de organismos (Elliott e Whitfield, 2011). Nestes ecossistemas, variações bióticas e abióticas convergem criando transições na estrutura das comunidades (Attrill e Rundle, 2002).

Estudos em ecologia de estuários indicam a salinidade como um dos principais estruturadores das comunidades de moluscos, por seu efeito direto sobre a fisiologia dos organismos e por atuar como filtro ambiental que seleciona espécies com base em tolerâncias e plasticidade ecológica (Montagna *et al.*, 2008; Alves *et al.*, 2020). Existem evidências de que gradientes heterogêneos de salinidade em ecossistemas estuarinos favorecem maior riqueza e diversidade de espécies, enquanto condições homogêneas — tanto de água doce quanto hipersalina — tendem a simplificar a comunidade, resultando em dominância de espécies tolerantes e redução da diversidade funcional (Maia *et al.*, 2018; Medeiros *et al.*, 2021). Além disso, a variação abiótica entre as zonas estuarinas (inferior, intermediária e superior) e micro-habitats (e.g., mangue e planície entre-marés) influenciam na distribuição da fauna bentônica, fornecendo abrigo e alimento (Kristensen *et al.*, 2014; Braga *et al.*, 2024). Pesquisas em estuários tropicais destacam que bivalves e gastrópodes são sensíveis a alterações na qualidade da água e estrutura do habitat (Bernardino *et al.*, 2016; Zamprognio *et al.*, 2023). Gray (2004) indicou que a composição e a abundância dos macroinvertebrados bentônicos são afetadas por fatores ambientais como tipo de substrato, salinidade, temperatura e pH, onde variações nas condições físico-químicas da água, especialmente durante eventos de escoamento urbano, influenciaram diretamente a estrutura das comunidades bentônicas.

Os estuários localizados na costa semiárida do Brasil são rasos, sujeitos a alta evaporação e escasso aporte de água continental durante vários meses do ano, podendo ficar invertidos, ou seja, com valores de salinidades maiores a montante em relação ao mar adjacente (Soares *et al.* 2021; Gurgel-Lourenço *et al.*, 2023). A salinidade elevada pode impactar negativamente a biodiversidade estuarina (Akoumianaki *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2020), inclusive em regiões sob influência de mudanças climáticas

(Bernardino et al., 2016; Braga et al., 2024). Em áreas de manguezal, por exemplo, alterações na salinidade estão associadas à redução na abundância de espécies de moluscos sensíveis e à dominância de grupos tolerantes (Aviz et al., 2012; Maia et al., 2018), padrão também observado em estudos com crustáceos e peixes (Alves, 1974). Essa mesma resposta à variação salina — marcada pela redução de espécies sensíveis e pela dominância de grupos tolerantes — também se aplica a outros grupos, como crustáceos e moluscos (Alves et al., 2020; Ferreira et al., 2020).

As condições típicas dos estuários da costa semiárida do Brasil tornam-se preocupantes quando intensificada por eventos extremos associados a mudanças climáticas ou impactos antrópicos (ex.: secas prolongadas, descarga fluvial urbana, redução de vazão fluvial por barragens ou desmatamento), pois a salinidade elevada, mesmo sendo um fenômeno natural no semiárido, pode exceder os limiares de tolerância da biota adaptada às flutuações sazonais (Tweedley et al., 2019; Medeiros et al., 2021). Nesse contexto, compreender a dinâmica da salinidade e os efeitos sobre as comunidades biológicas é fundamental para subsidiar estratégias de gestão e conservação.

Diante desse cenário, hipotetizamos que a zona estuarina e os períodos do ano interagem com a dinâmica da salinidade e estruturam as comunidades de moluscos, promovendo padrões espaço-temporais em riqueza, diversidade e composição de espécies. Espera-se que as zonas inferiores — caracterizadas por maior conectividade marinha e influência de marés, independentemente da presença de manguezais — apresentem maior diversidade de moluscos devido a trocas biológicas com o ambiente costeiro. Em contrapartida, zonas superiores, expostas a episódios de hipersalinidade ou dulcificação extrema, tenderão a ser dominadas por espécies tolerantes a essas condições. Quanto à sazonalidade, períodos chuvosos podem gerar dualidade ecológica: embora a redução temporária da salinidade favoreça o recrutamento de espécies eurihalinas, eventos extremos de precipitação podem desencadear mortalidades em massa de bivalves por choque osmótico ou assoreamento, suprimindo a diversidade local (Barros et al., 2012; Olivera et al., 2025). Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a influência da variação espaço-temporal da salinidade na estrutura da comunidade de moluscos nos estuários dos rios Choró e Curu, localizados na costa semiárida do Brasil, testando essas relações preditivas em gradientes contrastantes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a influência da variação espaço-temporal da salinidade sobre a estrutura da comunidade de moluscos nos estuários dos rios Choró e Curu, localizados na costa semiárida brasileira.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar os padrões espaciais e temporais de salinidade entre os estuários dos rios Choró e Curu, considerando zonas estuarinas (superior x inferior) e períodos sazonais (seco x chuvoso);
- Avaliar a riqueza, diversidade e composição de espécies de moluscos zonas estuarinas e períodos sazonais ;
- Investigar a influência da zona estuarina e da sazonalidade na composição de espécies de moluscos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Os estuários dos rios Choró e Curu estão situados na costa semiárida do Brasil, região influenciada pelo clima semiárido da Caatinga , caracterizado por um curto período chuvoso concentrado entre os meses de janeiro e junho (Alvares et al., 2014; Zanella, 2005). O estuário do rio Curu é constituído por barra (Quintela-Falcão et al., 2011), apresenta complexa rede de canais, bancos de areia e manguezais que favorecem a ocorrência de diferentes espécies de invertebrados bentônicos. Por sua vez, o estuário do rio Choró é formado na planície costeira, com menor profundidade e morfologia em funil em direção a montante do rio (Vidal et al. 2016). Ambos os estuários são ocupados por espécies de *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), *Avicennia schaueriana* (mangue-preto) e *Laguncularia racemosa* (mangue-branco), que influenciam a composição do substrato e a disponibilidade de nutrientes no ambiente (Zamprogno et al., 2023; Braga et al., 2024).

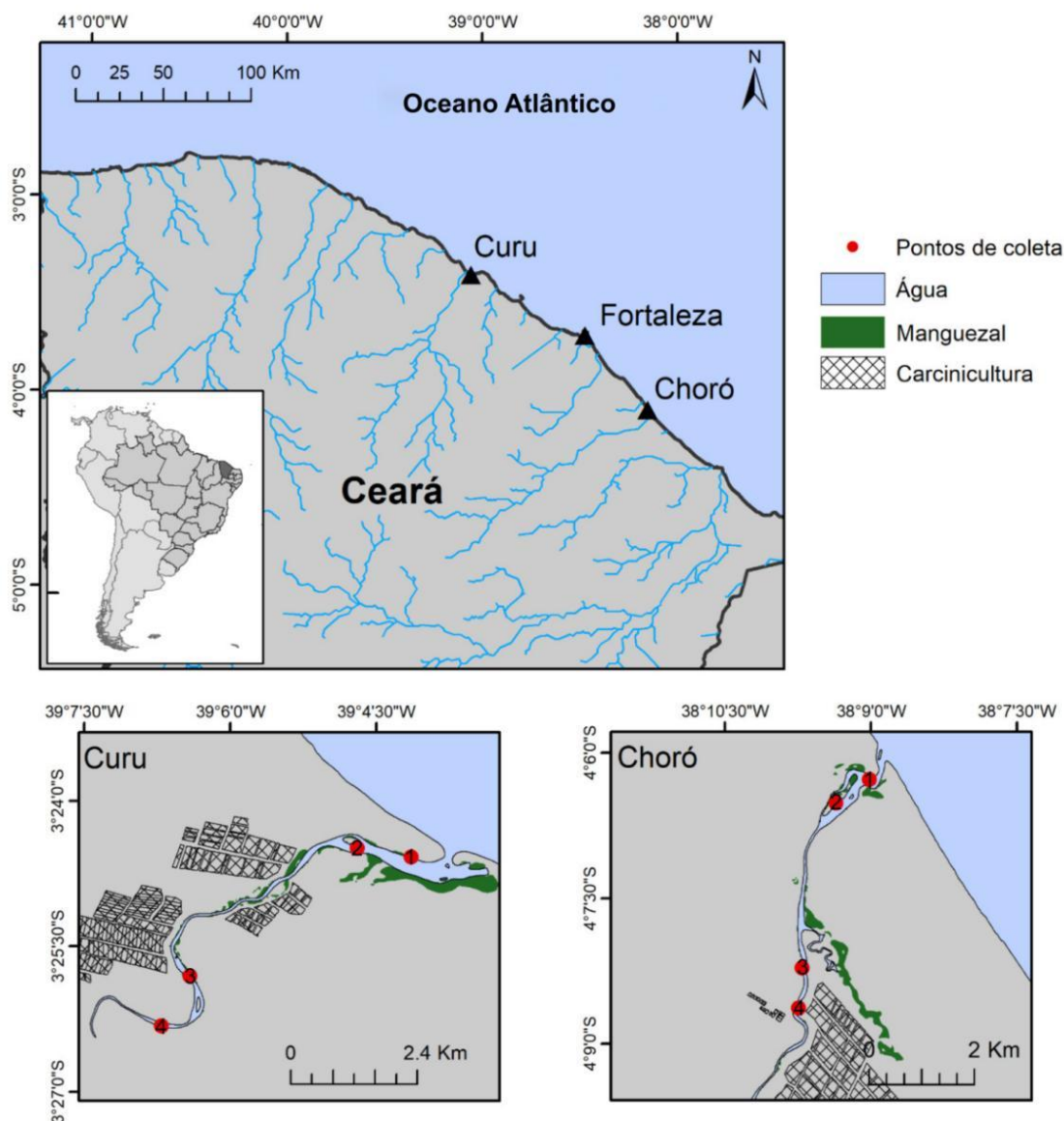


Figura 1 - Pontos amostrais de moluscos (em vermelho) nos estuários dos rios Curu e Choró. Pontos 1 e 2 localizados na zona inferior e pontos 3 e 4 localizados na zona superior.

3.2 Amostragem

Para a coleta padronizada de moluscos foram previamente selecionados quatro pontos em cada estuário (1 e 2: zona inferior 3 e 4: zona superior) e realizados transectos de 20 metros, com parcelas distribuídas nas metragens 0, 10 e 20 metros ao longo da margem (Figuras 2 e 3). As coletas de moluscos nos estuários do Rio Choró (Latitude: 4°6'0"S a 4°7'30"S; Longitude: 38°10'30"W a 39°9'0"W) e do Rio Curu (Latitude: 3°24'0"S a 3°25'30"S; Longitude: 39°4'30"W a 39°6'0"W) foram realizadas trimestralmente no período de outubro de 2023 a maio de 2025. Em cada parcela,

foram montados três quadrantes, cada um com área de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m), selecionados de acordo com o tipo de substrato (areia e lama) e com a proximidade a margem d'água: o quadrante 1 mais próximo da margem do rio, o quadrante 2 em distância intermediária, e o quadrante 3 mais distante da margem. Em cada parcela, foram sorteados três quadrantes a serem amostrados por transecto. Esse procedimento foi realizado em quatro pontos nos estuários, dois pontos na zona inferior e dois na zona superior (Figura 1). As espécies de moluscos foram identificadas com auxílio de Barroso et al. (2013) e confirmadas por especialistas perante tombamento na Coleção Malacológica Prof. Henry Ramos Matthews - Série B (CMPHRM - UFC). As coletas trimestrais de moluscos (outubro/2023 a maio/2025) nos estuários dos rios Choró e Curu utilizaram pá e peneira com malha de 8 mm (50x50 cm com cabo), perfazendo duas retiradas de sedimento com pá por ponto. As amostras foram lavadas in situ com a peneira de 8 mm e triadas em laboratório com auxílio de lupa. A salinidade da água foi medida em campo (superfície) via refratômetro, e a classificação de sedimentos (lama/areia) foi realizada visualmente com base na proximidade dos bancos de mangue (lama) ou áreas abertas (areia).



Figura 2 - Quadrante e transecto, com parcela amostrada (areia e lama, respectivamente).

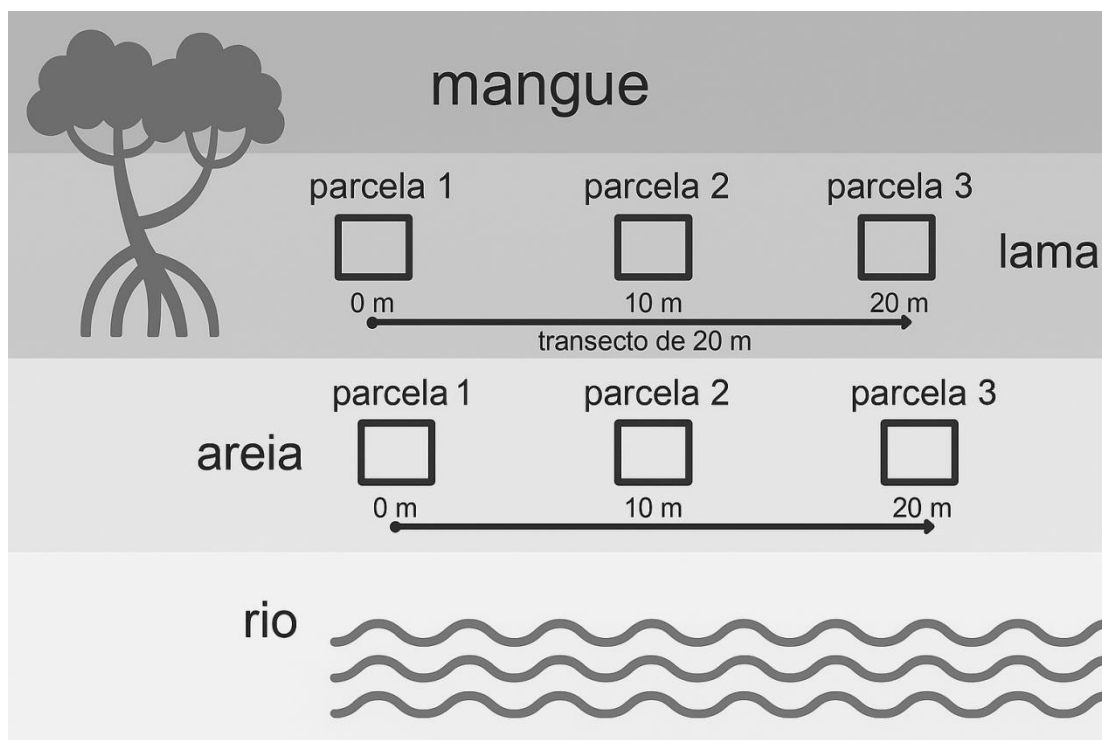


Figura 3 - Esquema da distribuição das parcelas ao longo de transectos de 20 m em zonas de lama e areia, com indicação dos ambientes adjacentes (mangue e rio).

3.3 Análise de dados

A classificação dos gradientes de salinidade (tabela 1) adotada neste estudo fundamentou-se na abordagem clássica de Day Jr. et al. (2013) para padrões estuarinos universais (positivo, negativo e homogêneo), complementada pela adaptação proposta por Valentim et al. (2018) para contextos de hipersalinidade (>40) típicos de estuários semiáridos do Nordeste brasileiro, o que tornou possível caracterizar tanto os padrões hidrológicos gerais quanto as particularidades induzidas pelo clima semiárido local. Os gradientes foram aplicados por coleta individual (cada evento trimestral), permitindo caracterizar o padrão de salinidade específico de cada estuário em cada período amostrado.

Tabela 1 - Classificação dos Gradientes de Salinidade

Tipo de Gradiente	Critério de Classificação	Exemplo de Valores
Homogêneo de água doce	Salinidade uniformemente baixa em todo o estuário.	< 0,5 em todas as zonas
Positivo	Decréscimo de salinidade à montante; água doce na zona superior.	Zona sup.: 0–0,5; zona inf.: >30
Positivo salino	Decréscimo de salinidade à montante, sem água doce.	Zona sup.: 5; zona inf.: 30
Homogêneo salino	Salinidade uniforme, equivalente à água marinha.	Zona sup.: 30; zona inf.: 37
Negativo (invertido)	Aumento de salinidade à montante; hipersalinidade na zona superior.	Zona sup.: >40; zona inf.: 35

As diversidades de moluscos foram quantificadas a partir do índice de Hill (Hill, 1973). Para tal foram calculados os índices de diversidade de ordem $q = 0$, $q = 1$ e $q = 2$, que correspondem, respectivamente, à riqueza de espécies (q_0), diversidade de Shannon (q_1) e diversidade de Simpson (q_2). Para $q = 0$, o índice representa a riqueza de espécies, sem considerar a abundância relativa. Para $q = 1$, o índice corresponde à exponencial do índice de Shannon, ponderando as espécies proporcionalmente às suas frequências. Para $q = 2$, o índice equivale ao inverso do índice de Simpson, dando mais peso às espécies mais abundantes. Os cálculos foram realizados no software R, utilizando o pacote *iNEXT* (Hsieh et al., 2016). Intervalos de Confiança foram utilizados para testar as diferenças entre os grupos (estuários, zonas estuarinas e períodos do ano), integrados aos cálculos do pacote *iNEXT*.

Dados de composição e abundância (indivíduos/m²) de moluscos foram comparados em matrizes de dissimilaridade utilizando coeficientes de Bray-Curtis para análises de ordenamento por escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS), com o objetivo de evidenciar variações entre zonas estuarinas (inferior x superior) e períodos do ano (seco x chuvoso). Análises de variância permutacional (PERMANOVA) foram utilizadas para verificar se as composições de moluscos foram estatisticamente diferenciadas entre os grupos. As espécies de moluscos responsáveis pelas discriminações entre os grupos foram identificadas por meio de Análise de Similaridade de Porcentagens (SIMPER). Diagramas Sankey foram construídos para

visualizar os resultados obtidos dos SIMPER com o pacote *networkD3* (Allaire et al. 2025) do software R, com cada espécie identificada representada como um nó-fonte conectado a nós-alvos correspondendo aos grupos os quais mostraram associação significativa (zona ou período do ano). A espessura das conexões é proporcional à abundância média de cada espécie nos respectivos grupos do SIMPER. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2025).

4. RESULTADOS

Os estuários apresentaram diferenças na salinidade média geral, sendo o estuário do rio Choró com maior valor médio (21,8 x 12,5; Wilcoxon: $v = 150,5$; $p < 0,001$). No Choró, observou-se homogeneidade salina entre as zonas estuarinas (zona inferior: 22,1; zona superior: 21,5; Wilcoxon: $v = 18,0$; $p = 0,82$), mas diferença acentuada entre os períodos do ano, com salinidade média de 29,8 no período seco contra 13,7 no chuvoso (Wilcoxon: $v = 68,0$; $p = 0,02$). Já o estuário do rio Curu apresentou marcado contraste espacial, ou seja, diferença significativa na salinidade entre as zonas inferior e superior (Wilcoxon: $v = 45,0$; $p = 0,009$), ao passo que demonstrou maior estabilidade temporal, sem diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso (Wilcoxon: $v = 34,0$; $p = 0,19$). Esses resultados evidenciam padrões espaciais e temporais distintos de salinidade entre os dois estuários (Figuras 4 e 5).

A variabilidade temporal no estuário do rio Choró reflete a alternância entre diferentes tipos de gradientes (Figura 5a). Foi observado gradiente negativo com hipersalinidade em fevereiro de 2024 (41,2); homogeneidade salina nos meses secos de outubro de 2023 (36,0) e novembro de 2024 (35,5); e predomínio de água doce nos períodos chuvosos de maio de 2024 e abril de 2025 (0) (Figura 5a). Além disso, foi registrado gradiente positivo salino, sem presença de água doce, em agosto de 2024, com salinidade variando de 28,7 (zona inferior) a 7,3 (zona superior) (Figura 5a).

Por sua vez, o estuário do rio Curu exibiu salinidades médias mais baixas e ausência de hipersalinidade ao longo do ciclo anual. O sistema variou entre gradiente positivo salino nos meses de outubro de 2023 (24,0) e janeiro de 2024 (27,0), gradiente positivo nos meses secos de agosto (8,0) e novembro de 2024 (15,7), e homogeneidade de água doce durante os períodos chuvosos de maio de 2024 (0) e maio de 2025 (0,2) (Figura 5b). Esse padrão indica maior influência fluvial e menor intrusão marinha em comparação ao estuário do Choró.

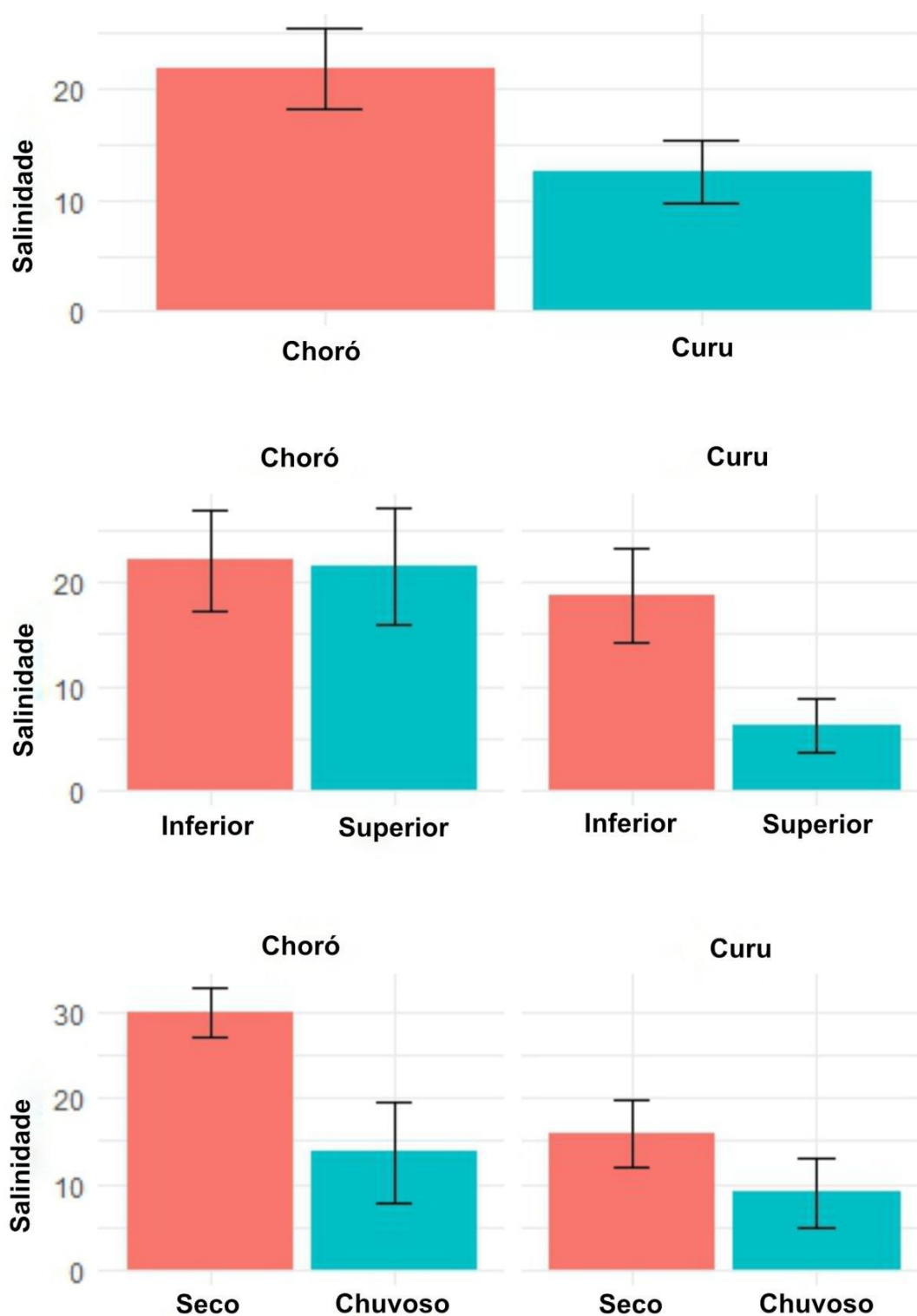


Figura 4 - Média (com erro-padrão) da salinidade nos estuários dos rios Choró e Curu, nas zonas estuarinas e períodos do ano.

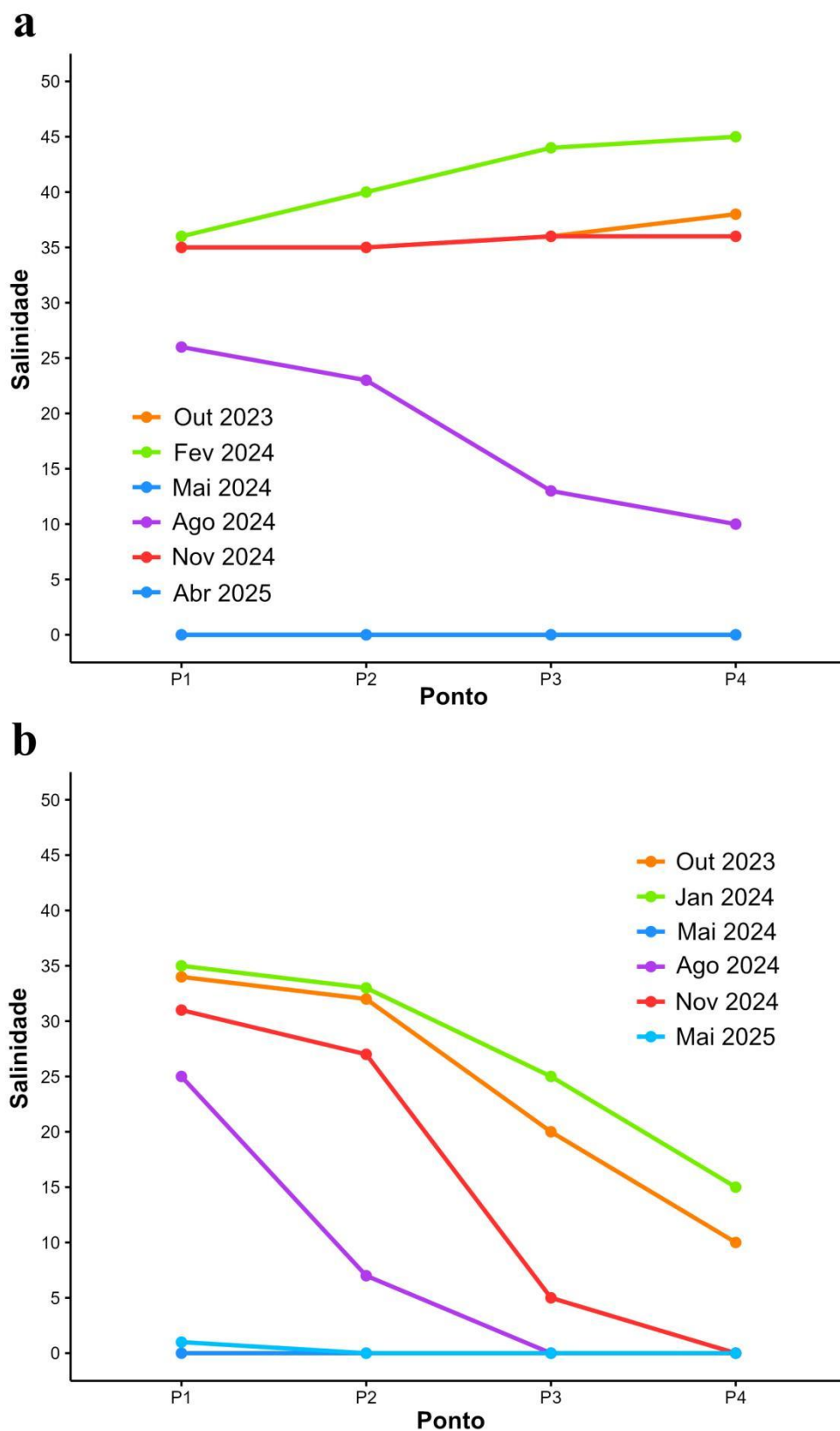


Figura 5 - Perfis espaciais de salinidade dos estuários dos rios Choró (a) e Curu (b). P1 e P2: Zona inferior (jusante); P3 e P4: Zona superior (montante).

Foram coletadas ao todo 16 espécies de moluscos abrangendo 13 famílias e nove ordens (Tabela 2), sendo dez espécies no estuário do rio Choró e 16 no estuário do rio Curu. A riqueza e diversidade de espécies de moluscos foram maiores no Curu (Tabelas 1 e 2). A zona inferior apresentou maior riqueza de moluscos em ambos os estuários, sendo no Curu com grande diferença (OD: 16 vs. 2- Tabela 4). A diversidades foram significativamente maiores na zona superior do estuário do rio Choró e na zona inferior do estuário do rio Curu (Tabela 4). Embora a riqueza de espécies não tenha variado sazonalmente, a diversidade de moluscos no estuário do rio Choró foi bem maior no período seco para o índice de Simpson (Tabela 4).

Tabela 2 - Espécies de moluscos registradas nos estuários dos rios Choró e Curu. Vouchers: testemunhos na Coleção Malacológica Prof. Henry Ramos Matthews (CMPHRM - UFC).

Taxon	CH	CU	Vouchers
BIVALVIA			
Carditida			
Crassatellidae			
<i>Crassinella martinicensis</i> (A. d'Orbigny, 1853)		X	
Mytilida			
Mytilidae			
<i>Amygdalum arborescens</i> (Fischer von Waldheim, 1807)		X	
Nuculanida			
Nuculanidae			
<i>Nuculana</i> sp.		X	
Venerida			
Veneridae			
<i>Anomalocardia flexuosa</i> (Linnaeus, 1767)	X	X	CMPHRM7577B; CMPHRM7576B

Taxon	CH	CU	Vouchers
Ungulinidae			
<i>Diplodonta</i> sp.		X	
Myida			
Corbulidae			
<i>Caryocorbula swiftiana</i> (C. B. Adams, 1852)		X	
Cardiida			
Donacidae			
<i>Iphigenia brasiliensis</i> (Lamarck, 1818)		X	
Solecurtidae			
<i>Tagelus divisus</i> (Spengler, 1794)	X	X	
<i>Tagelus plebeius</i> ([Lightfoot], 1786)	X	X	CMPHRM7579B; CMPHRM7578B
Tellinidae			
<i>Austromacoma constricta</i> (Bruguière, 1792)	X	X	CMPHRM7570B; CMPHRM7571B
<i>Eurytellina nitens</i> (C. B. Adams, 1845)	X	X	
<i>Eurytellina punicea</i> (Born, 1778)	X	X	CMPHRM7574B; CMPHRM7575B
Lucinida			
Lucinidae			
<i>Phacoides pectinatus</i> (Gmelin, 1791)	X	X	CMPHRM7567B; CMPHRM7568B
GASTROPODA			
Cerithiida			
Cerithiidae			
<i>Cerithium atratum</i> (Born, 1778)	X	X	CMPHRM7580B

Taxon	CH	CU	Vouchers
Neogastropoda			
Nassariidae			
<i>Phrontis vibex</i> (Say, 1822)	X	X	CMPHRM7581B
Cycloneritida			
Neritidae			
<i>Vitta virginea</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	CMPHRM7565B; CMPHRM7566B

Tabela 3 - Estimativas de diversidade verdadeira (0D, 1D, 2D) de moluscos nos dois estuários.

	Ordem	Família	Choró	Curu
Riqueza - 0 D	10	13	10	16
Shannon - 1 D (IC)			4,65 (4,30 – 5,00)	7,75 (7.53 – 7.97)
Simpson - 2 D (IC)			3,21 (2,96 – 3,46)	6,26 (6,08 – 6,43)

Tabela 4 - Estimativas de diversidade verdadeira (0D, 1D, 2D) para diferentes zonas estuarinas e períodos do ano nos estuários dos rios Choró e Curu. O índice de diversidade 0D refere-se à riqueza de espécies, 1D à diversidade equitativa, e 2D à diversidade dominante (favorável a espécies mais abundantes). Em negrito, valores com diferenças significativas.

Diversidade Verdadeira	Choró		Curu	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Riqueza de espécies (0D)	10	6	16	2
Shannon (1D)	4,52	5,11	7,78	1,89
Intervalo de confiança (1D)	4,21 – 4,82	4,42 – 5,81	7,57 – 7,99	1,67 – 2,10
Simpson (2D)	3,12	4,50	6,28	1,80
Intervalo de confiança (2D)	2,90 – 3,35	3,54 – 5,45	6,09 – 6,47	1,48 – 2,12
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Riqueza de espécies (0D)	8	10	12	12
Shannon (1D)	4,96	4,20	6,60	6,54
Intervalo de confiança (1D)	4,47 – 5,44	3,88 – 4,53	6,33 – 6,87	6,32 – 6,76
Simpson (2D)	3,82	2,90	5,46	5,49
Intervalo de confiança (2D)	3,37 – 4,26	2,66 – 3,14	5,21 – 5,72	5,29 – 5,68

Houve influência da zona estuarina na composição de espécies, ponderada por abundância, de moluscos no estuário do rio Choró, enquanto o período do ano não apresentou efeito (Tabela 5). Já no estuário do rio Curu, foram detectadas variações significativas tanto entre zonas estuarinas quanto sazonalmente (Tabela 5), indicando que a composição da comunidade respondeu simultaneamente ao gradiente espacial e às variações sazonais (Tabela 4; Figura 7). Embora não existam diferenças no plot da nMDS entre zonas estuarinas no Curu, a composição de espécies da zona superior (duas espécies) é um pequeno subconjunto da zona inferior (16 espécies), logo possuindo diferença marcante na composição de espécies, principalmente quanto à *Tagelus divisus*, *Vitta virginea*, *Anomalocardia flexuosa*, *Austromacoma constricta*, *Tagelus plebeius* e *Eurytellina nitens* (Figura 6; Figura 7; Apêndice 1). Duas espécies de molusco foram responsáveis pela diferenciação nas composições de espécies entre os períodos do ano no estuário do rio Curu (*Tagelus plebeius* e *Eurytellina punicea*, ambas com abundâncias significativamente maiores no período chuvoso) (Apêndice 1). No entanto, as espécies *Vitta virginea*, *Tagelus divisus*, *Eurytellina nitens* e *Phrontis vibex* foram mais abundantes no período seco, enquanto *Austromacoma constricta*, *Anomalocardia flexuosa* e *Eurytellina punicea* foram mais abundantes no período chuvoso (Figura 7; Apêndice 1).

Tabela 5 - PERMANOVA avaliando o efeito da zona estuarina (superior x inferior) e do período do ano (seco x chuvoso) na composição de espécies de moluscos nos estuários dos rios Choró e Curu. gl: graus de liberdade, SS: soma dos quadrados, R^2 : coeficiente de determinação, (em negrito valores de P indicando diferença significativa).

Choró	gl	SS	R^2	F	P
Zona (Inferior x Superior)	1	0,85	0,10	2,46	0,01
Período (Seco x Chuvoso)	1	0,25	0,03	0,72	0,66
Zona : Período	1	0,40	0,05	1,18	0,32
Residual	20	6,89	0,82		
Curu	gl	SS	R^2	F	P
Zona (Inferior x Superior)	1	0,71	0,07	2,17	0,02
Período (Seco x Chuvoso)	1	0,66	0,07	2,04	0,01
Zona : Período	1	0,40	0,04	1,24	0,28
Residual	23	7,42	0,81		

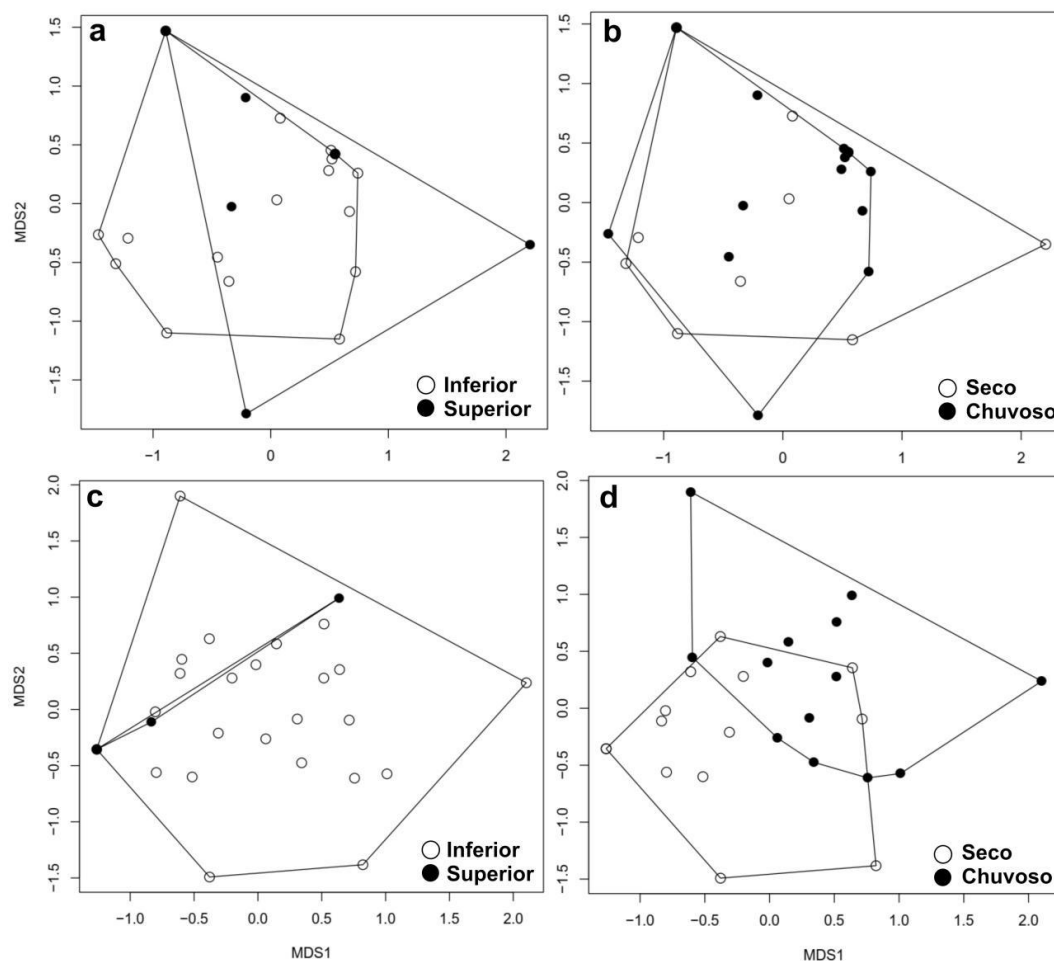


Figura 6 - NMDS plots da composição de espécies de moluscos (densidade, ind/m²) dos estuários dos rios Choró (a e b, estresse: 0,08) e Curu (c e d, estresse: 0,12) comparando zonas estuarinas e períodos do ano.

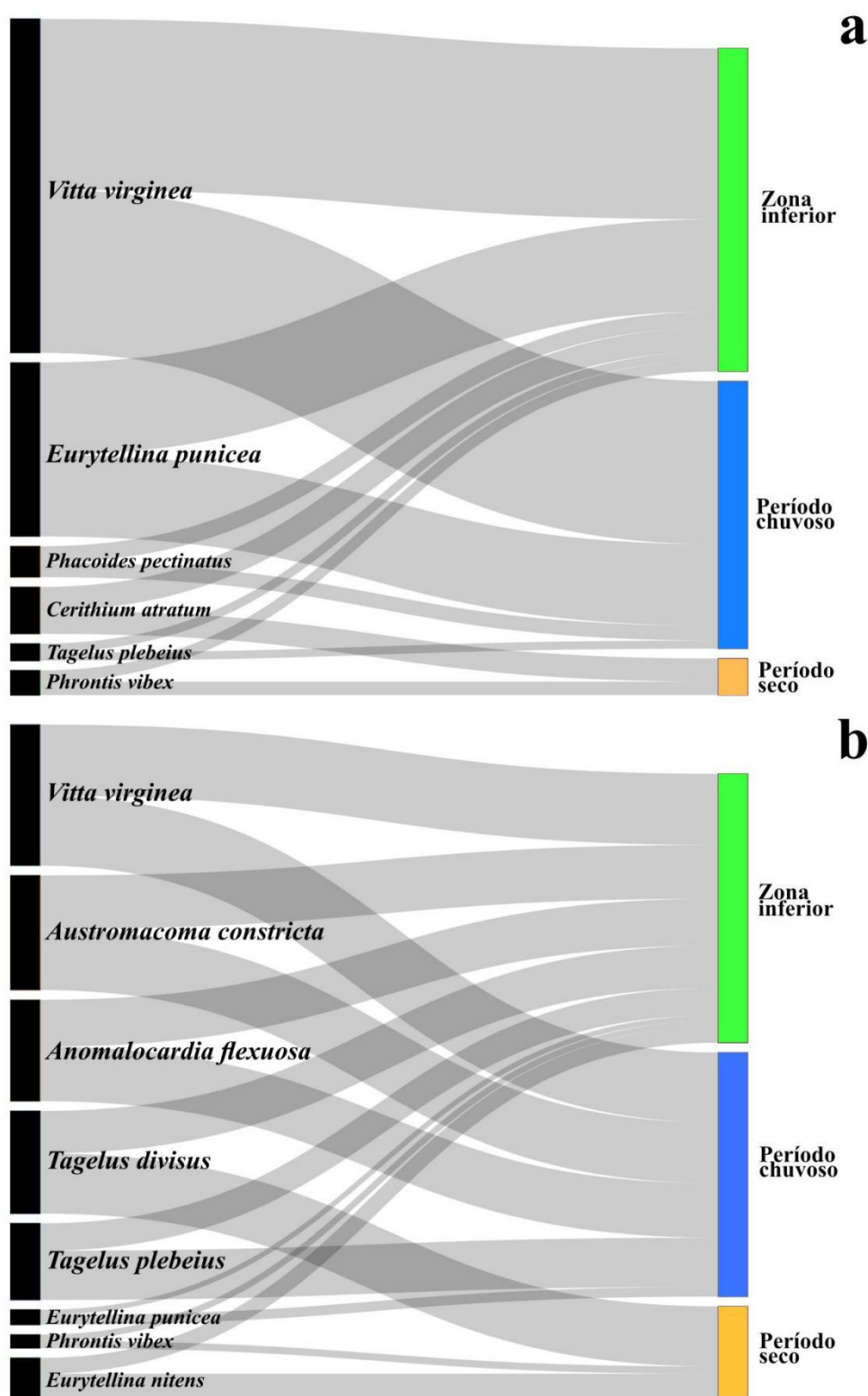


Figura 7 - Diagramas Sankey mostrando preferências das espécies de moluscos para cada zona estuarina (inferior x superior) e período do ano (seco x chuvoso) nos estuários dos rios Choró (a) e Curu (b), com base nas abundâncias médias (indivíduos/m²) das análises SIMPER. Apenas espécies com 90% de contribuição acumulada foram consideradas nesta análise.

Em ambos os estuários uma relação positiva foi observada entre salinidade e riqueza de espécies. No estuário do rio Curu, as maiores riquezas de moluscos (10 a 11 espécies) ocorreram em áreas com gradientes "positivo salino", enquanto zonas com água doce homogênea registram valores menores de riqueza (Tabela 6). Padrão semelhante é observado no estuário do rio Choró, onde a hipersalinidade (>40) temporária permitiu o registro de todas as 10 espécies de moluscos em fevereiro/2024, mas em menores salinidades houve diminuição da riqueza, para apenas três espécies (Tabela 6).

Tabela 6 - Riqueza de espécies de moluscos em cada ponto amostral e total em cada evento de amostragem nos estuários dos rios Choró e Curu, com discriminação para período do ano e gradiente de salinidade. Salinidade: salinidade média do evento amostral (gradiente).

Estuário	Mês	Período	Gradiente	Salinidade	p1	p2	p3	p4	Riqueza
Choró	Out/2023	Seco	Homogêneo salino	36,0	3	7	0	0	7
	Fev/2024	Chuvoso	Negativo (com hipersalinidade)	41,2	8	5	2	4	10
	Mai/2024	Chuvoso	Homogêneo de água doce	0	3	2	0	0	3
	Ago/2024	Seco	Positivo salino (sem água doce)	18,0	1	3	2	0	4
	Nov/2024	Seco	Homogêneo salino	35,5	5	2	0	1	7
	Abr/2025	Chuvoso	Homogêneo de água doce	0	2	2	0	0	3
Curu	Out/2023	Seco	Positivo salino (sem água doce)	24,0	4	8	0	0	10
	Jan/2024	Chuvoso	Positivo salino (sem água doce)	27,0	11	8	1	0	11
	Mai/2024	Chuvoso	Homogêneo de água doce	0	4	6	0	0	7
	Ago/2024	Seco	Positivo	8,0	5	7	0	2	7
	Nov/2024	Seco	Positivo	15,7	5	6	1	0	6
	Mai/2025	Chuvoso	Homogêneo de água doce	0,2	7	5	0	0	7

5. DISCUSSÃO

Os estuários dos rios Choró e Curu apresentam variabilidade espaço-temporal da salinidade estruturando as comunidades de moluscos. Os resultados demonstram que o Curu sustentou uma comunidade significativamente mais rica e diversa que o Choró, no entanto, concentrada em sua zona inferior independente da época do ano. Por sua vez, o Choró, submetido à maior homogeneidade salina no tempo, incluindo evento extremo de salinidade na zona superior, exibiu riqueza de espécies mais bem distribuída no espaço, e maior diversidade de espécies na zona superior e no período seco. Ambos os estuários apresentaram diferentes composições de espécies entre as zonas estuarinas, mas apenas o Curu apresentou diferença de composição no tempo. No período seco, destacam-se espécies como *Vitta virginea*, *T. divisus*, *E. nitens* e *Phrontis vibex*; já no período chuvoso, *Austromacoma constricta*, *A. flexuosa* e *Eurytellina punicea* foram mais abundantes. Essa alternância indica que parte da comunidade responde sazonalmente a variações ambientais, como mudanças graduais na salinidade. No Choró, por outro lado, a composição se manteve relativamente estável entre os períodos.

A variação espacial observada na riqueza e diversidade de moluscos entre as zonas estuarinas reflete diferenças na heterogeneidade ambiental e nos gradientes de salinidade que caracterizam cada estuário. No Curu, a zona inferior apresentou significativamente maior riqueza e diversidade, o que pode ser atribuído à maior influência marinha com salinidades não-extremas (25 a 35). No entanto, outros fatores como presença de manguezais e substratos lamosos poderiam ampliar a disponibilidade de nichos e recursos alimentares, favorecendo a coexistência de espécies com diferentes tolerâncias ecológicas (Kristensen et al., 2014; Braga et al., 2024). Em contraste, a zona superior do Curu, sob maior influência dulcícola, abrigou apenas duas espécies, indicando um ambiente mais restritivo. No Choró, embora a diversidade total tenha sido menor, a zona superior destacou-se por maiores valores nos índices de Shannon e Simpson, sugerindo uma comunidade mais equitativa em abundância relativa, ainda que com menos espécies. Esses padrões são coerentes com estudos anteriores em estuários tropicais, que demonstram maior diversidade nas zonas de transição entre ambientes marinhos e dulcícolas, onde a salinidade e a granulometria variam de forma intermediária e contínua, promovendo mosaicos ecológicos (Alves et al., 2020; Amorim et al., 2020). A zona inferior, por sua maior

conectividade com o mar e influência das marés, tende a funcionar como uma zona de recrutamento para diversas espécies, especialmente bivalves e gastrópodes com ampla tolerância salina (Montagna et al., 2008; Medeiros et al., 2021), enquanto zonas superiores funcionam como filtros ecológicos, favorecendo espécies eurihalinas aptadas a flutuações extremas (Aviz et al., 2012; Braga et al., 2024).

A variação temporal na diversidade e composição de moluscos foi significativa apenas no estuário do Curu, refletindo a influência do regime sazonal sobre a comunidade. Durante o período seco, predominaram espécies como *Vitta virginea*, *Tagelus divisus* e *Phrontis vibex*, enquanto o período chuvoso favoreceu *Austromacoma constricta*, *Anomalocardia flexuosa* e *Eurytellina punicea*. Essa alternância está associada à estabilidade do gradiente salino no Curu, que mesmo sob influência fluvial, manteve condições propícias à reorganização da comunidade sem perda de riqueza. Já no Choró, eventos extremos — como hipersalinidade na seca (41,2) e diluição total na chuva (0) — limitaram a resposta da fauna, favorecendo espécies tolerantes e mantendo a composição estável no tempo. Além da salinidade, fatores como oxigênio dissolvido, sedimentação e aporte de matéria orgânica durante a estação chuvosa influenciam processos ecológicos como alimentação, reprodução e dispersão larval (Barros et al., 2012; Bernardino et al., 2016). Estudos indicam que o período chuvoso pode coincidir com pulsos de recrutamento em bivalves devido ao aumento de nutrientes (Alves et al., 2020), enquanto secas intensas favorecem espécies eurihalinas resistentes ao estresse osmótico, como *T. divisus* (Medeiros et al., 2016). Em ambientes hipersalinos do semiárido brasileiro, Olivera et al. (2025) demonstraram que a abundância de bivalves responde fortemente a condições de salinidade persistente e à presença de sedimentos finos, o que reforça os padrões observados neste estudo. Já Souza e Brandl (2025) alertam que perturbações históricas no regime hidrológico, como barramentos ou desvios fluviais, podem silenciar funcionalmente ecossistemas estuarinos, tornando-os incapazes de responder à variabilidade sazonal — um risco potencial ao Choró diante de sua instabilidade hidrológica. Padrões semelhantes foram observados em estuários tropicais da Amazônia, Austrália e África do Sul, onde a estrutura bentônica responde sazonalmente à pluviosidade e dinâmica das marés (Barros et al., 2012; Pillay & Perissinotto, 2013; Amorim et al., 2020). Nesse contexto, a resiliência do Curu decorre da manutenção de gradientes funcionais ao longo do ano, enquanto o Choró representa um sistema em que perturbações hidrológicas extremas suprimem ciclos ecológicos previsíveis.

A composição de espécies variou entre zonas e períodos, especialmente no estuário do Curu, onde houve substituição sazonal e espacial de espécies, enquanto no Choró predominou o compartilhamento de táxons tolerantes. Na dimensão espacial, a zona inferior do Curu foi dominada por espécies como *Tagelus plebeius*, *Anomalocardia flexuosa*, *Eurytellina nitens* e *Cerithium atratum*, associadas a substratos lamosos, maior influência marinha e condições ambientais mais estáveis, ao passo que a zona superior abrigou apenas espécies mais tolerantes, como *Vitta virginea*, típica de ambientes interiores e estressantes (Barroso et al., 2013; Braga et al., 2024). Na dimensão temporal, *Austromacoma constricta* e *E. punicea* se destacaram no período chuvoso, sugerindo pulsos de recrutamento favorecidos pelo aumento de nutrientes e matéria orgânica, enquanto *T. divisus* e *P. vibex* foram mais abundantes na seca, em função da maior tolerância a salinidades elevadas (Medeiros et al., 2016; Olivera et al., 2025). Esses padrões indicam mecanismos de filtragem ambiental ao longo dos gradientes estuarinos, onde fatores como salinidade, tipo de sedimento, oxigênio e conectividade regulam a presença e dominância das espécies (Montagna et al., 2008; Alves et al., 2020). A substituição de espécies em função dessas variáveis, bem como os diferentes ciclos reprodutivos e estratégias tróficas — com filtradores como *A. flexuosa* favorecidos em ambientes ricos em matéria orgânica e detritívoros como *V. virginea* em zonas mais instáveis — refletem uma organização comunitária moldada pela interação entre condições ambientais, atributos das espécies e histórico de distúrbios, como observado também em estuários da Amazônia e da costa leste australiana (Barros et al., 2012; Amorim et al., 2020).

Os estuários do Choró e Curu exibem padrões contrastantes, embora compartilhem similaridades fundamentais: ambos apresentam maior diversidade de moluscos nas zonas inferiores devido à estabilidade hidrológica e possivelmente pela complexidade de habitats (BARROS et al., 2008; ALVES et al., 2020). Contudo, as diferenças são marcantes: o Curu manteve maior riqueza e diversidade, sustentado por gradientes salinos dinâmicos (predominantemente "positivo salino") e heterogeneidade geomorfológica (canais entrelaçados e bancos de lama; QUINTELA-FALCÃO et al., 2011). Já o Choró, com menor diversidade e homogeneização espacial, sofreu estresses mais agudos, como hipersalinidade no período seco (VALENTIM et al., 2018) e instabilidade hidrológica, refletindo sua morfologia em funil e menor influência marinha (VIDAL et al., 2016). Essas divergências sugerem que padrões não são universalmente generalizáveis: fatores locais como geomorfologia (complexidade de

canais vs. planície aberta), conectividade com o mar e pressões de precipitação distintas (SOARES et al., 2021) modularam respostas ecológicas específicas, limitando extrapolações entre sistemas mesmo sob o mesmo clima semiárido.

A forte associação entre zonas estuarinas, sazonalidade e estrutura das comunidades de moluscos reforça que avaliações de biodiversidade devem integrar obrigatoriamente gradientes espaciais e temporais, sob risco de subestimar respostas a extremos climáticos (SOUZA; BRANDL, 2025). Nossos resultados corroboram estudos em estuários semiáridos que identificam espécies-chave como bioindicadoras: *Tagelus plebeius* (sensível a dulcificação extrema) e *Vitta virginea* (tolerante a hipersalinidade) são candidatas ideais para programas de monitoramento, pois refletem alterações hidrológicas críticas (OLIVERA et al., 2025; MEDEIROS et al., 2021). A proteção de zonas mesohalinas, onde a riqueza atinge máximos, deve ser priorizada para manter funções ecossistêmicas como bioturbação e recrutamento, especialmente frente a secas intensificadas (SOARES et al., 2021).

Nesse ínterim, este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. A periodicidade trimestral das amostragens pode ter subestimado respostas rápidas a eventos extremos, como chuvas intensas ou secas abruptas, que alteram drasticamente a salinidade em horas ou dias. Adicionalmente, a classificação visual de sedimentos (lama vs. areia) limitou a caracterização precisa de micro-habitats críticos para a infauna, uma vez que parâmetros como granulometria, teor de matéria orgânica e permeabilidade do sedimento não foram quantificados. Para avançar no entendimento da dinâmica estuarina semiárida, recomenda-se a implementação de monitoramento em alta resolução temporal com sensores contínuos de salinidade, temperatura e turbidez, por exemplo, capazes de capturar respostas biológicas a pulsos hidrológicos curtos. Análises funcionais baseadas em atributos biológicos e fisiológicos (como mobilidade e tolerância osmótica de espécies-chave, respectivamente) permitiriam prever respostas às mudanças ambientais com maior acurácia. A inclusão de variáveis biogeoquímicas, como concentração de metais e carbono orgânico sedimentar, e estudos integrados de conectividade hidrológica entre estuários são essenciais para entender efeitos de intervenções antrópicas (ex.: barramentos), conforme demonstrado em contextos similares (SOUZA; BRANDL, 2025; OLIVERA et al., 2025; LOPES et al., 2017).

Os resultados evidenciam que a zona estuarina e a sazonalidade determinam a composição e diversidade de moluscos em estuários semiáridos. Zonas inferiores sustentam maior diversidade devido à estabilidade ambiental, enquanto zonas

superiores enfrentam estresses agudos (hipersalinidade no Choró, dulcificação no Curu). Esses padrões reforçam que ações de manejo e conservação devem priorizar a manutenção de gradientes salinos naturais e habitats críticos (ex.: bancos de lama sob manguezais), especialmente frente a secas intensificadas pelas mudanças climáticas (SOARES et al., 2021; GURGEL-LOURENÇO et al., 2023). Estudos como este não apenas elucidam processos ecológicos em regiões semiáridas sob pressão, mas fornecem bases científicas para políticas de conservação que protegem a biodiversidade estuarina como patrimônio ecológico e socioeconômico do Nordeste brasileiro.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo corroboram a hipótese de que a estrutura das comunidades de moluscos em estuários tropicais semiáridos não responde de forma linear à salinidade, mas sim à sua variabilidade espaço-temporal, mediada por sazonalidade e aporte de água doce. Essa não-linearidade evidenciou-se no contraste entre os estuários. O Curu, com transições salinas dinâmicas e heterogeneidade ambiental, sustentou comunidades diversas e resilientes, impulsionadas pela variação entre zonas; enquanto o Choró, marcado por gradientes homogêneos (hipersalinos ou de água doce), apresentou assembleias empobrecidas e dominadas por espécies tolerantes, como *Tagelus divisus* e *Anomalocardia flexuosa*, com perda de funções ecológicas como bioturbação e ciclagem de nutrientes.

A dinâmica observada corrobora o papel crítico dos gradientes ambientais como mantenedores da biodiversidade (Tweedley et al., 2019; Braga et al., 2024). Intervenções promotoras de homogeneização – como secas intensificadas ou barramentos – comprometem essa variabilidade, essencial à coexistência de espécies com tolerâncias divergentes. Assim, estratégias de conservação devem priorizar a manutenção de gradientes salinos funcionais, a proteção de zonas de transição e restauração de habitats estruturados.

7. REFERÊNCIAS

- AKOUMIANAKI, I. et al. Environmental variation and macrofauna response in a coastal area influenced by land runoff. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 132, p. 34-44, 2013.
- ALVAREZ, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ALVES, A. T.; PETSCH, D. K.; BARROS, F. Drivers of benthic metacommunity structure along tropical estuaries. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020.
- ALVES, M. I. M. Resistência a variações de salinidade apresentada por *Pachygrausps transversus* (Gibbes, 1850): Crustacea, Grapsidae. *Arquivos de Ciências do Mar*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 91-93, 1974.
- AMORIM, R. M. et al. The benthic macrofauna along the estuarine gradient of the Paranaguá estuary. *Regional Studies in Marine Science*, v. 39, p. 101459, 2020.
- ATTRILL, M. J.; RUNDLE, S. D. Ecotone or Ecocline: Ecological Boundaries in Estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 55, p. 929-936, 2002.
- AVIZ, D.; CARVALHO, I. L. R.; ROSA FILHO, J. S. Spatial and temporal changes in macrobenthic communities in the Amazon coastal zone (Guajará Estuary, Brazil) caused by discharge of urban effluents. *Scientia Marina*, v. 76, n. 2, p. 381–390, 2012.
- AZEVEDO, M. C. et al. Co-occurrence of demersal fishes in a tropical bay in southeastern Brazil: a null model analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 66, p. 315-322, 2006.
- BARRETO, O. J. B. et al. Ecologia trófica de macroinvertebrados em áreas de manguezal do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 12, n. 1, p. 31-41, 2011.

BARROS, F. et al. Subtidal benthic macroinfaunal assemblages in tropical estuaries: Generality amongst highly variable gradients. *Marine Environmental Research*, v. 81, p. 43–52, 2012.

BARROS, F. et al. The structure of the benthic macrofaunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguaçu estuarine system, NE, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 78, n. 4, p. 753–762, 2008.

BARROSO, C. X. Anatomia e desenvolvimento intracausplar de *Neritina zebra* (Bruguiere, 1792) (MOLLUSCA, GASTROPODA, NERITIDAE). 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

BARROSO, C. X.; MATTHEWS-CASCON, H. Distribuição espacial e temporal da malacofauna no estuário do rio Ceará, Ceará, Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 4, n. 1, p. 79-86, 2009.

BARROSO, C. X. et al. Mollusks from two estuarine areas in Ceará State, northeastern Brazil, with new state records for four species. *Check List*, v. 9, n. 3, p. 504–509, 2013.

BARROSO, C. X. et al. Threats and challenges for the conservation of marine molluscs in the southwestern Atlantic. *Aquatic Sciences*, v. 87, n. 66, 2025. <https://doi.org/10.1007/s00027-025-01189-9>

BARROSO, H. S. et al. Intra-annual variability of phytoplankton biomass and nutrients in a tropical estuary during a severe drought. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 213, p. 283–293, 2018.

BERNARDINO, A. F. et al. Benthic estuarine communities in Brazil: moving forward to long term studies to assess climate change impacts. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 64, n. spe2, p. 81–96, 2016.

BERNARDINO, A. F. et al. Mangrove clearing impacts on macrofaunal assemblages and benthic food webs in a tropical estuary. *Marine Pollution Bulletin*, v. 126, p. 228–235, jan. 2018.

BISSOLI, L. B.; BERNARDINO, A. F. Benthic macrofaunal structure and secondary production in tropical estuaries on the Eastern Marine Ecoregion of Brazil. *PeerJ*, v. 6, e4441, 2018. <https://doi.org/10.7717/peerj.4441>

BOUILLON, S.; CONNOLLY, R. M.; LEE, S. Y. Organic matter exchange and cycling in mangrove ecosystems: Recent insights from stable isotope studies. *Journal of Sea Research*, v. 59, n. 1-2, p. 44-58, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2007.05.001>

BRAGA, C. F. et al. Variation in macrobenthic community of vegetated and unvegetated habitats in a macrotidal estuary of northern Brazilian Amazon coast. *Wetlands Ecology and Management*, v. 32, p. 249–262, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11273-023-09973-w>

CAJARAVILLE, M. P. et al. Health status of the Bilbao estuary: A review of data from a multidisciplinary approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 179, p. 124-134, 2016.

DAY JR., J. W. et al. *Estuarine Ecology*. 2. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2013.

DIAS, F. J. S.; MARINS, R. V.; MAIA, L. P. Hydrology of well-mixed estuary at the semi-arid Northeastern Brazilian coast. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 21, n. 3, p. 377–385, 2009.

DINIZ, A. F. Caracterização e distribuição da macrofauna bentônica associada a macroalgas dos recifes de arenito da Praia de Flecheiras, Trairi - Ceará. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

DONATO, D. C. et al. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, v. 4, p. 293-297, 2011.

ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 94, n. 4, p. 306–314, 2011.

FERREIRA, H. et al. Composition and spatiotemporal distribution of benthic macrofauna in a macrotidal estuary on the Amazonian Coast of the State of Maranhão, Brazil. *Ocean and Coastal Research*, v. 68, p. 1-18, 2020.

GARCIA, T. M. et al. A brief scenario of the estuarine mesozooplankton in Northeastern Brazil: a tool for conservation. *Arquivos de Ciências do Mar*, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 94-103, 2014.

GOMES, M. P.; BERNARDINO, A. F. Drought effects on tropical estuarine benthic assemblages in Eastern Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 703, p. 135490, 2020.

GRAY, L. Changes in water quality and macroinvertebrate communities resulting from urban stormflows in the Provo , Utah, U.S.A. *Hydrobiologia*, v. 518, p. 33–46, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000025055.15164.40>

GURGEL-LOURENÇO, R. C. et al. Prolonged drought influences the taxonomic and functional structure of fish assemblages in estuaries along the Brazilian semiarid coast. *Hydrobiologia*, v. 850, p. 4443–4466, 2023.

HILL, M. O. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, v. 54, n. 2, p. 427-432, 1973.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, v. 7, n. 12, p. 1451–1456, 2016.

KRISTENSEN, E. et al. Influence of benthic macrofauna community shifts on ecosystem functioning in shallow estuaries. *Frontiers in Marine Science*, v. 1, 2014.

LAUHLAN, S. S.; NAGELKERKEN, I. Species range shifts along multistressor mosaics in estuarine environments under future climate. *Fish and Fisheries*, v. 21, n. 1, p. 32–46, 2020.

LOPES, M. L. et al. Can the leaf-bag technique detect benthic macrofauna responses to sediment contamination by metals and metalloids in estuaries? *Marine Pollution Bulletin*, v. 124, p. 171-180, 2017.

MAIA, R. C.; TRONCOSO, J. S. Avaliação dos efeitos sinérgicos de mudanças climáticas em ecossistemas estuarinos de latitudes temperadas e tropicais utilizando Littorinídeos (Mollusca: Gastropoda) como indicadores. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 5, n. 2, p. 1642–1660, 2022. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-017>

MAIA, R. C. et al. Benthic Estuarine Assemblages of the Northeastern Brazil Marine Ecoregion. In: LANA, P. C.; BERNARDINO, A. F. (Eds.). *Brazilian Estuaries*. Cham: Springer, 2018. p. 75-94.

MARENGO, J. A. et al. Climatic characteristics of the 2010–2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 2, p. 1973–1985, 2018.

McLUSKY, Donald S.; ELLIOTT, Michael. *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management*. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 2004. 214 p.

MEDEIROS, C. R. F. et al. Spatial scale drives diversity patterns of benthic macroinvertebrate communities in tropical estuaries. *Limnology and Oceanography*, v. 66, n. 3, p. 727–739, 2021.

MEDEIROS, C. R. F. et al. Environmental drivers of the benthic macroinvertebrates community in a hypersaline estuary (Northeastern Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 28, e25, 2016.

MONTAGNA, P. A. et al. Meta-analysis of the relationship between salinity and molluscs in tidal estuaries of Southwest Florida, USA. *American Malacological Bulletin*, v. 24, p. 101–115, 2008.

MONTAGNA, P. A.; PALMER, T. A.; POLLACK, J. B. Conceptual Model of Estuary Ecosystems. In: MONTAGNA, P. A. et al. (Eds.). *Hydrological Changes and Estuarine Dynamics*. New York: Springer, 2012. p. 5–21.

MORAES, S. A. S. N. et al. PAGURIZED GASTROPOD SHELLS IN A NORTHEAST BRAZILIAN COASTAL LAGOON AT THE SEA-ESTUARY INTERFACE. *Oecologia Australis*, v. 26, n. 3, p. 445–460, 2022.

MOUILLOT, D. et al. A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 28, n. 3, p. 167-177, 2013.

NEVES, L. M.; TEIXEIRA, T. P.; ARAÚJO, F. G. Structure and dynamics of distinct fish assemblages in three reaches (upper, middle and lower) of an open tropical estuary in Brazil. *Marine Ecology*, v. 32, n. 1, p. 115-131, 2011.

OLIVEIRA IA, Martins IX, Dantas NCFM, Silva EJ, Nunes LMS, Brito L, Rocha-Barreira CA. Factors regulating the distribution and abundance of estuarine bivalves in a hypersaline ecosystem of the Brazilian semi-arid region. *Braz J Biol.* 2025 May 23;85:e289159. doi: 10.1590/1519-6984.289159 . PMID: 40435067.

OSÓRIO, F. M.; GODINHO, W. O.; LOTUFO, T. M. C. Ictiofauna associada às raízes de mangue do estuário do Rio Pacoti - CE, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 11, n. 1, p. 415–420, 2011.

PARDO, J. C. F. et al. The interplay between terrestrial organic matter and benthic macrofauna: Framework, synthesis, and perspectives. *Ecosphere*, v. 14, n. 1, e4492, 2023.

PILLAY, D.; PERISSINOTTO, R. Benthic macrofauna of an estuarine lake during a drought: spatio-temporal ds under different hydrological states. *Marine Ecology Progress Series*, v. 492, p. 111-123, 2013. <https://doi.org/10.3354/meps10474>

QUINTELA-FALCÃO, T. O.; MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. Morphodynamics Of The Curu Estuary Inlet – Brazil. *Journal of Coastal Research*, n. 64, p. 805-808, 2011.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <http://www.R-project.org>.

RIBEIRO, M. D.; TERESA, F. B.; CASATTI, L. Use of functional traits to assess changes in stream fish assemblages across a habitat gradient. *Neotropical Ichthyology*, v. 14, n. 1, e150002, 2016.

ROCHA-BARREIRA, C. et al. Ecology of mollusc communities in marine environments: central region of the semiarid coast of Brazil. In: JENKINS, Owen P. (ed.). *Advances in Animal Science and Zoology*. New York: Nova Publishers, 2017. Cap. 9. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/317552751>.

SCHETTINI, C. A. F.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. *Regional Studies in Marine Science*, v. 10, p. 52–64, 2017.

SILVA-JÚNIOR, J. J.; NICÁCIO, G.; RODRIGUES, G. G. A carcinicultura nos manguezais do Nordeste brasileiro: problemáticas socioambientais nas comunidades tradicionais. *Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais*, v. 9, n. 2, p. 70-86, 2020.

SOARES, M. O. et al. Challenges and perspectives for the Brazilian semi-arid coast under global environmental changes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 19, n. 4, p. 267–278, 2021.

SOSA-LÓPEZ, A. et al. Fish species richness decreases with salinity in tropical coastal lagoons. *Journal of Biogeography*, v. 34, n. 1, p. 52–61, 2007.

SOUZA, P.M., BRANDL, S.J. Historic Freshwater Inflow Silences an Estuarine Ecosystem. *Estuaries and Coasts* 48, 94 (2025). <https://doi.org/10.1007/s12237-025-01521-4>

TWEEDLEY, J. R. et al. Hypersalinity: global distribution, causes, and present and future effects on the biota of estuaries and lagoons. In: WOLANSKI, E. et al. (Eds.). *Coasts and Estuaries: The Future*. Amsterdam: Elsevier, 2019. p. 523–543.

VALENTIM, S. S.; MENEZES, M. O. B.; TEIXEIRA, C. E. P. Seasonally Hypersaline Estuaries in Semiarid Climate Regions: an Example from the Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 85, p. 6–10, 2018.

VAN DER WAL, D. et al. Hydrodynamic conditioning of diversity and functional traits in subtidal estuarine macrozoobenthic communities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 197, p. 80-92, 2017.

VIANA, M. G. et al. Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da praia de Paracurú (Ceará-Brasil). *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 9, n. 1, p. 75-82, 2005.

VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. L. S. Estrutura e funcionamento das paisagens da área de proteção ambiental do estuário do rio Curu/CE. *Confins - Revista franco-brasileira de geografia*, n. 56, 2016. <https://doi.org/10.4000/confins.24800>

VILLÉGER, S. et al. Contrasting changes in taxonomic x. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications*, v. 20, n. 6, p. 1512-1522, 2010.

WHITFIELD, A. K. Why are there so few freshwater fish species in most estuaries? *Journal of Fish Biology*, v. 86, n. 4, p. 1227-1250, 2015.

WHITFIELD, A. K. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a subtropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 171, p. 12-20, 2016.

ZAMPROGNO, G. C. et al. Spatio-temporal distribution of benthic fauna in mangrove areas in the Bay of Vitória estuary, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, v. 62, p. 102939, 2023.

8. APÊNDICE

APÊNDICE A - SIMPER comparando as abundâncias médias de espécies de moluscos (indivíduos/m²) por zona estuarina (inferior x superior) e por período do ano (seco x chuvoso) no estuário do rio Choró. Linha tracejada compreende espécies com até 90% de contribuição acumulada. Em negrito maiores abundâncias.

Espécie	média	dp	razão	Zona Inferior	Zona Superior	Cont. acumulada	p
<i>Vitta virginea</i>	0,3569	0,3197	1,1164	32,24	2,28	0,405	0,162
<i>Eurytellina punicea</i>	0,1948	0,2811	0,6931	17,41	0,57	0,627	0,406
<i>Phacoides pectinatus</i>	0,0828	0,1445	0,5729	3,06	1,71	0,721	0,343
<i>Cerithium atratum</i>	0,0763	0,1422	0,537	4,47	1,14	0,807	0,438
<i>Phrontis vibex</i>	0,0516	0,1318	0,392	2,12	0	0,866	0,276
<i>Tagelus plebeius</i>	0,0392	0,0636	0,6166	1,65	0,57	0,911	0,137
<i>Tagelus divisus</i>	0,0282	0,0656	0,4297	0,94	0,57	0,943	0,465
<i>Eurytellina nitens</i>	0,0204	0,0821	0,2488	2,59	0	0,966	0,309
<i>Anomalocardia flexuosa</i>	0,0171	0,0451	0,3787	1,18	0	0,985	0,303
<i>Austromacoma constricta</i>	0,0129	0,0525	0,2452	0,24	0	1,000	0,289
				Período Seco	Período Chuvoso		
<i>Vitta virginea</i>	0,3235	0,28277	1,1439	14,91	30,77	0,392	0,629
<i>Eurytellina punicea</i>	0,1928	0,25003	0,771	9,09	15,38	0,625	0,369
<i>Phacoides pectinatus</i>	0,0772	0,13291	0,5805	2,54	2,77	0,719	0,473
<i>Cerithium atratum</i>	0,075	0,13787	0,5441	4,36	2,76	0,810	0,480
<i>Phrontis vibex</i>	0,0475	0,11147	0,4262	2,54	0,61	0,867	0,162
<i>Tagelus plebeius</i>	0,0333	0,05856	0,5687	1,09	1,54	0,908	0,547
<i>Tagelus divisus</i>	0,0275	0,07399	0,3713	0,36	1,23	0,941	0,523
<i>Eurytellina nitens</i>	0,0224	0,07892	0,2832	0	3,38	0,968	0,646
<i>Anomalocardia flexuosa</i>	0,0167	0,03992	0,4173	1,09	0,61	0,988	0,353
<i>Austromacoma constricta</i>	0,0097	0,04081	0,2374	0	0,31	1,000	0,581

APÊNDICE B - SIMPER comparando as abundâncias médias de espécies de moluscos (indivíduos/m²) por zona estuarina (inferior x superior) e por período do ano (seco x chuvoso) no estuário do rio Curu. Linha tracejada compreende espécies com até 90% de contribuição acumulada. Em negrito maiores abundâncias e valores significativos de p (< 0.05).

Espécie	média	dp	razão	Zona Inferior	Zona Superior	Cont. acumulada	p
<i>Tagelus divisus</i>	0,18009	0,20384	0,8835	20,17	8,00	0,207	0,183
<i>Vitta virginea</i>	0,17914	0,21023	0,8521	33,83	4,00	0,412	0,361
<i>Austromacoma constricta</i>	0,1381	0,18569	0,7437	25,5	0	0,571	0,419
<i>Anomalocardia flexuosa</i>	0,10531	0,11972	0,8797	22,33	0	0,692	0,450
<i>Tagelus plebeius</i>	0,07356	0,15991	0,46	13,00	0	0,776	0,328
<i>Eurytellina nitens</i>	0,05509	0,17335	0,3178	7,50	0	0,840	0,314
<i>Phrontis vibex</i>	0,03919	0,11582	0,3384	3,00	0	0,884	0,266
<i>Eurytellina punicea</i>	0,02912	0,06391	0,4557	2,50	0	0,918	0,230
<i>Phacoides pectinatus</i>	0,02048	0,03211	0,6379	2,83	0	0,941	0,407
<i>Iphigenia brasiliensis</i>	0,01894	0,07212	0,2626	0,67	0	0,963	0,246
<i>Diplodonta</i> sp.	0,01613	0,04931	0,3272	3,17	0	0,982	0,342
<i>Nuculana</i> sp.	0,00947	0,04621	0,2049	0,33	0	0,993	0,137
<i>Cerithium atratum</i>	0,00234	0,00819	0,286	0,67	0	0,995	0,198
<i>Amygdalum arborescens</i>	0,00167	0,00806	0,207	0,33	0	0,997	0,113
<i>Crassinella martinicensis</i>	0,00167	0,00806	0,207	0,33	0	0,999	0,113
<i>Caryocorbula swiftiana</i>	0,00083	0,00403	0,207	0,17	0	1,000	0,113
				Período Seco	Período Chuvoso		
<i>Vitta virginea</i>	0,16953	0,18693	0,9069	28,00	33,23	0,201	0,391
<i>Tagelus divisus</i>	0,14862	0,18476	0,8044	28,57	8,31	0,377	0,151
<i>Austromacoma constricta</i>	0,13928	0,15787	0,8822	16,85	28,92	0,541	0,402
<i>Anomalocardia flexuosa</i>	0,10645	0,10325	1,031	14,28	25,85	0,667	0,405
<i>Tagelus plebeius</i>	0,09168	0,15057	0,6089	0,57	23,38	0,776	0,038
<i>Eurytellina nitens</i>	0,0586	0,14502	0,4041	12,85	0	0,845	0,678
<i>Phrontis vibex</i>	0,03162	0,08178	0,3866	3,43	1,85	0,883	0,569
<i>Eurytellina punicea</i>	0,02891	0,04419	0,6542	0	4,62	0,917	0,005
<i>Diplodonta</i> sp.	0,02076	0,04926	0,4214	0,57	5,23	0,942	0,081
<i>Phacoides pectinatus</i>	0,01951	0,02626	0,743	3,71	1,23	0,965	0,657
<i>Iphigenia brasiliensis</i>	0,01417	0,05439	0,2606	1,14	0	0,981	0,559
<i>Nuculana</i> sp.	0,00709	0,03484	0,2034	0,57	0	0,990	0,622
<i>Cerithium atratum</i>	0,00298	0,00788	0,3778	1,14	0	0,993	0,833
<i>Amygdalum arborescens</i>	0,00228	0,00826	0,2755	0	0,62	0,996	0,208
<i>Crassinella martinicensis</i>	0,00228	0,00826	0,2755	0	0,62	0,999	0,208
<i>Caryocorbula swiftiana</i>	0,00114	0,00413	0,2755	0	0,31	1,000	0,208