

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CAMPUS A.C. SIMÕES

MÔNICA DAYANE ALBUQUERQUE TENÓRIO

**ECOMORFOLOGIA DE OTÓLITOS DE PEIXES COMO INDICADORES DE
USO DE HABITATS ESTUARINOS**

MACEIÓ, AL

2023

MÔNICA DAYANE ALBUQUERQUE TENÓRIO

**ECOMORFOLOGIA DE OTÓLITOS DE PEIXES COMO INDICADORES DE
USO DE HABITATS ESTUARINOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado á
Coordenadoria de bacharelado em Ciências Biológicas
do instituto de Ciências biológicas e da saúde (ICBS)
da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) como
requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em
Ciências biológicas.

Orientação: Prof. Dr. Nidia Noemi Fabré

Maceió, AL

Julho de 2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

T312d Tenório, Mônica Dayane Albuquerque.
 Ecomorfologia de otólitos de peixes como indicadores de uso de habitats estuarinos / Mônica Dayane Albuquerque Tenório. – Maceió, 2023.
 49 f. : il.

 Orientadora: Nidia Noemi Fabr e.
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas: bacharelado) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2023.

 Bibliografia: f. 43-49.

 1. Ecomorfologia. 2. Guildas. 3. Otólitos. I. Título.

CDU: 597

Aos meus familiares. Essa pesquisa é prova de que todo investimento e dedicação valeram a pena, mesmo nos caminhos tortuosos.

AGRADECIMENTOS

Chegar ao final de um trabalho sem ter muito a quem agradecer é impossível. Tantos colaboraram para que isso se realizasse que seria injusto não mencionar. Agradeço a Deus por estar sempre comigo, desde o início da minha caminhada, como um respiro de vida diante de tantos obstáculos que a mim foram dados ainda criança.

Agradeço aos meus pais avós Emanuel Cavalcante Toledo (*in memoriam*) e Valdeci Albuquerque da Silva Toledo que não mediram esforços em ajudar na minha formação acadêmica e pessoal, ainda que eles mesmo não tenham podido passar da quinta série. Agradeço por terem me ensinado a ser resiliente e perseverante diante da vida. Aos meus vários pais e mães; Valdemir, Deilde, Valderez e Moises, que com muito amor me incentivaram a seguir meu caminho com leveza e responsabilidade. Aos meus irmãos Cynthia, Viviane e Valdemir Junior, pelo auxílio nos momentos em que mais precisei e pela inspiração. Aos meus sobrinhos por serem alegria dos meus dias difíceis.

Ao meu companheiro Luis Felipe por todo o acolhimento, dedicação e por deixar essa última etapa da graduação mais leve, amável e confortável. Te agradeço pela compreensão, afeto, incentivo, apoio, por aceitar e compartilhar minhas loucuras presentes e futuras, e por ser você mesmo.

Agradeço a todos os professores que tive a oportunidade de conhecer, me inspirar, ser auxiliada e aprender durante a vida, aqui fica meu agradecimento especial. À Universidade Federal de Alagoas, ao Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS) licenciatura e bacharelado que auxiliaram na minha formação profissional e ao DIBICT - alunos e professores -, nesses locais encontrei minhas áreas, muitos ensinamentos e a mim mesma.

Aos meus amigos queridos de infância: Samuel Santos, Roberta Dias e Nathalia Lisboa por me acompanharem durante a caminhada e pela amizade. Agradeço minha querida amiga Jacqueline Costa que esteve compartilhando comigo o amor pelo oceano e arte, sempre vivenciando e sendo uma parceira de ideias, projetos, aventuras e sorrisos incríveis. Aos meus vários amigos de graduação pelo incentivo e risadas entre as aulas e provas complicadas. Aos pescadores que muito ajudaram e são a quem temos muito que aprender sobre o mar e as vivências que ele proporciona.

Aos meus amigos que a UFAL e os laboratórios de pesquisa LAEPP e LACOM me proporcionaram, que são inspiradores e incentivadores, que não me deixaram duvidar do meu potencial, em especial: Myrna Elis, Ana Batista, Rayssa Torres, Jessika Neves, Daniele Souto, Victor da Silva e Matheus Barros. Vocês são incríveis! Aos meus queridos Ivan Assis, José Gilmar, Cícero Diogo, Samantha Aquino, Jordana Rangely, Morgana Macedo e Prof^o. Dr. Vandick Batista, gratidão, para cada um guardo um enorme afeto por deixar a rotina mais produtiva e divertida durante esses quase seis anos, sendo uma jovem pretendente a professora cientista.

Esse trabalho, e muitos outros, não seriam possíveis sem a orientação, ensinamentos, paciência e a atenção inestimável que minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Nidia Noemi Fabr

dedicou. Agradeço a disponibilidade e saliento o apoio dado de forma tão interessada e construtiva. Os conhecimentos que adquiri, um olhar perseverante e otimista para a ciência nacional, mas para além disso, fazer uma ciência que enriqueça a sociedade intelectual e culturalmente, foram fundamentais ao longo de todo o percurso. Muito obrigada professora.

A todos vocês agradeço imensamente por marcarem parte dos 26 anos da minha, ainda pequena e cheia, história de vida. Meu muito obrigada!

Por fim, não menos importante, agradeço a mim por não ter desistido. Por continuar lutando até o fim por mim e ter acreditado no meu sonho de infância, que pode me levar por caminhos e ensinamentos tão extraordinários que ainda não sou capaz de concebê-los. E esse é só meu primeiro passo, pois eu sou eu e minha circunstância, e se não salvo a ela, não me salvo a mim, já diria Ortega y Gasset.

*O fardo é proporcional às forças, como a recompensa será proporcional à resignação e à
coragem.*

Allan Kardec, 1864

RESUMO

Estuários possuem alta produtividade e diversidade de habitats, e esses conjuntos estruturalmente complexos de habitats são usados por peixes estuarinos nos primeiros estágios do ciclo de vida. O trabalho tem por objetivo identificar as guildas de uso de habitats e padrões nos otólitos de espécies encontradas nos habitats estuarinos, e variações morfológicas dos otólitos entre os habitats estuarinos. Foram realizadas coletas em três estuários da costa Alagoana em três habitats (capim marinho, mangue e praia estuarina). Os peixes coletados nesses habitats foram identificados nível de espécie, e em laboratório, seus otólitos foram removidos, limpos e fotografados em microscópio estereoscópico. Utilizando shapeR do software R statistics foram extraídos os descritores de Fourier dos otólitos digitalizados. Para verificar a existência de agrupamentos de padrões ecomorfológicos nos habitats estuarinos, as doze harmônicas foram reorganizadas e reduzidas por meio de uma análise de componentes principais (PCA). Com os scores da PCA uma FDA foi aplicada para identificar possíveis grupos por habitats, Uma PERMANOVA foi utilizada para testar a significância das diferenças na forma entre otólito nos habitats. A posteriori foi feito o post hoc para identificar quais grupos diferem significativamente. Existem padrões ecomorfológicos nos otólitos dos juvenis que caracterizam os habitats estuarinos detectados pelas harmônicas de Fourier. Os dez primeiros scores (PCs) explicaram 92,98% da variação. A PERMANOVA e a FDA indicaram diferença significativa entre os habitats ($p = 0,002$), 25% da matriz de confusão não foi classificada corretamente. Na comparação par-a-par, o habitat capim foi significativamente diferente do mangue ($p=0.001$) enquanto o habitat de praia não divergiu significativamente do mangue e do capim ($p=0.112$ e $p= 0.097$), respectivamente. Conclui-se que a análise dos otólitos diferenciou os grupos dos habitats com base na forma ainda na fase juvenil. O capim marinho é importante para espécies comerciais e o manejo dos ecossistemas.

Palavras-chave: Ecomorfologia, Guildas, Otólitos

ABSTRACT

Estuaries exhibit high productivity and habitat diversity, and these structurally complex sets of habitats are used by estuarine fish in their early life stages. The aim of this study is to identify habitat use guilds and patterns in the otoliths of species found in estuarine habitats, as well as morphological variations of otoliths among estuarine habitats. Collections were made in three estuaries along the Alagoas coast in three habitats (seagrass, mangrove, and estuarine beach). Fish collected in these habitats were identified at the species level, and their otoliths were removed, cleaned, and photographed under a stereoscopic microscope. Using the shapeR package in R statistics software, Fourier descriptors were extracted from the digitized otoliths. To verify the existence of ecomorphological pattern clusters in estuarine habitats, the twelve harmonics were reorganized and reduced through principal component analysis (PCA). Using the PCA scores, Fisher's Discriminant Analysis (FDA) was applied to identify potential habitat-based groups. A PERMANOVA was used to test the significance of shape differences among otoliths in different habitats. Post hoc analysis was conducted to identify significantly differing groups. Ecomorphological patterns in the otoliths of juveniles characterizing estuarine habitats were detected through Fourier harmonics. The first ten principal components explained 92.98% of the variance. PERMANOVA and FDA indicated a significant difference between habitats ($p = 0.002$), with 25% of the confusion matrix not correctly classified. In pairwise comparisons, the seagrass habitat significantly differed from the mangrove ($p = 0.001$), while the estuarine beach habitat did not significantly differ from the mangrove or seagrass ($p = 0.112$ and $p = 0.097$), respectively. In conclusion, otolith analysis differentiated habitat groups based on shape even in the juvenile stage. Seagrass habitats are important for commercial species and ecosystem management.

Keywords: Ecomorphology, Guilds, Otoliths

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Métricas de formas morfológicas para estudos ecomorfológicos.....	15
Figura 2 – Fluxograma sobre como a ecomorfologia engloba a morfologia funcional, forma, função, comportamento e ecologia das espécies	15
Figura 3 – Movimentos natatórios em vários peixes com morfologias diferentes	16
Figura 4 – Infográfico de morfologias diferentes de otólitos, sua categorização e resposta ecológica	18
Figura 5 – Gráfico de uma LDA (Análise discriminante linear) classificando a preferência das espécies na coluna d’agua de acordo com o estudo de Assis <i>et al.</i> , 2020.	19
Figura 6 – Infográfico do ecossistema estuarino.....	20
Figura 7 – Infográfico da representação do habitat de mangue.....	22
Figura 8 – Infográfico da representação do habitat de praia.....	23
Figura 9 – Infográfico da representação do habitat de capim marinho.....	24
Figura 10 – Mapa da área de coleta identificando os pontos amostrados de praia estuarina (amarelo), mangue (vermelho) e capim marinho(verde).	28
Figura 12 - Imagem digitalizada do otólito com o contorno gerado pelas harmônicas de Fourier	30
Figura 13 - Infográfico sobre as guildas explicando o uso dos habitats no ciclo de vida dos peixes. a) Marinho estuarino oportunista e Marinho estuarino dependente. b) estuarino residente e c) Estuarino marinho	30
Figura 14 – Gráfico de como as harmônicas de Fourier são formadas.....	31
Figura 15 – Morfotipos dos habitats mangue (vermelho), capim marinho (preto) e praia estuarina (verde). Os indivíduos do mangue são mais arredondados referente a comportamentos menos ativos, os das praias mais elípticas e os representantes do capim mais alongados. Indicando mais atividade natatória.....	34
Figura 16 – Infográfico dos habitats com os valores do post-hoc.	35
Figura 17 - Plot das duas primeiras funções discriminantes da forma do otólito com base nos scores descritores de Fourier retirados da FDA para os habitats.....	36

Figura 18 - Infográfico indicando as morfologias nos habitats; Capim (preto), Mangue(vermelho), Praia (verde) proporcionando um indicativo de uso dos habitats estuarinos.40

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Classificação das quatorze espécies em família, guilda de uso de habitat e guilda trófico e número de indivíduos utilizados.....	36
Tabela 2. Matriz de confusão entre os habitats, número de origem para cada habitat.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1. Morfologia: Forma - função.....	15
2.2. Ecomorfologia.....	16
2.3. Ecossistema estuarino.....	20
2.4. Habitats costeiros.....	22
2.4.1. Mangue.....	23
2.4.2. Praia.....	23
2.4.3. Prados de fanérogamas marinhas	25
2.5. Traço funcional.....	25
2.5.1. Guildas.....	26
3. OBJETIVOS.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Área de estudo.....	29
4.2. Processamento e organização do material biológico.....	30
4.3. Análise de dados	32
4.3.1. Ecomorfologia dos otólitos.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1. Padrões ecomorfológicos dos otólitos nos habitats estuarinos.....	36
5.1.1. Análises exploratória.....	37
5.1.2. Discussão.....	38
6. CONCLUSÃO.....	42
7. REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

A morfologia pode refletir o habitat ou o papel funcional das espécies dentro de um ecossistema, mostrando um indicativo de ocupação de nicho ecológico (SOSIAK & BARDEN, 2020). O papel biológico de uma característica morfológica sugere os tipos de pressões que a seleção natural exerce sobre o organismo e como ela pode ser uma adaptação a essas forças evolutivas e suas funcionalidades no ambiente (KARDONG, 2011; POUGH; JANIS; HEISER, 2007).

A morfologia funcional explora as funções de estruturas com base em seus papéis biológicos, ecológicos e adaptativos, avaliando como a forma e a função de órgãos e estruturas se relacionam com o desempenho ecológico (KARDONG, 2011). A análise da interação entre forma e função é bem estabelecida e aplicada em estudos de peixes, nos quais características morfológicas estão relacionadas aos nichos ocupados pelas espécies (ASSIS et al., 2020; WINEMILLER, 1991).

A adaptabilidade dos peixes se reflete em sua diversidade ecológica, sendo expressa por variações na forma do corpo, cores, locomoção, nadadeiras e comportamento, que vão além da história evolutiva. (POUGH; JANIS; HEISER, 2007; DE AZEVEDO BEMVENUTI; FISCHER, 2010). Essas estruturas externas e internas dos peixes possuem papéis funcionais que desempenham funções ecológicas distintas (ASSIS et al., 2020; JARAMILO et al., 2014; TUSET et al., 2014; TUSET; LOMBARTE; ASSIS, 2008).

Outro método para compreender a história de vida, hábitos migratórios, condições ambientais e ontogenia, além das funções dos peixes é a análise dos otólitos (ASSIS et al., 2020). Os otólitos são estruturas internas formadas por carbonato de cálcio, com morfologia distinta, sendo indicadores ecomorfológicos (ASSIS et al., 2020). Otólitos mais arredondados estão associados a peixes residentes e ligados ao substrato, enquanto os alongados indicam peixes mais móveis (REICHENBACHER et al., 2007; TUSET; LOMBARTE; ASSIS, 2008).

Estudos sobre ecomorfologia dos otólitos tem como resultado, na maioria das espécies, o valor diagnóstico dessas estruturas validado para indivíduos adultos (CAMPANA, 2004). A literatura clássica defende que os otólitos de peixes juvenis tendem a ser relativamente incharacterísticos e esféricos, sendo não cogitados para estudos ligados a ecomorfologia e uso de habitats (CAMPANA, 2004). Entretanto, durante a residência

estuarina espécies de peixes precisam de abrigo para o amadurecimento, alimentação e reprodução (IGULU, 2014). Esse período nos estuários é registrado nos otólitos ainda dos juvenis (FERRI; BARTULIN; ŠKELJO, 2018).

O conjunto de habitats costeiros-estuarinos pode ser usado de forma complementar por diversas espécies durante seu ciclo de vida, compondo um mosaico de habitats (BECK et al., 2001; NAGELKERKEN et al., 2015). Habitats costeiros-estuarinos são um dos ecossistemas mais produtivos que geram serviços econômicos e ecossistêmicos, e.g., proteção contra erosão, ciclagem de nutrientes, produção de alimentos e refúgio (COSTANZA et al., 1997). Essas regiões acomodam uma variedade de habitats, como: manguezais, prados de fanerógamas marinhas/ capim marinho e praias estuarinas (SILVA et al., 2021). O vínculo entre habitats é um fator importante da dinâmica estuarina, o qual influencia a composição de espécies e o uso de habitats (SHEAVES et al., 2014).

Esse intrincado mosaico de habitats conforma as diversas dimensões de nicho das espécies que podem ser evidenciadas por uma alta diversidade taxonômica e funcional (ASSIS et al., 2020; DA SILVA et al., 2022; SILVA; FABRÉ, 2019). Características morfológicas, fisiológicas e comportamentais podem ser entendidas como traços funcionais da comunidade, mostrando a interação das espécies com o ambiente e o desempenho de funções ecológicas (DA SILVA; DOLBETH; FABRÉ, 2021; SILVA-JÚNIOR et al., 2017).

Uma forma de abordar o uso de habitats é a partir de guildas ecológicas, as quais as espécies são organizadas em grupos que utilizam os mesmos recursos de forma similar (BLONDEL, 2003; POTTER et al., 2015). Partindo do pressuposto que as espécies de peixes utilizam os habitats estuarinos de formas diferenciadas conformando em guildas de uso de habitat (DA SILVA et al., 2022; POTTER et al., 2015) e se contrapondo ao esperado amorfismo dos otólitos no estágio no juvenil, buscamos avaliar o papel funcional das espécies dentro dos habitats estuarinos por meio da identificação de padrões ecomorfológicos nos otólitos, objetivando subsidiar estudos ecológicos em ecossistemas costeiros e a conservação de habitat e da diversidade de peixes.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1. Morfologia: Forma- Função

No escopo conceitual da seleção natural o organismo mais adaptado ao ambiente e as pressões consegue manter populações com indivíduos viáveis a reprodução (BEGON,2007). Além disso, determinada estrutura impõe limitações ou proporciona oportunidades para que tipos de adaptações surjam durante a pressão seletiva (KARDONG,2011). Essas adaptações permitem o compartilhamento e coexistência de espécies em uma mesma área, podendo ocasionar diferenciações interespecíficas de nicho e variações na morfologia decorrentes de pressões adaptativas (RIDLEY,2006). Como resultado, temos a relação forma-função, uma das características mais marcantes da biologia dos organismos (SOSIAK & BARDEN, 2020).

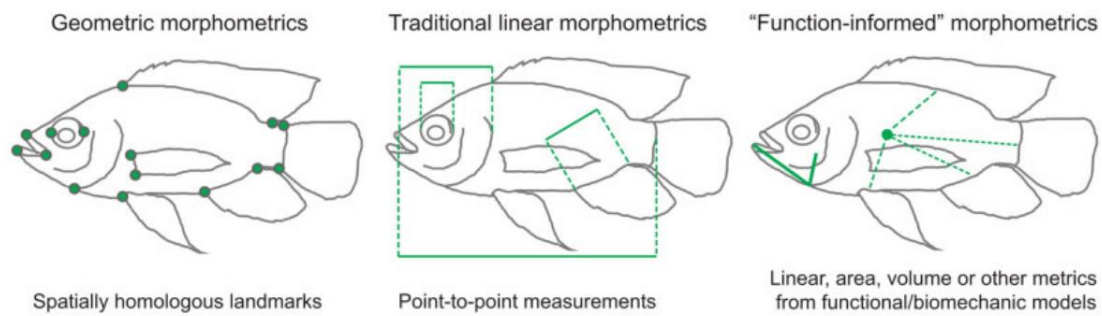
As alterações morfológicas evolutivas são frequentemente resultado de modificações nos processos de desenvolvimento ontogenético (VIGNON, 2017). Traços morfológicos podem ser indicativos da ocupação de um determinado nicho ecológico, seja ele espacial ou trófico. Tais traços podem permitir explicar a aquisição de alimento, mobilidade e uso de habitat (RIDLEY,2006; MIHALITSIS & BELLWOOD, 2019).

A morfologia pode refletir claramente o habitat ou o papel funcional das espécies dentro de um ecossistema (SOSIAK & BARDEN, 2020). Portanto, diversos estudos determinam que a forma e função, servem ao organismo em condições naturais, devido a adaptação ao meio. Por sua vez, o papel biológico de uma característica morfológica sugere os tipos de pressões da seleção sobre o organismo e como a característica pode ser uma adaptação a essas forças evolutivas. (KARDONG,2011; POUGH; JANIS; HEISER,2007). A funcionalidade associada às estruturas é determinadas de acordo com o papel biológico, ecológico e adaptativo, visando compreender o desempenho ecológico da forma e função de um órgão ou estrutura (KARDONG, 2011). De forma independente a especialização morfológica surgiu dentro de táxons intimamente relacionados, que indicam força das pressões seletivas ambientais sobre a morfologia das espécies (LOSOS et al. 1998).

A evolução de características morfológicas repetidas em decorrência à ocupação de nicho está bem estabelecida em diversos grupos de lagartos, mamíferos, artrópodes e peixes; Por exemplo, a forma da nadadeira em peixes está diretamente relacionada com o uso da coluna d'água e o hidrodinâmismo da espécie barbatanas caudais mais alongadas em peixes

correlacionam-se com estilos de vida mais pelágicos (MIHALITSIS & BELLWOOD, 2019). Os peixes são organismos que ocupam espaços tridimensionais extremamente adaptados ao meio aquático, sua vasta diversidade ecológica reflete nas variadas formas do corpo (Figura 1), cores, diferentes tipos de locomoção, nadadeiras e comportamentos, mudanças essas que podem ir além da história evolutiva (POUGH; JANIS; HEISER, 2007; DE AZEVEDO BEMVENUTI; FISCHER, 2010).

Figura 1. Métricas de formas morfológicas para estudos ecomorfológicos

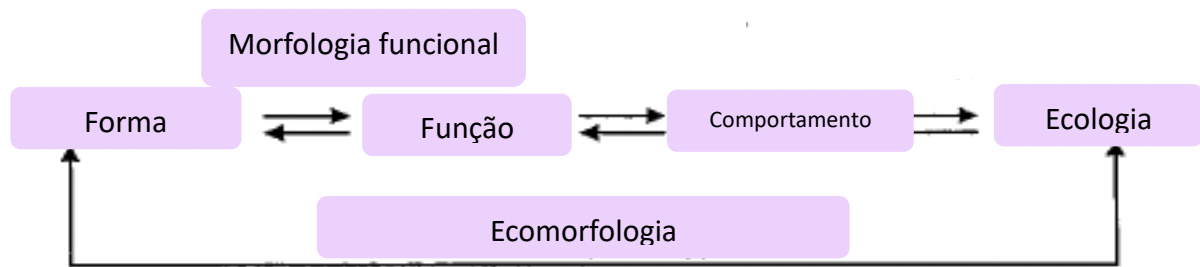


Fonte: Adaptado de Feilich and H. Lopez-Fernandez, 2017.

2.2. Ecomorfologia

A ecomorfologia é um conceito que aborda o reconhecimento das inter-relações de um sistema morfológico de indivíduos, populações, espécies, táxons superiores, comunidades e a variação correspondente de sua ecologia. (LEISLER; WINKLER, 1985; KARDONG, 2011). Na morfologia funcional (Figura 2), geralmente, procura-se entender a função de uma característica morfológica específica, já que sua compreensão pode então formar a base para explorar as consequências de desempenho de estruturas anatômicas interespecíficas ou intraespecíficas, resultando em diferenças ecológicas entre esses organismos (MOTTA; NORTON; LUCZKOVICH, 1995).

Figura 2. Fluxograma sobre como a ecomorfologia engloba a morfologia funcional, forma, função, comportamento e ecologia das espécies.

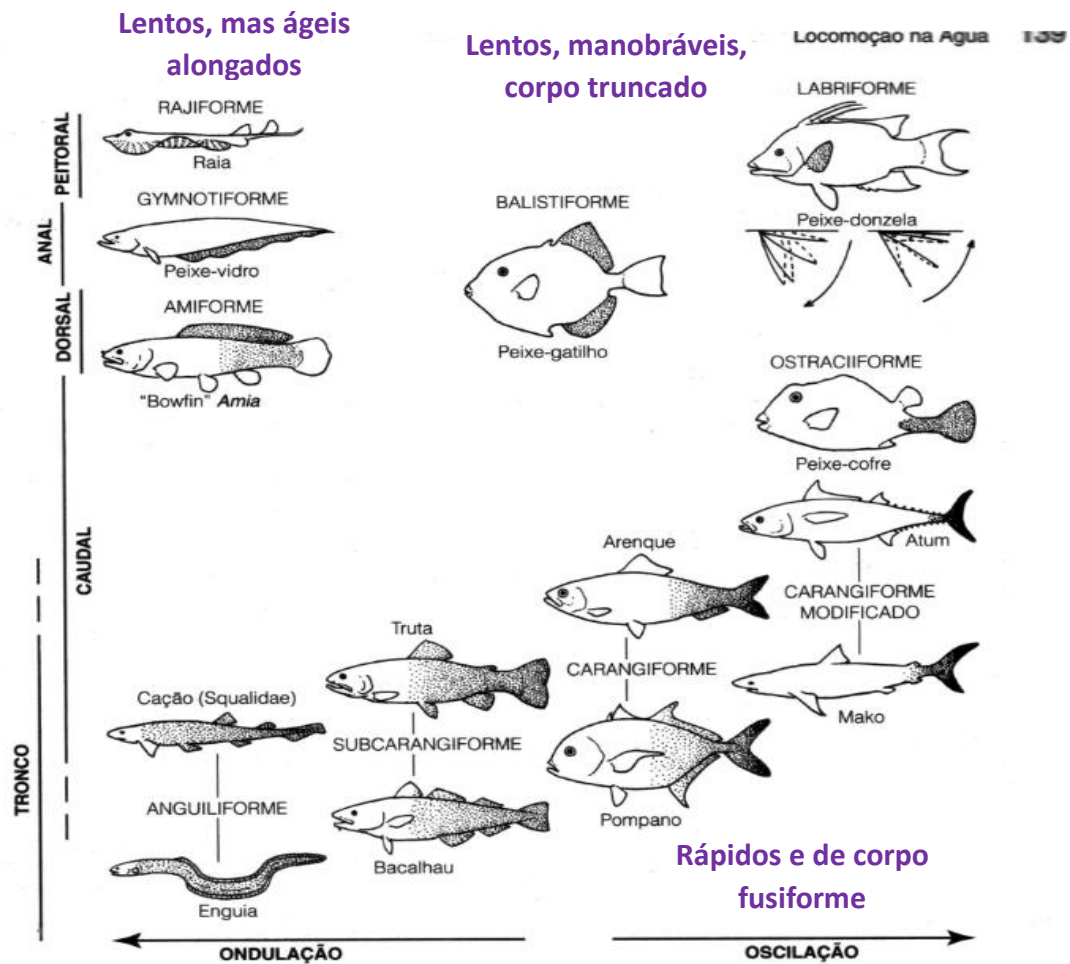


Fonte: adaptado de Sibbing *et al.*, 1998

Estudos em ecomorfologia estabelecem que a morfologia é adaptativa, se diversifica e evolui em razão de pressões ambientais e interações bióticas, tais como alimentação e reprodução (LEAL et al., 2011). É possível fazer análises ecomorfológicas para estudar comunidades de peixes utilizando medidas morfológicas, a fim de gerar atributos que permitem prever morfotipos em determinado habitat, expressando a função no habitat. Os efeitos dessas mudanças de uso interferem na riqueza e diversidade principalmente da ictiofauna, que sofre alterações devido às modificações no ambiente (TERESA; CASATTI, 2010).

Os métodos estatísticos multivariados condensam grande número de características morfológicas em medidas, que por sua vez podem ser usadas para determinar a similaridade ecológica interespecífica, como também compreender convergências ecomorfológicas entre peixes filogeneticamente distintos (WINEMILLER, 1991; MOTTA; NORTON; LUCZKOVICH, 1995). Dessa maneira, a conexão entre forma e função em peixes é fundamentada para uma variedade de características morfológicas específicas, onde as relações ecológicas podem ser inferidas como a morfologia corporal ou de otólitos, que evidenciam o uso de habitats mais específicos e estruturados para a sobrevivência (NORTON; LUCZKOVICH; MOTTA, 1995; LEAL et al., 2011). A forma do corpo ou dimensões das nadadeiras são indicadores confiáveis do comportamento de natação (Figura 3), posicionamento na coluna d'água, preferências de habitat dos peixes, tal qual outras estruturas, como os otólitos (WINEMILLER, 1991).

Figura 3. Movimentos natatórios em vários peixes com morfologias diferentes.



Fonte: “A vida dos vertebrados” Pough,2007

Os otólitos são estruturas calcificadas do ouvido interno dos peixes ósseos, divididos em 3 pares, sagittae, lapillus e asteriscus, e fisiologicamente relacionados com o sistema sensorial (REICHENBACHER et al., 2007; TUSET; LOMBARTE; ASSIS, 2008). Por serem estruturas calcificadas que agregam minerais no decorrer do ciclo de vida dos peixes, podem registrar diversas características ecológicas e morfofuncionais relacionadas a variações ambientais, padrões de uso de habitats, características tróficas e ecomorfológicos (ASSIS et al., 2020).

Outrossim, respondem química e morfológicamente à variação de diversos fatores em diferentes fases de crescimento do organismo, tais como temperatura, salinidade, profundidade e também fatores como sexo e dieta, além de serem influenciados por fatores genéticos (HÜSSY, 2008; GAGLIANO; MCCORMICK, 2004; VIGNON, 2012) Por possuírem alta variabilidade morfológica intraespecífica e interespecífica (Figura 4) podem ser utilizados para a compreensão da estratégia de vida por meio de sua morfologia, de

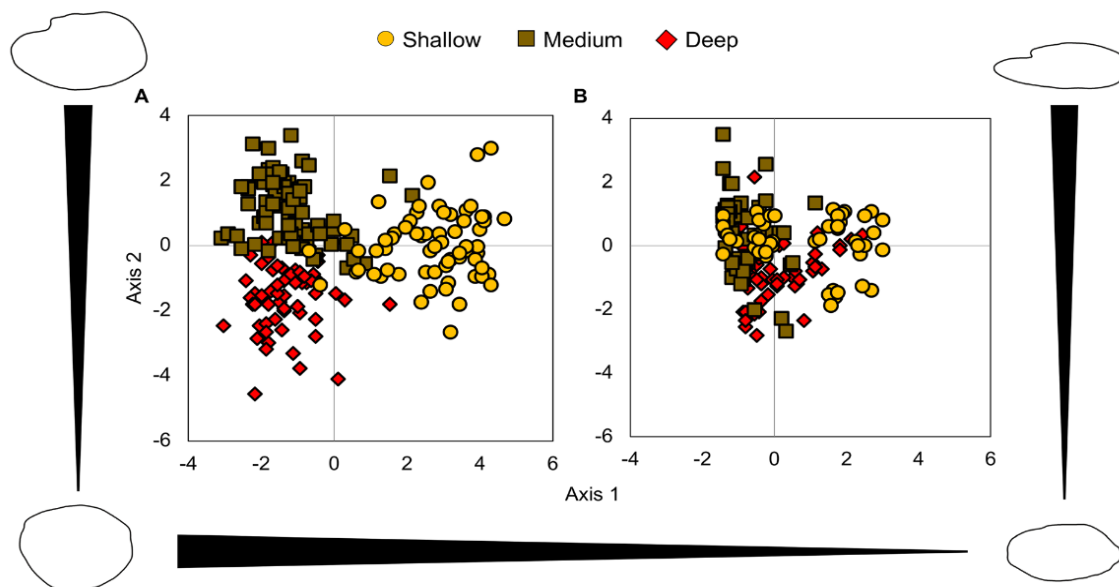
maneira que é possível identificar o uso dos habitats pelo peixe (SCHULZ-MIRBACH et al., 2018; ASSIS et al., 2020).

Figura 4: Infográfico de morfologias diferentes de otólitos, sua categorização e resposta ecológica.



Fonte: Autora

Figura 5. Gráfico de uma LDA (Análise discriminante linear) classificando a preferência das espécies na coluna d'água de acordo com o estudo de Assis *et al.*, 2020.



Fonte: Adaptado de Assis et al., 2020

2.3. Ecossistema estuarino

Os ecossistemas estuarinos são mundialmente conhecidos pela mistura entre água doce do escoamento continental e água costeira (ODUM; BARRET, 2007; POTTER et al., 2010). Essas características proporcionam alta produtividade primária, dinamismos e diversidade de habitats (BECK et al., 2001; ELLIOTT et al., 2007; POTTER et al., 2015; LIU et al., 2018). Devido a esse encontro de águas continentais e costeiras as comunidades de organismos são influenciadas diretamente pelos movimentos hidrológicos, tal característica faz que sejam boas áreas de alimentação, refúgio e berçário para indivíduos juvenis (NAGELKERKEN et al., 2000).

Ademais, são locais de conexão compondo rotas de migração e conectando habitats de alimentação, criação e reprodução, além da importância econômica (BECK *et al.*, 2001; ELLIOTT *et al.*, 2007; NAGELKERKEN *et al.*, 2008). Um dos principais fatores que tornam esses ambientes fundamentais para a perpetuação da biodiversidade; é a alta produtividade primária e secundária, sustentando uma grande abundância de espécies de peixes e invertebrados (BECK *et al.*, 2001). Berçário e viveiros são funções de destaque dos estuários, caracterizados por uma grande densidade de juvenis.

No Atlântico Sul Ocidental foi evidenciado um processo de estuarilização, isto é prolongação do efeito da dinâmica estuarina relacionada ao ciclo hidrológico sazonal, potencializado pela plataforma continental estreita característica do nordeste brasileiro que

influencia na composição das espécies nos estuários (PASSOS *et al.*, 2016; MACEDO *et al.* 2023). Áreas estuarinas tem grande importância para comunidade humana, principalmente pesca artesanal, realizadas comumente nas regiões estuarinas e costeiras do Brasil, como em regiões de manguezal (BAPTISTA *et al.*, 2015; ROGÉRIO; HENRY; ALBERTO, 2016). O dinamismo estuarino influencia na composição das espécies, sobretudo espécies comerciais em desenvolvimento (BECK *et al.*, 2001; BARLETTA *et al.*, 2004).

Dentro dos estuários os teleósteos estuarinos e costeiros podem desempenhar uma variedade de funções ao longo de seu ciclo de vida; incluindo o controle e transporte de matéria orgânica desse ecossistema. Os peixes são um dos principais componentes do funcionamento e resiliência dos estuários (SILVA; FABRÉ, 2019) . Regulares mudanças nas condições ambientais e nos níveis de produtividade criam um amplo conjunto de respostas das espécies, devido a dinâmica complexa do ecossistema.

Figura 6. Infográfico do ecossistema estuarino.



Fonte: Autora

2.4. Habitats costeiros

Habitat refere-se aos locais ocupados por um organismo ou comunidade completa dentro do ecossistema, que inclui outros organismos e componentes abióticos (ODUM; BARRET, 2007; RICKLEFS, 2016). Os habitats costeiros possuem uma complexidade estrutural que torna os ambientes costeiros mais intrincados e produtivos da Terra, proporcionando vários serviços ecossistêmicos, como sua função de berçário, bem estabelecida para muitas espécies (NAGELKERKEN et al., 2000). Essas áreas costeiras, geralmente, são vistas de forma heterogênea e a conectividade entre habitats estuarinos é um fator a ser considerado (NAGELKERKEN et al., 2015). Abordar a importância de habitats estuarinos e suas funções ecossistêmicas servem para mostrar que as espécies dependentes do estuário também podem usar outros ambientes costeiros ao longo da sua história de vida (DA SILVA *et al.*, 2018; DAHLGREN; EGGLESTON, 2000).

Múltiplos habitats podem aumentar a eficácia das áreas costeiras como berçários, com espécies móveis conectando habitats adjacentes por meio de migrações, para buscar abrigo ou recursos alimentares (ZHANG et al., 2021). O conhecimento da dinâmica de uso do habitat pelos peixes é essencial para entender as mudanças na abundância da ictiofauna, a função de diferentes tipos de habitats dentro dos estuários e estabelecer a base para a melhor gestão de manguezais (NAGELKERKEN et al., 2015; OLDS et al., 2018; ZHANG et al., 2021).

Nos trópicos, habitats costeiros estuarinos como manguezais, praias estuarinas e prados de fanerógamas marinhas, são alvo de vários estudos sobre a importância do desenvolvimento de espécies (BECK et al., 2001; SILVA et al., 2021). Para muitas espécies, os habitats estuarinos fornecem características que proporcionam sucesso reprodutivo a populações de peixes, pois fornece níveis de alimento, realizam função de abrigo nos diferentes estágios ontogenéticos, que influênciam as assembleias de peixes entre habitats (EDWORTHY; STRYDOM; STRYDOM, 2016; ZHANG et al., 2021).

A função dos diversos habitats do estuário no ciclo de vida das comunidades estuarinas e seu efeito na estruturação funcional, principalmente, durante o estágio juvenil sofrem grande influência antrópica como da pesca, urbanização e turismo. Pouco se sabe sobre a importância dos habitats estuarinos e os riscos da perda de habitat pode oferecer para algumas espécies dependentes estuarinas (BENNETT, 1989; OLDS *et al.*, 2018).

2.4.1. Mangue

Mangues são vistos como potenciais berçários para várias espécies de organismos aquáticos, dominados por árvores adaptadas a condições de elevada salinidade do solo. Isto acontece, devido a sua complexidade de habitats entre as raízes da vegetação, oferecendo refúgio para diversos organismos, assim como desempenham um papel fundamental na proteção das zonas costeiras contra a erosão (NAGELKERKEN et al., 2008). Os habitats de mangues são importantes para peixes nos primeiros estágios de vida por servirem de proteção e zona de alimentação ao mesmo tempo. Juvenis de espécies de peixes de valor comercial como, mugilídeos, lutjanídeos e alguns carangídeos, dependem dessas áreas para desenvolvimento até a fase adulta, a qual retornam para o mar, assim como ter conectividade entre habitats. (NAGELKERKEN et al., 2000; OLDS 12 et al., 2012; IGULU et al., 2014). Devido a isso, as áreas de mangue apresentam importância crucial para comunidades humanas e tornando-se suscetíveis a impactos ocasionados pela ocupação antrópica, perda de habitat para espécies dependentes e assim afetar a manutenção do ecossistema (BARBIER, 2006).

Figura 7. Infográfico da representação do habitat de mangue.



Fonte: Autora

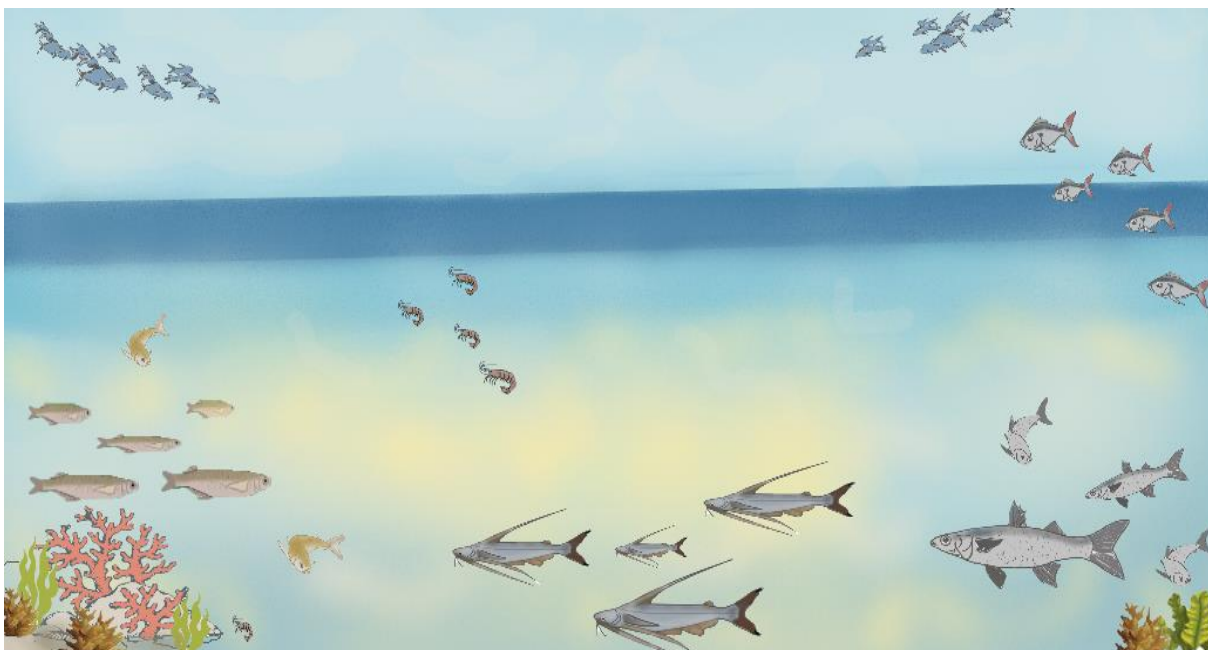
2.4.2 Praia estuarina

Os habitats de praia estuarina são ecossistemas costeiros consideradas habitats importantes para juvenis e indivíduos em fase de recrutamento, a importância das praias estuarinas como corredores de migração e áreas de reprodução para peixes estuarinos

costeiros. As áreas de praia estuarina são tidas como locais-chave para recrutamento, área de proteção para indivíduos mais jovens, e abrigo contra predadores, evitando competição por alimento com indivíduos adultos (HYNDES et al., 2014).

Esses habitats fornecem condições adequadas para a desova e crescimento de larvas e juvenis de peixes, contribuindo para a manutenção das populações e a conectividade entre diferentes áreas costeiras. (OLDS et al., 2018). Estudos recentes têm indicado a importância desses ambientes no desenvolvimento de várias espécies e não apenas apontadas como áreas de migração, também esse habitat oferece características, como piscinas de maré e zonas de vegetação aquática, que são utilizados por diferentes espécies de peixes para se alimentar, evitar predadores e buscar proteção (SILVA et al., 2018).

Figura 8. Infográfico da representação do habitat de praia.



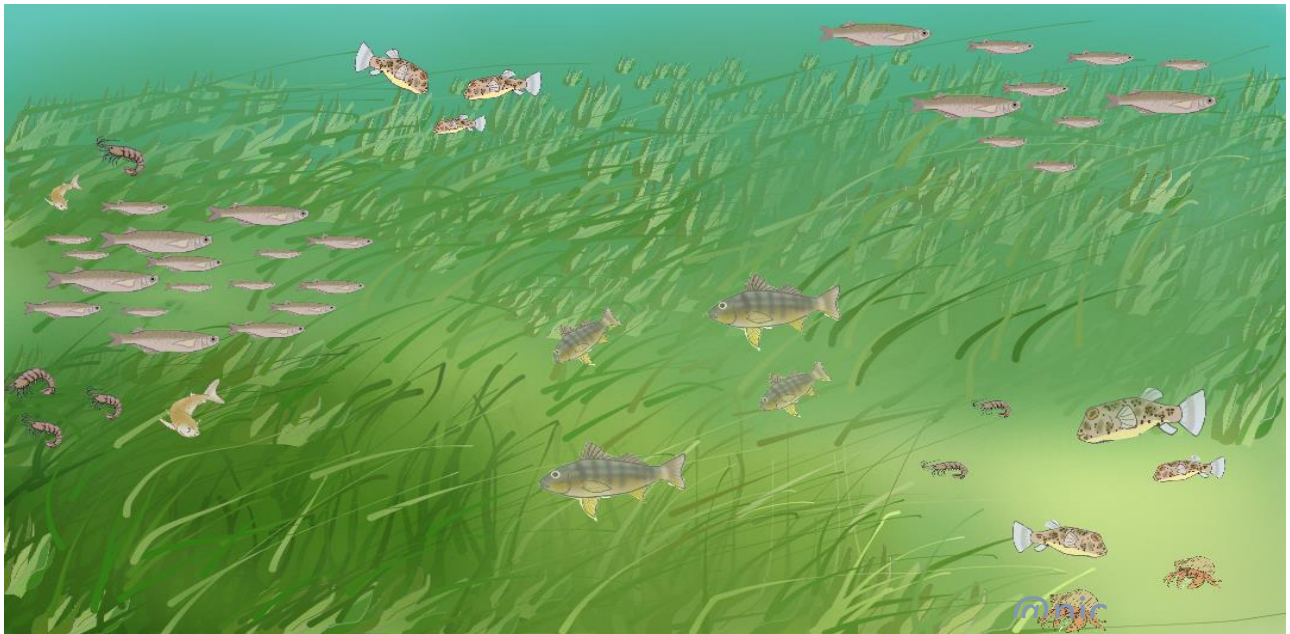
Fonte: Autora

2.4.3. Prados de fanerógamas marinhas

Os prados de fanerógamas marinhas ou capim marinho são habitats costeiros formados por plantas aquáticas geralmente de espécies de *Halodule* sp. (MUMBY 2006; SHORT; WYLLIE-ECHEVERRIA, 1996). Esse gênero é conhecido por sua capacidade de adaptação a condições ambientais em águas rasas que formam densos tapetes de vegetação. Estudos sobre os prados de fanerógramas marinhas tem recebido bastante foco em virtude à importância dessas áreas, principalmente por ter grande importância tanto para proteção quanto alimentação dessas espécies (MOKSNES et al., 2008; WHITFIELD, 2017).

O capim marinho serve como corredor para algumas espécies que realizam migrações e alimentação, bem como a importância desses ambientes em conjunto com outros habitats, desempenhando um papel importante na manutenção dos serviços ecossistêmicos na estabilização dos sedimentos e na ciclagem de nutrientes (MUMBY, 2006; HECK HAY; HAYS; ORTH, 2003). As espécies utilizam esse habitat de forma dinâmica, de acordo com a sazonalidade, nos períodos do aumento das chuvas a composição de espécies pode ser influenciada (MARBÀ *et al.*, 1996; MARBÀ; DUARTE, 1997). A sazonalidade, estimulada pelos regimes de chuva, causa mudanças na estrutura do habitat, a cobertura de ervas marinhas diminuindo e a dinâmica das praias arenosas mudando drasticamente de uma estação para outra (DA SILVA *et al.*, 2022; DOS PASSOS *et al.*, 2013). Essa dinâmica sazonal influencia interação ecológicas com outros habitats estuarinos e a relação no ciclo de vida das espécies em seus estágios iniciais (SKILLETER *et al.*, 2017).

Figura 9. Infográfico da representação do habitat de capim marinho.



Fonte: Autora

2.5. Traço funcional

O traço funcional é uma característica mensurável de ordem morfológica, fisiológica ou fenológica em nível de indivíduo, que pode afetar a eficácia biológica do crescimento, reprodução e sobrevivência de uma espécie (VIOLLE *et al.* 2007). O traço funcional está intimamente relacionado aos processos de aquisição e alocação de energia e matéria,

permitindo uma ligação entre ecologia de comunidades e ecossistemas (VIOLLE et al. 2007).

As interações ecológicas moldam o funcionamento dos ecossistemas por meio das funções das espécies no ambiente (FORD; ROBERTS, 2020). A influência direta as respostas das características das espécies geram consequências para o ecossistema, podendo influenciar a composição da comunidade e a dinâmica dos ecossistemas. A diversidade funcional é examinada em diversos cenários ecológicos, abrangendo desde comunidades terrestres até ecossistemas aquáticos. Isso envolve a análise das variações nos traços funcionais que desempenham um papel fundamental na ampla gama de formas e funções encontradas nas comunidades (VIOLLE *et al.*, 2007).

A abordagem dos traços funcionais tem sido aplicada em estudos de conservação, manejo de recursos naturais e restauração de ecossistemas, permitindo a tomada de decisões baseadas em evidências para a sustentabilidade e conservação da biodiversidade para investigar a importância das espécies raras na manutenção de funções ecológicas em ecossistemas de alta diversidade (FORD; ROBERTS, 2020). Eles enfatizam a importância de considerar os traços funcionais das espécies para compreender como a perda de espécies pode afetar negativamente as funções ecossistêmicas (MOUILLOT *et al.*, 2013).

2.5.2. Guilda

O termo guilda foi utilizado pela primeira vez por Root (1967) que foca a atenção em todas as espécies simpátricas competidoras quanto o papel funcional de uma espécie em uma comunidade (SIMBERLOFF & DAYAN, 1991). Sua abordagem sobre a coexistência de espécies baseou-se na diferenciação morfológica de características de importância para aquisição de recursos (BLONDEL, 2003). Em ecologia de comunidades o termo guilda ocupa um lugar central. Sendo, assim, definida como um grupo de espécies que exploram os recursos ambientais da mesma classe de maneira semelhante, sem considerar a posição taxonômica desses organismos que repartem certas similaridades, sejam ecológicas ou filogenéticas (BLONDEL, 2003; POTTER *et al.*, 2015).

O conceito de guilda tem sido considerado um ponto importante para a compreensão do papel dos organismos nas comunidades (BLONDEL, 2003). Visto que a abordagem conceitual sobre guildas precisou ser solucionada com relação ao conceito de grupo funcional; o compartilhamento por espécies de recursos semelhantes que são explorados de

forma semelhante (a guilda), e os processos ecossistêmicos que eles eventualmente realizam através da exploração de recursos (o grupo funcional) (SIMBERLOFF & DAYAN, 1991; BLONDEL, 2003). A definição de guildas facilita o entendimento das estratégias de vida das espécies de peixes estuarinas e do papel que os organismos desempenham mediante traços funcionais, que podem ser estudados por meio da ecomorfologia que permite definir a diversidade e estrutura funcional afim de compreender a dinâmica espacial e as interações (DA SILVA; DOLBETH; FABRÉ, 2021; MICHELI; HALPERN, 2005; PASSOS *et al.*, 2016; TILMAN, 2001).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar o papel funcional que os habitats estuarinos do litoral alagoano desempenham para os peixes, no intuito de subsidiar estudos ecológicos em ecossistemas costeiros, que visam a conservação de habitat e da diversidade de peixes.

3.2. Objetivos específicos

- a. Identificar as guildas de uso de habitats encontradas nos habitats estuarinos.
- b. Identificar padrões nos otólitos de espécies em habitats estuarinos.
- c. Definir variações morfológicas entre os habitats estuarinos.

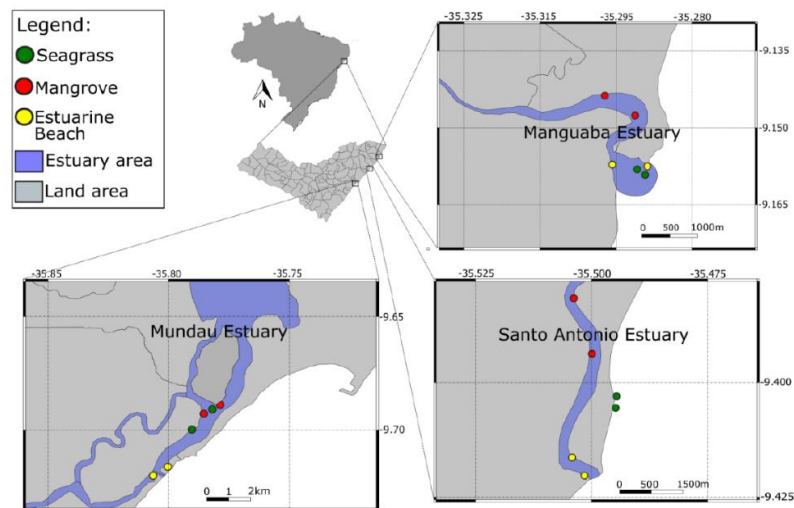
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo e coleta de peixes

Este projeto foi conduzido em três estuários tropicais da costa Nordeste do Brasil, estuário do rio Manguaba (9° 9' 28" S, 35° 17' 42" W), o do rio Santo Antônio (9° 24' 18" S, 35° 30' 25" W) e no complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba rio Mundaú (9° 39' 57" S, 35° 44' 6" W) (Figura10). Os estuários são caracterizados por clima úmido e como duas definições marcantes de sazonalidade: período de seca (outubro a abril) e chuva (maio a setembro).

Na região estudada, os estuários exibem habitats formados por praias estuarinas; apresentam águas rasas, sofrem impacto direto da mudança das marés e são localizadas próximas a boca do estuários; prados de fanerógamas marinhas ou capim marinho; que apresentam vegetação do gênero *Halodule sp.*, que sofrem com a influência das variações de salinidade e sazonalidade (MARQUES; CREED, 2008) e mangue; região onde existe a presença de espécies de vegetação com raízes pneumatóforas (SILVA *et al.*, 2018; PESSANHA *et al.*, 2015). As coletas foram realizadas mensalmente de julho de 2017 a junho de 2018 nos estuários, os peixes capturados com rede de arrasto de praia medindo 12x2 metros com copo, malha medindo 12 mm entre nós opostos com duração de 10 minutos. A captura dos indivíduos é realizada por pescadores locais e acompanhadas pela equipe de pesquisa do Laboratório de Ecologia de Peixes e Pesca (LaEPP) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Figura 10. Mapa da área de coleta identificando os pontos amostrados de praia estuarina (amarelo), mangue (vermelho) e capim marinho(verde).



4.2 Processamento e organização do material biológico

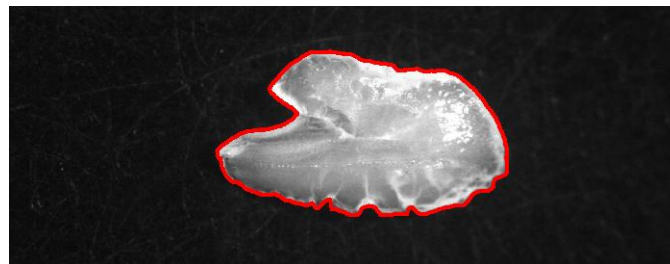
Os peixes coletados foram encaminhados para laboratório e identificados até o nível taxonômico de espécie segundo Menezes & Figueiredo (1980, 1985) e Figueiredo & Menezes (1980). Os otólitos dos peixes coletados foram retirados, limpos, secos, etiquetados e armazenados no banco de otólitos do LaEPP para análise posterior.

As espécies foram categorizadas posteriormente em guildas de uso do habitat, seguindo a classificação proposta por Potter et al. (2015), com o objetivo de facilitar a visualização e avaliação do uso dos habitats pelas espécies investigadas. No contexto dos ambientes marinhos estuarinos, foram identificadas duas guildas principais: a guilda marinho estuarino oportunista e a guilda marinho estuarino dependente. O guilda marinho estuarino oportunista engloba espécies que apresentam uma alta presença nos estuários durante alguma fase específica de seu ciclo de vida, geralmente durante a fase juvenil. No entanto, essas espécies também utilizam, em graus variados, as águas marinhas costeiras como áreas de berçário (Figura 13 a). Por outro lado, a guilda marinho estuarino dependente é composta por espécies que dependem dos estuários para sua sobrevivência em uma fase crítica do ciclo de vida. Essa dependência dos estuários é um fenômeno restrito a espécies marinhas, uma vez que os juvenis necessitam de habitats estuarinos protegidos e, portanto, não são encontrados ao longo das costas expostas, onde passam o restante de suas vidas.

As guildas de uso de habitat específicas para ambientes estuarinos foram identificadas como: estuarino residente e estuarino marinho. A guilda estuarino residente consiste em espécies que são exclusivamente restritas aos estuários, completando todo o seu ciclo de vida nesse ambiente (Figura 13 b). Na guilda estuarino marinho é composta por espécies que possuem populações que completam seu ciclo de vida tanto nos estuários quanto em ambientes marinhos. Essas espécies são representadas por indivíduos que podem ser encontrados tanto nos estuários quanto em ambientes marinhos, demonstrando uma adaptação a ambas as condições (Figura 13 c).

Os otólitos foram visualizados sob microscópio estereoscópico e utilizando luz incidente transmitida para a melhor definição do contorno da estrutura. Os otólitos foram posicionados padronizados com o *sulcus* para cima e o *rostrum* para a esquerda considerando posição horizontal. Foram utilizados os otólitos direito. A imagem foi registrada digitalmente.

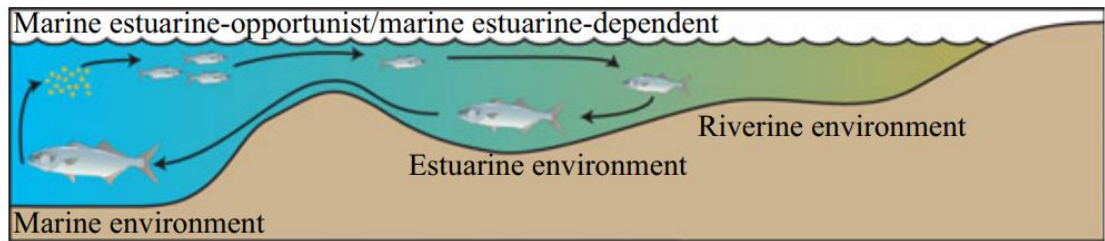
Figura 12. Imagem digitalizada do otólito com o contorno gerado pelas harmônicas de Fourier



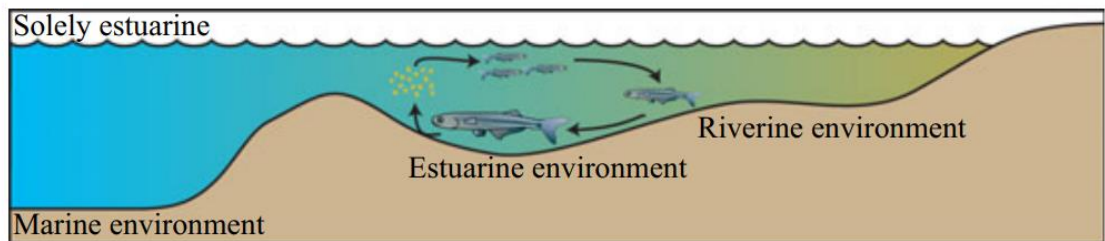
Fonte: Autora

Figura 13. Infográfico sobre as guildas explicando o uso dos habitats no ciclo de vida dos peixes. a) Marinho estuarino oportunista e Marinho estuarino dependente. b) estuarino residente e c) Estuarino marinho.

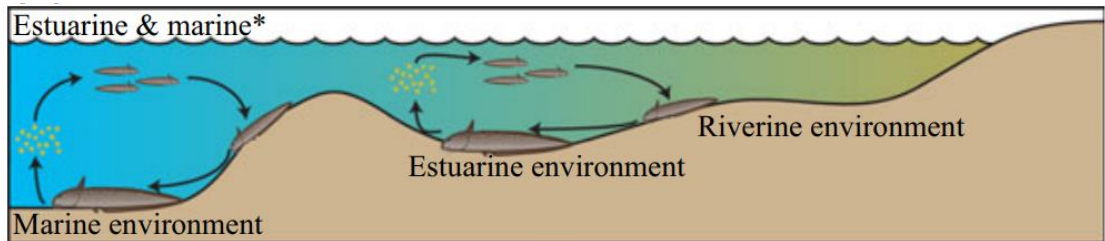
a)



b)



c)



Fonte: POTTER *et al.*,2015

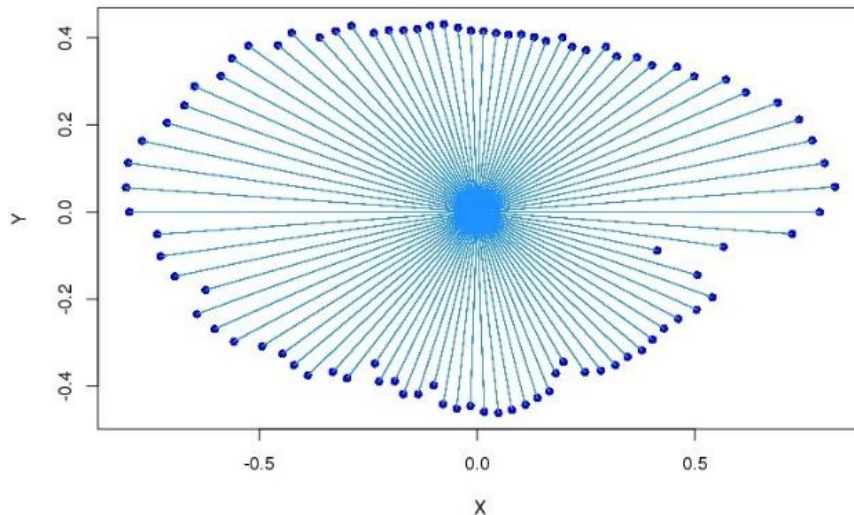
4.3. Análise de dados

4.3.1. Ecomorfologia dos otólitos

As medidas morfogeométricas foram expressas pelas harmônicas de Fourier, que delimitam e calculam o contorno médio dos otólitos, mediante os descritores elípticos de Fourier (EFD) para cada otólito. Utilizar os descritores de Fourier parte do processo de linearização de uma imagem e essas coordenadas expressadas matematicamente a uma série de descritores de Fourier, um polinômio para os componentes x e y de um ponto. Esse método acaba por simplificar, em poucas variáveis, a análise do contorno de otólitos, pois é uma técnica que capta toda a variação e diferenças em pequena escala (Figura 14). Essa técnica possibilita a desconstrução dos otólitos em séries, conhecidas como harmônicas que são representadas por seno e cosseno para gerar uma referência elíptica. (BIRD; EPPLER, 1986). Foi realizado o contorno médio de cada habitat utilizando a reconstrução das

harmônicas de Fourier a fim de visualizar a forma dos otólitos em cada habitat. Utilizando o ambiente de programação R usando o pacote “shapeR” as harmônicas de Fourier foram realizadas.

Figura 14. Gráfico de como as harmônicas de Fourier são formadas.



Fonte: VOLPEDO; VAZ-DOS-SANTOS, 2015

Para realizar as análises exploratórias foi considerado retirar da primeira harmônica de Fourier para não afetar no resultado da análise de variabilidade, pois a primeira harmônica possui um formato único, para a ancoragem principal da forma, servindo como um guia para as demais (BACHA *et al.*, 2014). A fim de verificar a existência de agrupamentos de padrões ecomorfológicos dos otólitos nos habitats estuarinos (capim marinho, mangue e praia estuarina), as doze harmônicas foram reorganizadas e reduzidas. A redução foi efetuada por meio de uma análise de componentes principais (PCA), realizada no Past versão 3.16.

A redução foi efetuada para tirar a variabilidade e ser possível trabalhar com um conjunto de dados mais consistente. Os componentes principais foram selecionados utilizando os que acumulassem 90% do critério de explicação. Essa redução usando os scores foi realizada uma análise discriminante. Usualmente é realizada uma LDA (linear discriminant analysis), sendo um teste paramétrico, mas os dados possuem alta variabilidade entre grupos indicando a FDA (flexible discriminant analysis) como mais adequada.

A FDA foi aplicada para identificar possíveis grupos por habitats, uma vez que a natureza dos dados não atingiu os pressupostos para uma análise paramétrica

(homocedasticidade) como foi evidenciado pelo teste BETADISPER. Análises como esta são aplicadas com êxito para a discriminação de grupos usando otólitos. (IBAÑEZ *et al.*, 2022). Quando se usa uma combinação não linear como a FDA para modelar relações multivariadas de não normalidade proporciona um melhor ajuste, principalmente em sua visualização plotadas em gráfico. Foi testada a significância das diferenças observadas na forma entre otólito nos habitats por uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA). A posteriori foi feito o post hoc com o pacote pairwiseAdonis para identificar quais grupos diferem significativamente.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Foram analisados 139 indivíduos, distribuídos em 12 espécies e 8 famílias. Das doze espécies estudadas três são estuarinos residentes, três estuarino marinho, quatro marinhos estuarinos dependente e dois marinho estuarino oportunista (Tabela 1). Todo conjunto de dados usado para esse estudo são de indivíduos juvenis.

Tabela 1. Classificação das quatorze espécies em família, guilda de uso de habitat e guilda trófico e número de indivíduos utilizados.

Família e Espécie	N	Habitat	GH	GT
ARIIDAE				
<i>Cathorops spixii</i>	12	M, P	1	carn
<i>Sciades herzbergii</i>	12	M, C, P	1	omni
ATHERINOPSIDAE				
<i>Atherinella brasiliensis</i>	13	P, M, C	2	omni
GERREIDAE				
<i>Diapterus auratus</i>	10	P, M	2	carn
<i>Eucinostomus argenteus</i>	12	P, M	3	carn
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	11	M	2	carn
<i>Eucinostomus gula</i>	13	P, M	3	carn
HAEMULIDAE				
<i>Conodon nobilis</i>	12	C	3	carn
MUGILIDEA				
<i>Mugil curema</i>		P, M, C	3	omni
PARALICHTHYIDAE				
<i>Citharichthys spilopterus</i>	9	P, C	1	mif
POLYNEMIDAE				
<i>Polydactylus virginicus</i>	13	C	4	carn
SCIANIDAE				
<i>Menticirrhus litoralis</i>	6	C	4	mif

Legenda: número de indivíduos (N); habitat; Capim (C), Mangue (M), Praia (P) ; guildas trófico (GT); Estuarino marinho (1), Estuarino residente (2), Marinho estuarino dependente (3), Marinho estuarino oportunista (4) propostas por Potter et al., 2015, Guilda trófica (GT);

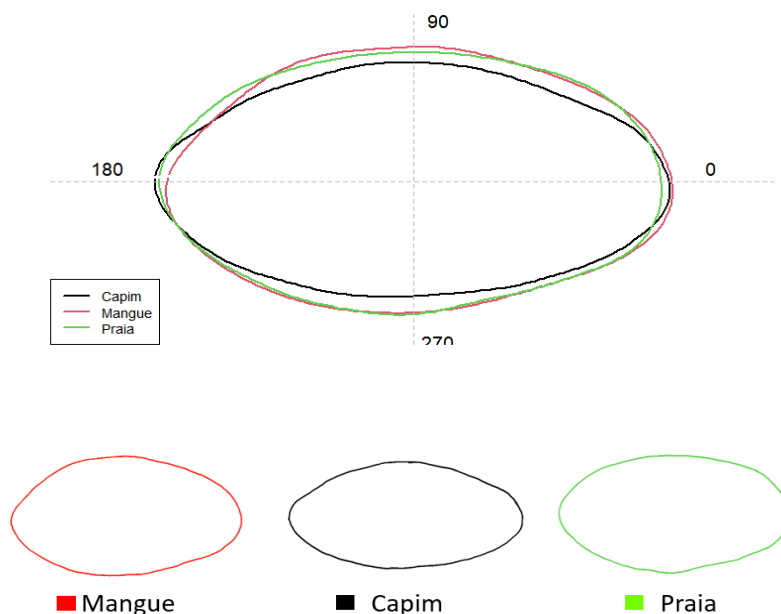
Carnívoro (carn), Omnívoro (omni), Planctívoro (plank) Alimentação de invertebrados móveis (mif).

5.1. Padrões ecomorfológicos dos otólitos nos habitats estuarinos

Dentre os três habitats estuarinos, o mangue e a praia foram os habitats mais representativos com relação a quantidade de espécies. Os indivíduos com otólitos de forma mais arredondada foram observados no habitat mangue (Figura 15). Por meio das harmônicas de Fourier plotadas em gráfico, é possível observar a forma média dos otólitos por habitat (Figura 4).

O habitat de capim marinho apresentou sete espécies, sendo *Menticirrhus litoralis*, *Conodon nobilis*, *Polydactylus virginicus*, exclusivas (Tabela 1), distribuídas nas seguintes guildas tróficas: Carnívoro (carn), Omnívoro (omni) Alimentação de invertebrados móveis (mif), Marinho estuarino dependente (3) e Marinho estuarino oportunista (4). As três espécies exclusivas capim marinho são representantes das guildas marinho estuarino dependente e marinho estuarino oportunista. A morfologia média dos otólitos das espécies no habitat capim marinho possui uma forma oblonga, mais acentuada que os demais habitats.

Figura 15. Morfotipos dos habitats mangue (vermelho), capim marinho (preto) e praia estuarina (verde). Os indivíduos do mangue são mais arredondados referente a comportamentos menos ativos, os das praias mais elípticas e os representantes do capim mais alongados. Indicando mais atividade natatória.



Fonte: Autora

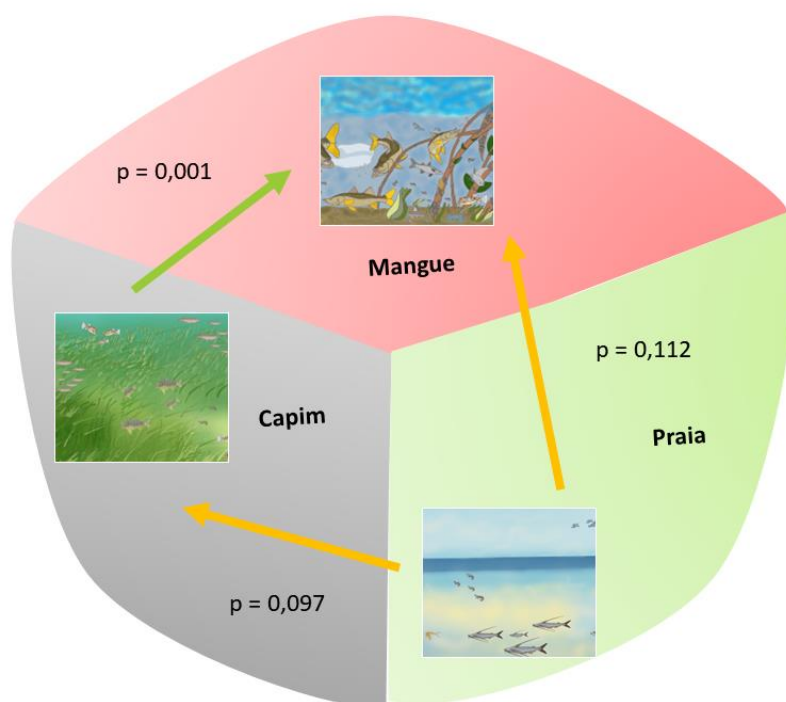
5.1.1. Análises exploratórias

Entre as 44 harmônicas de Fourier extraídas para descrever a forma do otólito, os dez primeiros scores (PCs) explicaram 92,98% da variação e foram usados para análise multivariada. As harmônicas foram capazes de visualmente discriminar os habitats (figura 17). A PERMANOVA (Tabela 2) e a FDA (Figura 17) indicaram diferença significativa entre os habitats ($p = 0,002$). 25% da matriz de confusão não foi classificada corretamente, mas 75% da matriz de confusão possuem relevância de classificação, pois indicam o uso dos habitats sendo previsto e registrado pela forma o otólito apresentado. Na comparação par-a-par, o habitat capim foi significativamente diferente do mangue ($p=0,001$) entretanto, o habitat de praia não divergiu significativamente do mangue e do capim ($p=0,112$ e $p= 0,097$), respectivamente (Figura 16).

Tabela 2. Matriz de confusão entre os habitats, número de origem para cada habitat

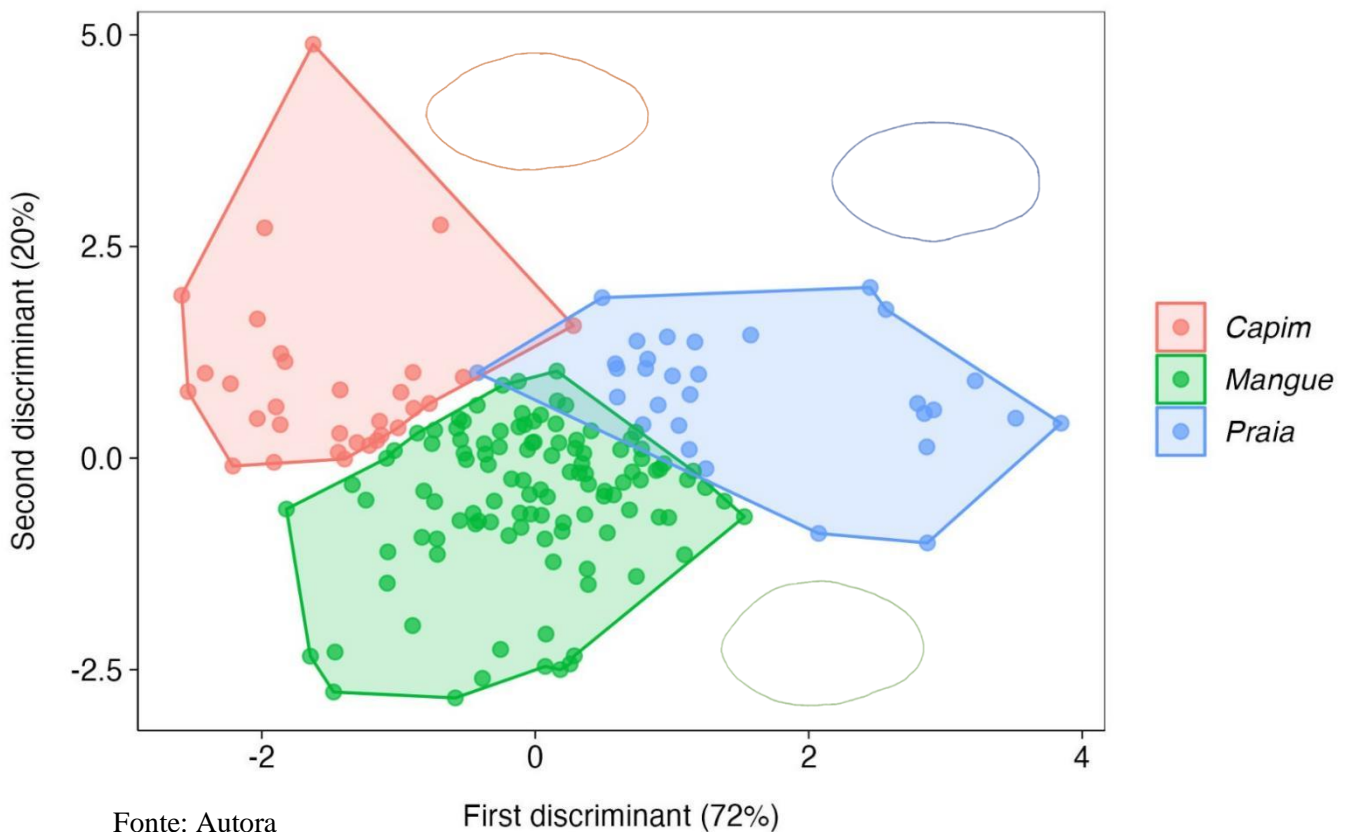
	N origem	CAPIM	MANGUE	PRAIA
CAPIM	39	34	2	3
MANGUE	58	1	45	12
PRAIA	41	3	14	24

Figura 16. Infográfico dos habitats com os valores do post-hoc.



Fonte: Autora

Figura 17. Plot das duas primeiras funções discriminantes da forma do otólito com base nos scores descritores de Fourier retirados da FDA para os habitats.



5.1.2. Discussão

Estudos que descrevem como as espécies de peixes usam estuários e zonas costeiras são frequentemente desafiadores devido à dinâmica altamente complexa das áreas estuarinas (DA SILVA *et al.*, 2018; NAGELKERKEN *et al.*, 2015). As espécies estuarinas utilizam habitats dentro dos ecossistemas estuarinos, que são tidos como mosaicos que se complementam, principalmente em regiões tropicais (DA SILVA *et al.*, 2022; NAGELKERKEN, 2009; SHEAVES *et al.*, 2014). Espécies tropicais de peixes usam os habitats de forma diversa durante seu ciclo de vida, principalmente quando se trata de variação sazonal (ASSIS *et al.*, 2020; DA SILVA *et al.*, 2022).

As análises exploratórias evidenciaram padrões ecomorfológicos ligados a uso do habitat nos otólitos que são as diferenças morfológicas. Esses padrões podem ser o indicativo da complementariedade e/ou mosaico de habitats, já bem estabelecido por Sheaves *et al.* (2009). Porém, observados por meio de otólitos em indivíduos juvenis. A literatura clássica afirma que otólitos de peixes juvenis são geralmente incharacterísticos, existindo apenas diferenças ontogenéticas (CAMPANA, 2004). Entretanto, não somente é possível ver

diferenças ontogenéticas como também caracterização de espécies (FERRI; BARTULIN; ŠKELJO, 2018) e padrões ecomorfológicos de uso de habitat. A morfologia dos otólitos pode estar relacionada à mobilidade indicando também o uso do habitat, além de existirem pesquisas que correlacionam estudos ecomorfológicos e ecomorfotróficos (CARDOSO; FREITAS, 2015; VOLPEDO; DIANA ECHEVERRÍA, 2003). Da mesma forma, a história de vida e os traços comportamentais das espécies afetam sua presença ou ausência nos habitats.

Sabe-se que os mangues são vistos como berçários para vários peixes em seus primeiros estágios de vida, por terem árvores adaptadas a condições de elevada salinidade do solo (NAGELKERKEN *et al.*, 2008). Devido a sua complexidade de habitats entre as raízes pneumatóforas da vegetação, os peixes juvenis utilizam como abrigo e proteção contra predadores (NAGELKERKEN *et al.*, 2008). (BECK *et al.*, 2001; FRANÇA; SEVERI, 2022). A cobertura vegetal de mangue, geralmente relacionada a manutenção de populações futuras de peixes, abrigo e abundância de juvenis também é refletiva em outra áreas sem vegetações, como praias estuarinas (DA SILVA *et al.*, 2018). No mangue, encontram-se indivíduos majoritariamente dependentes dos estuários, como *Mugil curema* e espécies da família Gerreidae (Tabela 1). Diversas espécies marinhas nos trópicos são encontradas em algum estágio de seu ciclo de vida em habitats estuarinos, principalmente no mangue, o ambiente estuarino nessas águas devido a característica de berçário e proteção dos juvenis (POTTER *et al.*, 2015).

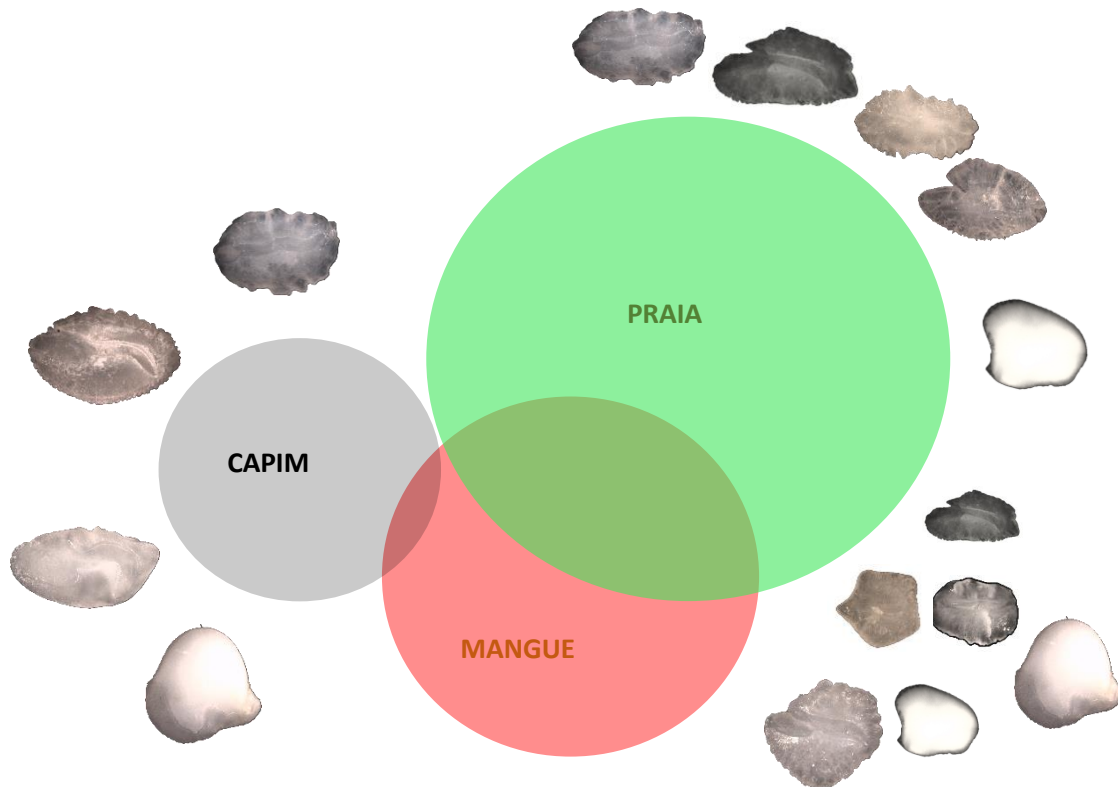
O mangue e o capim não diferiram estatisticamente da praia estuarina, pois partilham muitas espécies já que a praia estuarina foi estruturalmente mais heterogênea, reforçando a característica da praia estuarina de ser um habitat de transição entre área costeira e estuário (OLDS *et al.*, 2018; PINTO *et al.*, 2021). No habitat de praia estuarina a característica da morfologia dos otólitos é elíptica (Figura 15), entretanto, observa-se rugosidades na região da borda ventral da forma média otólito. Padrões ecomorfológicos observados pela morfologia do otólito e as rugosidades ventrais (Figura 15) estão relacionadas a características associados ao uso do habitat e alimentação, ainda mais em peixes tropicais, podendo refletir nas condições corporais dos indivíduos, independentemente do tamanho e idade dos peixes (GAGLIANO; MCCORMICK, 2004). Majoritariamente as espécies frequentadoras desse habitat são das guildas marinho estuarino, estuarino residente e

marinho estuarino dependente (Tabela1), caracterizando assim espécies que precisam do estuário em seu ciclo de vida, principalmente desse habitat.

Nesse estudo, espécies comuns na praia estuarina (por exemplo: *Sciades herzbergii*, *Atherinella brasiliensis*, espécies da família *Gerreidae*, *Citharichthys spilopterus* e *Mugil curema*) possuem tolerância a mudanças nas condições ambientais típicas de ambientes costeiros e estuarinos (DA SILVA *et al.*, 2018). A capacidade de uso de diferentes habitats dentro de estuários, ainda por peixes juvenis, pode estar associada a exploração de recursos, características morfológicas funcionais, nível trófico e dinâmica dos habitats estuarinos (DA SILVA *et al.*, 2018, 2022; NAGELKERKEN, 2009).

Espécies marinho estuarinas tipicamente possuem adaptações fisiológicas, comportamentais e ecológicas que permitem a exploração de diversos habitats como o capim marinho. Esse habitat se difere do mangue por ser mais homogêneo, ocorre no período da estação seca devido à natureza de sua vegetação ser melhor adaptada a altas salinidades (DA SILVA *et al.*, 2022). O capim marinho é utilizado como área de alimentação e corredor, majoritariamente por espécies como *M. litoralis*, *C. nobilis*, *P. virginicus* que migram entre ecossistemas estuarinos e costeiros (RODRIGUES; VIEIRA, 2010). Essas características das espécies nos habitats indicam traços relacionados com o hábito migrador visto que este sinal morfofuncional já aparece no estágio juvenil (VOLPEDO; DIANA ECHEVERRÍA, 2003^a). No capim marinho, no nosso estudo, é possível entender sua função como área de alimentação e corredor; para espécies que tem em comum os hábito alimentais carnívoro, sejam de invertebrados móveis, bentos ou outros peixes menores e são marinho estuarinas oportunistas ou dependentes. (BECK *et al.*, 2001; DA SILVA *et al.*, 2022; WHITFIELD, 2017).

Figura 18. Infográfico indicando as morfologias nos habitats; Capim (preto), Mangue(vermelho), Praia (verde) proporcionando um indicativo de uso dos habitats estuarinos.



Fonte: Autora

É possível, por meio dos nossos dados e literatura já existente, pesquisar o uso dos habitats e evidenciar padrões ecomorfológicos nos habitats, mesmo em fase de desenvolvimento juvenil. Resultados como esse vão de encontro a estudos clássicos dos otólitos; que afirmando que indivíduos juvenis tendem a ter otólitos arredondados e sem marcas que possam caracterizá-los de acordo com os habitats; sendo possível observar diferenças morfológicas relacionadas a ontogenia. Esses habitats estuarinos permitem que diferentes conjuntos de espécies os habitem de forma diferenciada, mas também desempenhem um papel fundamental na manutenção de estoques pesqueiros (Figura 6.).

6. CONCLUSÃO

Os indivíduos analisados mostraram diferença entre os padrões de forma dos otólitos, isso permitiu diferenciar os conjuntos de indivíduos de cada habitat, o que potencialmente pode ser usado como ferramenta para manejo e gestão, à medida que permite separar com uma resolução fina e precisa grupos específicos mesmo em idade juvenil. A praia estuarina não se diferenciou dos demais habitats, provavelmente por desempenhar o papel de área de transição e acumular características de mangue e capim marinho. A singularidade e importância do capim marinho é vista pelas espécies que o utilizam, que são comercialmente importantes. Os habitats estuarinos nas regiões tropicais são muito importantes para as espécies e habitats estuarinos são exploradas por atividades humanas, como a pesca, principalmente os manguezais e praias. Considerando a complexidade dos ecossistemas estuarinos é necessário o entendermos como um conjunto que possibilite garantir sustentabilidade para as espécies e atividades humanas. Por fim, recomendar o manejo e a conservação de habitats estuarinos por meio da criação de novas áreas de zoneamento, que possibilite um modelo para o uso dessas áreas na pesca já que existe um potencial captura de indivíduos juvenis.

7. REFERÊNCIAS:

- ADITE, A.; WINEMILLER, K. O. Trophic ecology and ecomorphology of fish assemblages in coastal lakes of Benin, West Africa. *Ecoscience*, v. 4, n. 1, p. 6–23, 1997.
- ASSIS, I. O.; DA SILVA, V. E. L.; SOUTO-VIEIRA, D.; LOZANO, A. P.; VOLPEDO, A. V.; FABRÉ, N. N. Ecomorphological patterns in otoliths of tropical fishes: assessing trophic groups and depth strata preference by shape. *Environmental Biology of Fishes*, v. 103, n. 4, p. 349–361, 2020.
- BACHA, M.; JEMAA, S.; HAMITOUICHE, A.; RABHI, K.; AMARA, R. Ocean : evidence from otolith shape analysis. *Ices Journal of Marine Science*, v. 71, p. 2429–2435, 2014.
- BARBIER, Edward B. Natural barriers to natural disasters: replanting mangroves after the tsunami. *Frontiers in Ecology and the Environment*, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 124131, 2006. Disponível em: [https://doi.org/10.1890/15409295\(2006\)004\[0124:NBNDR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/15409295(2006)004[0124:NBNDR]2.0.CO;2)
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4 ed., Porto Alegre: Artmed.
- BENNETT, B.A. The fish community of a moderately exposed beach on the southwestern cape coast of South Africa and an assessment of this habitat a nurse for juvenile fish. *Est. Coast. Shelf Sci.* 28:293-305, 1989.
- BECK, M. W.; JR, K. L. H.; ABLE, K. W.; DANIEL, L.; EGGLESTON, D. B.; GILLANDERS, B. M.; HALPERN, B.; HAYS, C. G.; HOSHINO, K.; MINELLO, T. J.; ORTH, R. J.; PETER, F.; WEINSTEIN, M. P. *The Identification , Conservation , and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates*. 2001.
- BIRD, J. L.; EPPLER, D. T. *Comparisons of Heights Using Fourier Series*. 1986.
- BLONDEL, J. MINI- Guilds or functional groups : does it matter ? v. 2, n. August 2002, p. 223–231, 2003.
- BOSE, A. P. H.; ZIMMERMANN, H.; WINKLER, G.; KAUFMANN, A.; STROHMEIER, T.; KOBLMÜLLER, S.; SEFC, K. M. Congruent geographic variation in saccular otolith shape across multiple species of African cichlids. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1–13, 2020.
- BRASIL, J.; HUSZAR, V. L. M. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. *Oecologia Australis*, v. 15, n. 4, p. 799–834, 2011.
- CAMPANA, S. E. *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. [s.l.: s.n.]v. 133284 pp p.
- CARDOSO, D. C.; FREITAS, C. uso de habitats por assembleias de peixes A ecomorfologia como ferramenta em estudos que abordam a alimentação e o uso de habitats por assembleias de peixes. n. August, 2015.

- CASATTI, L., ROMERO, R. D. M., TERESA, F. B., SABINO, J., & LANGEANI, F. Fish community structure along a conservation gradient in Bodoquena Plateau streams, central West of Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 50-59, 2010.
- COSTANZA, Robert et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.
- COSTA, R. M. R. D.; FABRÉ, N. N.; AMADIO, S. A.; TUSET, V. M. Plasticity in the Shape and Growth Pattern of Asteriscus Otolith of Black Prochilodus Prochilodus Nigricans (Teleostei: Characiformes: Prochilodontidae) Freshwater Neotropical Migratory Fish. *Neotropical Ichthyology*, v. 16, n. 4, p. e180051, 2018.
- DA SILVA, V. E. L.; ASSIS, I. O.; CAMPOS-SILVA, J. V.; PAULINO, G. V. B.; FABRE, N. N. Relative importance of habitat mosaics for fish guilds in the northeastern coast of Brazil. *Relative importance of habitat mosaics for fish guilds in the northeastern coast of Brazil*, p. 114, 2022.
- DA SILVA, V. E. L.; DOLBETH, M.; FABRÉ, N. N. Assessing Tropical Coastal Dynamics across Habitats and Seasons through Different Dimensions of Fish Diversity. *Marine Environmental Research*, v. 171, p. 105458, out. 2021.
- DA SILVA, V. E. L.; TEIXEIRA, E.; BATISTA, V. S.; FABRE, N. N. Spatial distribution of juvenile fish species in nursery grounds of a tropical coastal area of the south-western Atlantic. *ACTA ICHTHYOLOGICA ET PISCATORIA*, n. March, 2018.
- DAHLGREN, C. P.; EGGLESTON, D. B. Ecological Processes Underlying Ontogenetic Habitat Shifts in a Coral Reef Fish. *Ecology*, v. 81, n. 8, p. 2227–2240, 2000.
- DE AZEVEDO BEMVENUTI, Marlise; FISCHER, Luciano Gomes. Peixes: morfologia e adaptações. *Cadernos de Ecologia Aquática*, v. 5, n. 2, p. 31-54, 2010.
- DOS PASSOS, A. C.; CONTENTE, R. F.; ABBATEPAULO, F. V.; SPACH, H. L.; VILAR, C. C.; JOYEUX, J. C.; CARTAGENA, B. F. C.; FÁVARO, L. F. Analysis of fish assemblages in sectors along a salinity gradient based on species, families and functional groups. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 61, n. 4, p. 251–264, 2013.
- EDWORTHY, Carla; STRYDOM, Nadine; STRYDOM, Nadine. Habitat partitioning by juvenile fishes in a temperate estuarine nursery, South Africa. *Scientia Marina*, [S. l.], v. 80, n. 2, p. 151–161, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3989/scimar.04333.01B>. Acesso em: 20 out. 2021.
- ELLIOTT, M. et al. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries*, v. 8, p. 241–268, 2007.
- FAVERO, J. M et al. Juvenile fish use of the shallow zone of beaches of the Cananéia-Iguape coastal system, southeastern Brazil. *Brazilian J Oceanogr* 63:103–114, 2015.

- FERRI, J.; BARTULIN, K.; ŠKELJO, F. Variability of Otolith Morphology and Morphometry in Eight Juvenile Fish Species in the Coastal Eastern Adriatic. *Croatian Journal of Fisheries*, v. 76, n. 3, p. 91–98, 1 set. 2018.
- FORD, B. M.; ROBERTS, J. D. Functional traits reveal the presence and nature of multiple processes in the assembly of marine fish communities. *Oecologia*, v. 192, n. 1, p. 143–154, 2020.
- FRANÇA, V. F. C.; SEVERI, W. Ecomorphological Relations of Sympatric Juveniles of Clupeiformes from a Brazilian Sandy Beach. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 112, p. e2022011, 2022.
- GAGLIANO, M.; MCCORMICK, M. I. Feeding history influences otolith shape in tropical fish. n. February 2014, 2004.
- HECK HAY, K.; HAYS, G.; ORTH, R. Critical Evaluation of the Nursery Role Hypothesis for Seagrass Meadows. *Marine Ecology Progress Series*, v. 253, p. 123–136, 2003.
- HÜSSY, K. Otolith shape in juvenile cod (*Gadus morhua*): Ontogenetic and environmental effects. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 364, n. 1, p. 35–41, 2008.
- HYNDES, Glenn A. et al. Mechanisms and ecological role of carbon transfer within coastal seascapes. *Biological Reviews*, v. 89, n. 1, p. 232–254, 2014.
- IGULU, Mathias M. et al. Mangrove habitat use by juvenile reef fish: Meta-analysis reveals that tidal regime matters more than biogeographic region. *PLoS ONE*, [S. l.], v. 9, n. 12, 2014.
- IBAÑEZ, A.; RANGELY, J.; ÁVILA-HERRERA, L.; DA SILVA, V. E. L.; PACHECO-ALMANZAR, E.; NEVES, J. M. M.; AVIGLIANO, E.; FORTUNATO, R. C.; VOLPEDO, A. V.; FABRÉ, N. N. Unraveling the Mugil Curema Complex of American Coasts Integrating Genetic Variations and Otolith Shapes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 273, p. 107914, ago. 2022.
- JARAMILO, A. M.; TOMBARI, A. D.; BENEDITO DURA, V.; EUGENI RODRIGO, M.; VOLPEDO, A. V. Otolith eco-morphological patterns of benthic fishes from the coast of Valencia (Spain). *Thalassas*, v. 30, n. 1, p. 57–66, 2014.
- KARDONG, K.V. Vertebrados: anatomia comparada, função e evolução. 5ª Ed. Editora Roca, 2011. 913p.
- KONTAS, S.; BOSTANCI, D. Morphological and Biometrical Characteristics on Otolith of *Barbus tauricus* Kessler, 1877 on Light and Scanning Electron Microscope. *International Journal of Morphology*, v. 33, n. 4, p. 1380–1385, 2015.
- LEAL, C. G.; JUNQUEIRA, N. T.; POMPEU, P. S. Morphology and Habitat Use by Fishes of the Rio Das Velhas Basin in Southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, v. 90, n. 2, p. 143–157, fev. 2011.

- LEISLER, Bernd; WINKLER, Hans. Ecomorphology. In: Current ornithology. Springer, Boston, MA, 1985. p. 155-186
- LOSOS JB, JACKMAN TR, LARSON A, DE QUEIROZ K, RODRIGUEZ-SCHETTINO L. Contingency and determinism in replicated adaptive radiations of island lizards. *Science* 279:2115-2118. 1998.
- MARBÀ, Núria et al. Growth patterns of western Mediterranean seagrasses: Species-specific responses to seasonal forcing. *Marine Ecology Progress Series*, [S. l.], v. 133, n. 1–3, p. 203–215, 1996.
- MARBÀ, NÚRIA, AND CARLOS M. DUARTE. "Interannual changes in seagrass (*Posidonia oceanica*) growth and environmental change in the Spanish Mediterranean littoral zone." *Limnology and oceanography* 42, no. 5: 800-810., 1997.
- MARQUES, L.V. AND CREED, J.C.,. *Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil. Oecologia Brasiliensis*, 12(2), p.12,2008.
- MENEZES, N.; FIGUEIREDO, J. L. *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3)*. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1980.
- MENEZES, N.; FIGUEIREDO, J. L. *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. V. Teleostei (4)*. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1985.
- MICHELI, F.; HALPERN, B. S. Low functional redundancy in coastal marine assemblages. *Ecology Letters*, v. 8, n. 4, p. 391–400, 2005.
- MIHALITSIS M, BELLWOOD DR. Morphological and functional diversity of piscivorous fishes on coral reefs. *Coral Reefs* 38:945-954. 2019.
- MINELLO, Thomas J. et al. Salt marshes as nurseries for nekton: testing hypotheses on density, growth and survival through meta-analysis. *Marine Ecology Progress Series*, v. 246, p. 39-59, 2003.
- MOKSNES, Per-Olav et al. Trophic cascades in a temperate seagrass community. *Oikos*, v. 117, n. 5, p. 763-777, 2008.
- MOTTA, P. J.; NORTON, S. F.; LUCZKOVICH, J. J. Perspectives on the Ecomorphology of Bony Fish. *Environmental Biology of Fishes*,v. 44, p. 11–20, 1995.
- MOUILLOT, D.; GRAHAM, N. A. J.; VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; BELLWOOD, D. R. A Functional Approach Reveals Community Responses to Disturbances. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 28, n. 3, p. 167–177, mar. 2013.
- MUMBY, P.J Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biol Conserv* 128:215–222, 2006.
- NAGELKERKEN, I. et al. Importance of Mangroves, Seagrass Beds and the Shallow Coral Reef as a Nursery for Important Coral Reef Fishes, Using a Visual Census Technique. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S. l.], v. 51, n. 1, p. 31–44, 2000

NAGELKERKEN, I.; BLABER, S. J. M.; BOUILLON, S.; GREEN, P.; HAYWOOD, M.; KIRTON, L. G.; MEYNECKE, J. O.; PAWLIK, J.; PENROSE, H. M.; SASEKUMAR, A.; SOMERFIELD, P. J. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, v. 89, n. 2, p. 155–185, 2008.

NAGELKERKEN, I.; SHEAVES, M.; BAKER, R.; CONNOLLY, R. M. The seascape nursery: A novel spatial approach to identify and manage nurseries for coastal marine fauna. *Fish and Fisheries*, v. 16, n. 2, p. 362–371, 2015.

NORTON, S. F.; LUCZKOVICH, J. L.; MOTTA, P. J. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. *Environmental Biology Fishes*, v. 44, p. 287–304, 1995.

OLDS, Andrew D. et al. Habitat connectivity improves reserve performance. *Conservation Letters*, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 56–63, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00204.x>

OLDS, A. D.; VARGAS-FONSECA, E.; CONNOLLY, R. M.; GILBY, B. L.; HUIJBERS, C. M.; HYNDES, G. A.; LAYMAN, C. A.; WHITFIELD, A. K.; SCHLACHER, T. A. The Ecology of Fish in the Surf Zones of Ocean Beaches: A Global Review. *Fish and Fisheries*, v. 19, n. 1, p. 78–89, jan. 2018.

PASSOS, C. V. B.; FABRÉ, N. N.; MALHADO, A. C. M.; BATISTA, V. S.; LADLE, R. J. Estuarization increases functional diversity of demersal fish assemblages in tropical coastal ecosystems. *Journal of Fish Biology*, v. 89, n. 1, p. 847–862, 2016.

PESSANHA, A. L. M.; ARAÚJO, F. G.; OLIVEIRA, R. E. M. C. C.; SILVA, A. F. da; SALES, N. S. Ecomorphology and resource use by dominant species of tropical estuarine juvenile fishes. *Neotropical Ichthyology*, v. 13, n. 2, p. 401–412, 2015.

PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, v. 5, n. 3, p. 402–411, 2002.

PINTO, S. M.; MONTEIRO-NETO, C.; BARBARINO, E.; DE ALMEIDA TUBINO, R.; DA COSTA, M. R. The structure of shallow water fish assemblages in sandy beaches of a tropical bay in the southwestern Atlantic. *Ichthyological Research*, 2021.

POTTER, I. C.; TWEEDLEY, J. R.; ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K. The ways in which fish use estuaries: A refinement and expansion of the guild approach. *Fish and Fisheries*, v. 16, n. 2, p. 230–239, 2015.

RICKLEFS, Robert; RELYEA, Rick. *A economia da natureza*. 7. ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 2018 v, xxiii, 606 . p.

RIDLEY, M. *Evolução*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

RODRIGUES, F. L.; VIEIRA, J. P. Feeding strategy of *Menticirrhus americanus* and *Menticirrhus littoralis* (Perciformes: Sciaenidae) juveniles in a sandy beach surf zone of southern Brazil. *Zoologia*, v. 27, n. 6, p. 873–880, 2010.

- SCHULZ-MIRBACH, TANJA, et al. "Enigmatic ear stones: what we know about the functional role and evolution of fish otoliths." *Biological Reviews* 94.2 : 457-482, 2019.
- SHEAVES, M.; BAKER, R.; NAGELKERKEN, I.; CONNOLLY, R. M. True Value of Estuarine and Coastal Nurseries for Fish: Incorporating Complexity and Dynamics. *Estuaries and Coasts*, v. 38, n. 2, p. 401–414, 2014.
- SHORT, F. T.; WYLLIE-ECHEVERRIA, S. Natural and Human-Induced Disturbance of Seagrasses. *Environmental Conservation*, v. 23, n. 1, p. 17–27, mar. 1996.
- SILVA, V. E. L.; FABRÉ, N. N. Rare Species Enhance Niche Differentiation Among Tropical Estuarine Fish Species. *Estuaries and Coasts*, 2019.
- SILVA-JÚNIOR, C. A. B.; MÉRIGOT, B.; LUCENA-FRÉDOU, F.; FERREIRA, B. P.; COXEY, M. S.; REZENDE, S. M.; FRÉDOU, T. Functional diversity of fish in tropical estuaries: A traits-based approach of communities in Pernambuco, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 198, n. August 2016, p. 413–420, 2017.
- SIMBERLOFF, D. and T. D. the Guild Concept and the. *Annual Review of Ecological Systematics*, v. 22, p. 115–43, 1991.
- SKILLETER, G. A.; LONERAGAN, N. R.; OLDS, A.; ZHARIKOV, Y.; CAMERON, B. Connectivity between seagrass and mangroves influences nekton assemblages using nearshore habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 573: 25–43, 2017.
- SOSIAK C, BARDEN P. Data from: Multidimensional trait morphology predicts ecology across ant lineages. 2020. Disponível em :< <https://doi.org/10.5061/dryad.kh1893243>
- TILMAN, D. Functional diversity. *Encyclopedia of Biodiversity*, v. 3, n. 3, p. 109–120, 2001.
- TUSET, V. M.; FARRÉ, M.; LOMBARTE, A.; BORDES, F.; WIENERROITHER, R.; OLIVAR, P. A comparative study of morphospace occupation of mesopelagic fish assemblages from the Canary Islands (North-eastern Atlantic). *Ichthyological Research*, v. 61, n. 2, p. 152–158, 2014.
- TUSET, V. M.; LOMBARTE, A.; ASSIS, C. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, v. 72S1, n. July, p. 7–198, 2008.
- VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Métodos de estudos con otolitos: principios y aplicaciones. [s.l: s.n.]480 pp p.
- VIGNON, M. Investigating Morphospace Occupation in Multi-Scale Ecological and Evolutionary Data Using Regression Tree: Case Studies and Perspectives. *Evolutionary Biology*, v. 44, n. 1, p. 120–134, 2017.
- VILLÉGER, Sébastien et al. Functional ecology of fish: current approaches and future challenges. *Aquatic Sciences*, v. 79, n. 4, p. 783-801, 2017.

- VIOLLE, C.; NAVAS, M.-L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, v. 116, n. 5, p. 882–892, 2007.
- VOLPEDO, A.; DIANA ECHEVERRÍA, D. Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentine. *Fisheries Research*, v. 60, n. 2–3, p. 551–560, 2003.
- VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Métodos de estudios con otolitos: principios y aplicaciones. [s.l: s.n.]480 pp p.
- WAINWRIGHT, P. C. Ecological Explanation through Functional Morphology: The Feeding Biology of Sunfishes. *Ecology*, v. 77, n. 5, p. 1336–1343, jul. 1996.
- WHITFIELD, A. K. The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 27, n. 1, p. 75–110, mar. 2017.
- WILLIS, KATHERINE J., et al. "Providing baselines for biodiversity measurement." *Trends in Ecology and Evolution* 20.3, 2005.
- WINEMILLER, K. O. Ecomorphological Diversification in Lowland Freshwater Fish Assemblages from Five Biotic. *Ecological Monographs*, v. 61, n. 4, p. 343–365, 1991.
- ZHANG, Yamian et al. Habitat Use by Fish across Tidal Cycles in a Tropical Estuarine Mangrove Ecosystem (Dongzhaigang Bay, Hainan, China). *Journal of Coastal Research*, v. 37, n. 1, p. 156-167, 2021.