



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

REGIANE DA SILVA ALMEIDA

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS GULDAS TRÓFICAS DE PEIXES ESTUARINOS
NO LITORAL AMAZÔNICO BRASILEIRO

SÃO LUÍS/MA

2018

REGIANE DA SILVA ALMEIDA

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS GULDAS TRÓFICAS DE PEIXES ESTUARINOS
NO LITORAL AMAZÔNICO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes

São Luís

2018

REGIANE DA SILVA ALMEIDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Oceanografia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes – Orientador
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Getulio Rincon Filho
Universidade Federal do Maranhão

Aprovada em: ___/___/ 2018

Local de Defesa:

APOIO



FONTE FINANCIADORA



DEDICATÓRIA

Sem sonhos, a vida é uma manhã sem orvalhos,
um céu sem estrelas, um oceano sem ondas, uma
vida sem aventura, uma existência sem sentido!

Augusto Cury

Sonho realizado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a minha família por terem me ajudado tanto nessa etapa e estarem sempre comigo. Principalmente a minha mãe e a minha irmã Roziane Almeida, a quem devo toda a gratidão e todo meu amor.

A Universidade Federal do Maranhão- UFMA, especialmente ao programa de Pós-graduação em Oceanografia-PPGOceano, também ao Laboratório de Organismos Aquáticos- LabAqua pelo espaço cedido para análise do material.

A FAPEMA, pelo apoio financeiro ao projeto intitulado “Ecologia de peixes do Golfão Maranhense” - 00641/15 e pela bolsa cedida para apoio a pesquisa.

Agradeço ao meu orientador Dr. Jorge Luiz Silva Nunes, pela oportunidade.

Aos demais professores do programa que contribuíram direta e indiretamente nesse trabalho e em especial ao prof. Dr. Marco Valério Jansen Cutrim que sempre esteve presente no decorrer da minha pesquisa e certamente contribuiu muito para minha formação profissional, como meu professor desde a graduação.

Por fim, agradeço todos os amigos e amigas que estiveram comigo nessa jornada, vocês com certeza são parte dessa vitória: Saulo, Fábio e meus dois grandes amigos e irmãos Rayone e Louise, que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS.....	9
APRESENTAÇÃO	10
OBJETIVOS.....	11
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS GUILDAS TRÓFICAS DE PEIXES ESTUARINOS NO LITORAL AMAZÔNICO	13
ABSTRACT	13
RESUMO	14
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS	23
DISCUSSÃO	34
REFERÊNCIAS	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estuários estudados no Golfão Maranhense.

Figura 2: Distribuição das guildas tróficas de peixes no Golfão Maranhense.

Figura 3: Distribuição dos índices ecológicos: A) Diversidade de Shannon-Wiener; B) Riqueza de Margalef.

Figura 4: Distribuição das espécies de peixes estuarinos que apresentaram participação em mais de uma guilda trófica descritas no Golfão Maranhense.

Figura 5: Diagrama de ordenação gerada pela Análise de Correspondência Canônica para as guildas tróficas de peixes juvenis e variáveis ambientais.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição das categorias tróficas das assembleias de peixes do Golfão Maranhense.

Tabela 2: Disponibilidade de recursos alimentares em estuários do Golfão Maranhense. Rio Anil (Ria), Sertãozinho (Sert), Tibiri (Tib), Buenos Aires (Bua), Anajatuba (Ana), Perizes (Per), Ribeira (Rib), Tronco (Tro), Sampaio (Sam), Geniparana (Gen), Paciência (Pac), Baixo (Bai) e Santo Antônio (San).

Tabela 3: Classificação das espécies de peixes quanto as guildas tróficas nos estuários. Rio Anil (RIA), Sertãozinho (SERT), Tibiri (TIB), Buenos Aires (BUA), Anajatuba (ANA), Perizes (PER), Ribeira (RIB), Tronco (TRO), Sampaio (SAM), Geniparana (GEN), Paciência (PAC), Baixo (BAI) e Santo Antônio (SAN) no Golfão Maranhense. Atribuiu-se: Carnívora (Car), Zooplantívora (Zoop), Detrívora (Det), Invertívora (Inv), Piscívora (Pis), Larvófaga (Lar) e Onívora (Oni). As espécies assinaladas por asterisco (*) apresentaram guildas diferentes nos estuários estudados.

Tabela 4: Média dos parâmetros ambientais para cada um dos estuários do Golfão Maranhense.

Tabela 5: Resumo dos resultados estatísticos ANOVA monofatorial e Kruskal-Wallis para as variáveis ambientais entre os estuários. * valor significativo ($p < 0,05$).

Tabela 6. Relação de resultados estatísticos dos testes *a posteriori* de Tukey e Dunn para variáveis ambientais entre os estuários com valor significativo de ($p < 0,05$).

APRESENTAÇÃO

Estuários tropicais são ambientes importantes para a sobrevivência de várias espécies, pois oferece condições fundamentais (*e.g.* abrigo, alimento) para a manutenção de uma elevada riqueza de espécies e diversidade de peixes. Esses locais favorecem a presença e a sua exploração de diferentes maneiras pelas populações de várias espécies de peixes, principalmente na fase juvenil e larval, devido à presença de inúmeros tipos de microhabitats e recursos que podem ser encontrados.

A abundância de peixes no ambiente estuarino se deve principalmente à uma complexa relação de recursos que passam pela alta produtividade, resultante de aportes autóctones e alóctones, até as complexas relações existentes em função da heterogeneidade de habitats e seus diferentes tipos de usos.

Assim, os peixes estuarinos apresentam variados tipos de hábito alimentar. Desta forma, é possível classificar as espécies de peixes em diversas categorias tróficas, quais podem representar detalhadamente uso do habitat e as interações alimentares.

Portanto, o presente estudo compreende em parte do projeto “**Ecologia de Peixes Estuarinos do Golfão Maranhense**”, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão, tendo o propósito de descrever a distribuição espacial das guildas tróficas de peixes em uma região do Litoral Amazônico Brasileiro que abriga um complexo de estuários a fim de definir os fatores que determinam a sua configuração.

A dissertação é composta por um capítulo formatada em manuscrito que será submetido à revista *Estuarine, Coastal and Shelf Science* classificada com o Fator de Impacto 2. 413 e Qualis B1 em Geociências.

OBJETIVOS

GERAL

- Descrever os padrões de distribuição das guildas tróficas de peixes no Golfão Maranhense.

ESPECÍFICOS

- Classificar as espécies de peixes em guildas tróficas por meio da identificação dos seus itens alimentares;
- Avaliar a disponibilidade dos principais itens alimentares em cada estuário estudado do Golfão Maranhense;
- Descrever a distribuição guildas tróficas em função da disponibilidade de recurso alimentares e parâmetros ambientais.

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS GILDAS TRÓFICAS DE PEIXES ESTUARINOS
NO LITORAL AMAZÔNICO BRASILEIRO**

SPATIAL DISTRIBUTION OF TROPHIC GUILDS OF ESTUARINE FISH ON THE BRAZILIAN AMAZON COAST

Regiane da Silva Almeida^a, Jorge Luiz Silva Nunes^b

^a – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses 1966, 65080-805, São Luís, MA, Brasil.

^b – Laboratório de Organismos Aquáticos, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses 1966, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil.

Abstract

Amazonian estuaries are characterized by the high degree of matter and energy flow. Such dynamic ensures not only life support for several species, but also high complexity in ecological interactions. Due to its advantages, many fish species use estuaries for different purposes throughout their life cycle, as these environments provide abundant food resources, protection against predators and sites for breeding and growth. Based on this, the present study was carried out to better understand the spatial distribution of bony fishes in the Golfão Maranhense, an estuarine complex of great importance to the Amazon coast. Additionally, in order to understand the ecological factors associated with spatial distribution, both abiotic and biotic variables were analyzed. Three sampling points were randomly defined in each of the 13 estuaries studied. Fish were captured by trawling (six-meters long by three-meters high; mesh of one centimeter between opposing nodes). To determine trophic guilds, stomach content of ten individuals from each estuary was analyzed. A total of 21 food items and seven trophic guilds were identified. Among the analyzed species (n=66), only 14 presented food plasticity, being classified in more than one trophic guild. Phosphate, Silicate, Suspended Organic Matter and pH were the environmental factors that had the greatest influence in the distribution of the guilds planctivore, carnivore and larvivorous, while Chlorophyll, Water Conductivity, Dissolved Oxygen, Nitrite, Phaeopigments and Total Dissolved Solids were the most significant factors that influenced the distribution of guilds detritivore, invertivore, piscivore and omnivore. Thus, we conclude that the distribution of trophic guilds is subject to three factors: environmental variables, food availability and habitat use.

Key-words: Diversity of habitats, food resources, trophic organization, tropical estuaries

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS GUILDAS TRÓFICAS DE PEIXES ESTUARINOS NO LITORAL AMAZÔNICO BRASILEIRO

RESUMO

Os estuários amazônicos são ambientes com alto fluxo de energia e matéria, pois destacam-se principalmente pela elevada produção e concentração de nutrientes, suprimindo as necessidades nutricionais de diversas espécies e configurando complexas relações ecológicas. Desta forma, muitas espécies de peixes utilizam os estuários de diferentes formas ao longo do seu ciclo de vida, pois esses ambientes são importantes por que oferecem vários recursos alimentares, proteção contra predadores, local de reprodução e crescimento. Portanto, este estudo foi realizado para compreender a distribuição espacial das espécies de peixes no Golfão Maranhense e identificar quais os fatores que influenciam a sua distribuição. Foram definidos três pontos amostrais em cada um dos 13 estuários estudados, sendo cada ponto definido em função da sua localização e tipo de ambiente. A captura dos peixes foi realizada por meio do uso redes de arrasto de com portas com as seguintes dimensões: seis metros de comprimento com três de altura e abertura de malha de um centímetro de entre nós opostos. As espécies foram classificadas em guildas tróficas, após a análise do conteúdo estomacal. Para isso foram analisados 10 estômagos por espécie em cada estuário, sendo identificados 21 itens alimentares e sete guildas tróficas. Do total das espécies analisadas apenas 14 apresentaram plasticidade alimentar, sendo classificadas em mais de um tipo guilda trófica. Fosfato, Silicato, Matéria Orgânica em Suspensão e pH foram os fatores ambientais que apresentaram a maior influência na distribuição das guildas Planctívora, Carnívora e Larvófaga, enquanto a Clorofila, Condutividade, Oxigênio dissolvido, Nitrito, Feopigmento e Sólidos Dissolvidos Totais estiveram influenciaram a distribuição das guildas Detritívora, Invertívora, Piscívora e Onívora. Dessa forma, concluímos que a distribuição das guildas tróficas está condicionada a três fatores: as variáveis ambientais, a disponibilidade de recursos alimentares no ambiente e ao uso do habitat.

Palavras-chave: Diversidade de habitats, recursos alimentares, organização trófica, estuários tropicais

1. Introdução

O Litoral Amazônico brasileiro possui a maior faixa contínua de manguezais do mundo (Souza-Filho et al., 2009; Nascimento et al., 2013), apresentando uma complexa rede hidrográfica, cujo o estuário principal é influenciado pelo rio Amazonas (Barthem, 1985).

O Golfão Maranhense está localizado na região oriental do Litoral Amazônico brasileiro, formando um complexo de estuários com uma vasta área de manguezais, recebendo uma intensa descarga de nutrientes dissolvidos e matéria orgânica oriundos de vários rios do Estado Maranhão e configurando estes locais como ambientes com grande produtividade primária e ricos em alimento natural (Pardal et al., 2011; Collaço et al., 2015). Essa rica produtividade natural do Golfão Maranhense somada a presença de inúmeros microhabitats como estruturas de emaranhados de troncos e raízes, bancos de macroalgas e fanerógamas marinhas e outros locais como canais, margens, poças de maré, planícies de maré, etc. são utilizados como áreas de proteção e refúgio para muitos animais (Aveline, 1980; Pereira-Filho et al., 2001; Spach et al., 2004; Nanjo et al., 2014).

Assim, os estuários que apresentam estas características consistem em locais ideais para o desenvolvimento de inúmeras espécies peixes, principalmente na fase de larva e juvenis. Porém, é preciso compreender o funcionamento da dinâmica estrutural dos estuários associadas as influências das relações tróficas, como o uso do habitat e a oferta de recursos alimentares na distribuição espacial dos peixes (Chen et al., 2011; Syvaranta et al., 2013; Abrantes et al., 2014). Pois, estudar essas relações tróficas possibilitam também determinar como as guildas tróficas estão distribuídas nesses ambientes (Silva et al., 2012). Dessa forma, para o reconhecimento da organização e relações tróficas em uma comunidade é necessário identificar os itens alimentares consumidos pelas espécies e descrever a composição das guildas tróficas (Mazzoni et al., 2010).

Portanto, a identificação dos itens alimentares é usada para determinar a classificação da estrutura trófica de uma comunidade de peixes, pois estas relações tróficas revelam informações valiosas sobre a relação das espécies com o ambiente em questão, um exemplo disso é o comportamento alimentar plástico que descreve o motivo de algumas espécies explorarem os mais variados recursos, mesmo com alterações temporais ou espaciais na oferta de alimentos (Gerking, 1994; Abelha et al., 2001).

Na busca para compreender os comportamentos e estratégias tróficas dos indivíduos quanto a mudanças no hábito alimentar se considera a teoria do forrageamento ótimo, que consiste na avaliação do custo e benefício dos custos energéticos envolvidos na procura, captura e manipulação das presas (MacArthur & Planka, 1966). As decisões tomadas sob a avaliação

de custos e benefícios podem considerar aspectos fisiológicos (fome, saciedade e custo energéticos) e ambientais (presença ou não de potenciais predadores) e qualidade do habitat (quantidade de presas disponíveis) (Chaves & Alves, 2010; Araújo & Lopes, 2011).

Por fim, algumas variações ambientais podem aumentar a disponibilidade de recursos alimentares, resultando na variedade de nichos tróficos, favorecendo a plasticidade trófica e aumentando a complexidade de relações tróficas que pode ser mensurado indiretamente por meio da distribuição das guildas tróficas nos ambientes (Abelha et al., 2001; Agostinho et al., 1997). Pois a distribuição desses grupos (guildas) de peixes que habitam estuários e áreas adjacentes ao redor do mundo, assim como as variáveis ambientais que estimulam sua variação espacial e temporal, são relativamente bem estudadas em estuários no mundo (Greenwood & Hill, 2003; Chícharo et al., 2006; Simier et al., 2006; Veiga et al., 2006; Lugendo et al., 2007; Crona & Rönnbäck, 2007; Jaureguizar et al., 2007). É nesse sentido que o presente trabalho visa compreender os padrões de distribuição das guildas tróficas de peixes no Golfão Maranhense com base nas variáveis ambientais e oferta dos recursos alimentares em diferentes estuários.

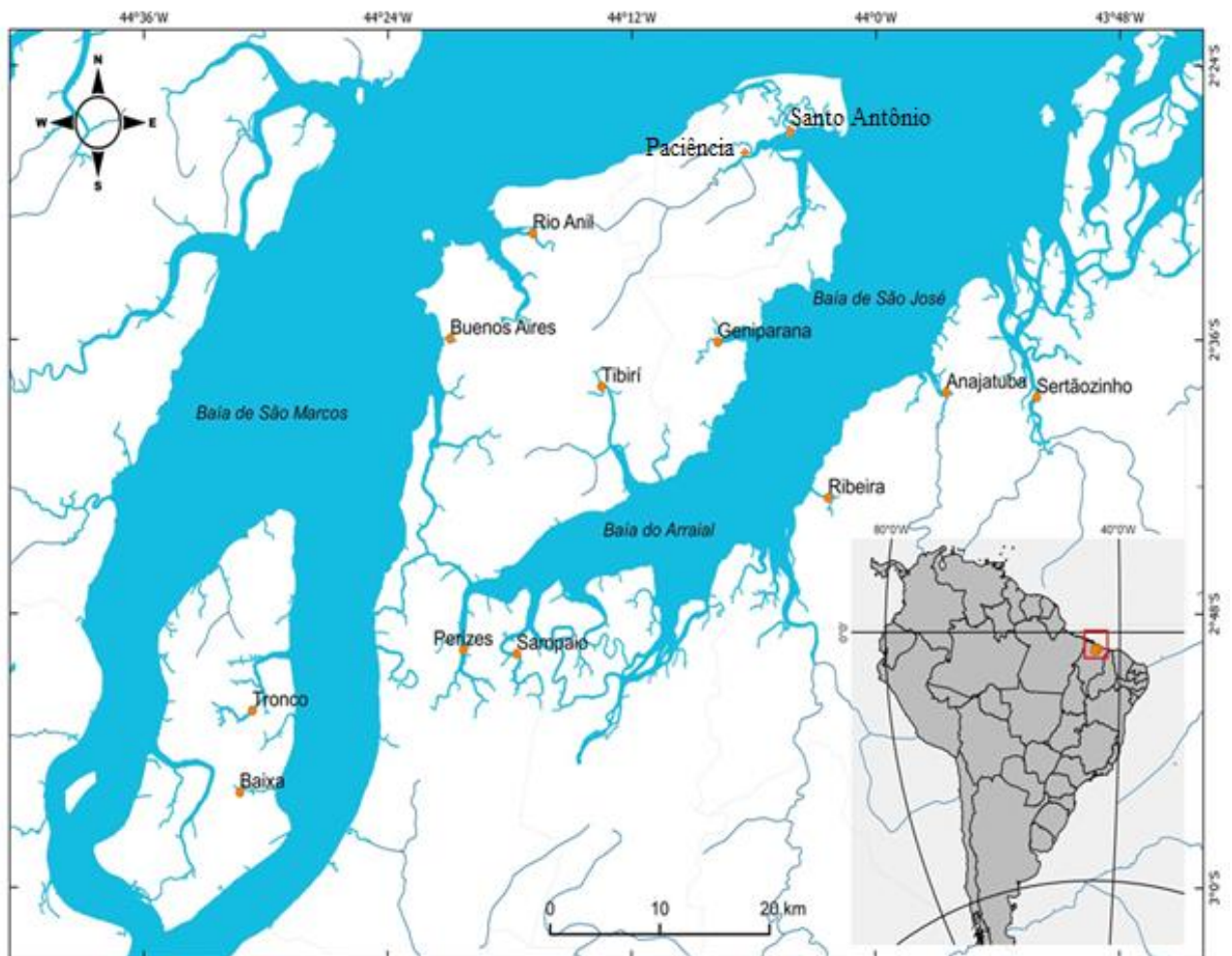
2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

O Golfão Maranhense constitui em uma área com mais de 4000 km², onde as águas do oceano Atlântico adentram o continente sobre vales fluviais convergentes, resultando em um padrão mixohalino horizontal da massa de água, conferindo-lhe um caráter tipicamente estuarino (Damazio et al., 1989). Em decorrência da sua extensão e da dinâmica hídrica oceano-fluvial há a configuração de um complexo estuarino constituído pelas baías de Arraial, baía de Cumã, baía do Tubarão; baía de São Marcos e baía de São José; ainda é possível encontrar várias ilhas como: a Ilha do Cajual, Ilha dos Caranguejos, Ilha de Curupu, Ilha das Irmãs, Ilha do Medo, Ilha das Pacas, Ilha Pequena, Ilha Ponta Grossa, Ilha de Tauá Mirim, Ilha de Tauá Redonda, Ilha do Livramento e a Ilha do Maranhão que é a maior de todas (Figura 1).

O regime de maré do Golfão Maranhense é caracterizado como macromarés semidiurnas, com variações de amplitude na maré de sizígia entre 4,9 m a 7,2 m (DHN, 2014) e o clima da região é fortemente influenciado pela Zona de Convergência Intertropical que é responsável pelo deslocamento da massa de ar equatorial marítima que resulta em dois períodos climáticos bem definidos: um período chuvoso e um período de estiagem, com médias elevadas entre 1600 e 2000 mm e temperatura média de 24°C (Cohen et al., 1989).

Figura 1: Complexo de estuários no Golfão Maranhense.



2.2 Amostragem

As amostragens foram realizadas em treze estuários localizados no Golfão Maranhense (Figura 1), sendo que para cada estuário foram definidos três pontos para amostragem em diferentes tipos de ambientes. O método utilizado de captura de peixes foi o arrasto de uma rede

de porta (trawnet) de 6 metros de comprimento com 3 de largura e abertura de malha de 1centímetro entre nós opostos.

2.3 Dados ambientais

Para a coleta da água foi usada a garrafa oceanográfica do tipo van Dorn, lançada a profundidade de 0,5 m, depois o conteúdo foi colocado em frascos de polietileno, sendo 4 frascos de 500 ml por ponto (dois frascos para análise de pigmentos clorofilados e dois para análise de TSS/MOS). A bordo os frascos foram armazenados e refrigerados, e ao desembarcar foram congelados e armazenados em um refrigerador a temperatura de -20°C.

Os Sólidos Totais em Suspensão foram determinados por medida gravimétrica, segundo as metodologias descritas em Strickland & Parsons (1972) e Apha (2001).

Antes da coleta, foram preparados filtros de acetato de celulose da marca Sartorius®, com porosidade nominal de 0,45 µm e 47 mm de diâmetro. A água contida de cada frasco foi submetida à duas filtrações com dois filtros. O filtro inserido no aparelho de filtração com o auxílio de uma pinça, a bomba a vácuo e passou por três vezes em água destilada para a lavagem dos filtros. Posteriormente, os filtros foram colocados para secar na estufa a 100°C por uma hora. Em seguida, os filtros passaram pela ignição em forno mufla a 450°C por quinze minutos. Em seguida, foram colocados em um dessecador para esfriar e ao atingir a temperatura ambiente foram pesados em balança analítica com precisão de $\pm 0,0001$ g. Os pesos iniciais (A) foram anotados.

Para a análise do Sólidos totais em suspensão, as amostras de água coletadas foram homogeneizadas e transferidas para uma proveta graduada em um volume que variava de acordo com a cor da água, onde para a amostra mais turva, filtrava-se um volume menor; o volume filtrado variou de 100 a 500 ml. Foram usados dois filtros para a filtração de cada amostra. Com o uso de uma pinça, os filtros foram colocados no equipamento de filtração, a parte superior do aparato foi rosqueada, a amostra foi despejada lentamente sobre o filtro dentro do aparelho de filtração e a bomba foi ligada. Quando toda a água foi filtrada, a bomba foi desligada, o vácuo foi retirado de dentro do aparelho de filtração e o filtro foi retirado com uma pinça, dobrado e colocado em uma bandeja com a identificação dos filtros. O volume filtrado para cada amostra foi anotado.

Após a filtração, os filtros foram levados à estufa a 100°C por uma hora. Em seguida, colocados no dessecador para resfriar e, posteriormente, pesados em balança analítica com precisão de $\pm 0,0001$ g. O peso obtido (B) foi anotado para ser aplicado nos cálculos.

$$TSS (mg L^{-1}) = \frac{(B - A) \times 1000}{\text{volume filtrado da amostra (mL)}}$$

Onde:

A = peso do filtro (mg);

B = peso do filtro + resíduo seco (mg).

Para a Matéria Orgânica em Suspensão foi analisada por meio da medida gravimétrica de acordo com a metodologia descrita em Apha (2001).

Os filtros utilizados para a determinação de TSS foram levados ao forno mufla, em cadinhos de porcelana, a uma temperatura de 450°C por duas horas e trinta minutos. Após esse período, a mufla foi desligada, os filtros permaneceram dentro dela até que esfriasse um pouco e em seguida ao serem retirados foram levados ao dessecador até temperatura ambiente para serem pesados em balança analítica com precisão de $\pm 0,0001$ g. O peso obtido (C) foi anotado para ser aplicado nos cálculos de MOS.

$$MOS (mg L^{-1}) = \frac{(B - C) \times 1000}{\text{volume filtrado da amostra (mL)}}$$

Onde:

B = peso do filtro + resíduo seco antes da ignição (mg)

C = peso do filtro + resíduo seco depois da ignição (mg)

Para a determinação dos nutrientes dissolvidos nas amostras utilizou-se as metodologias de métodos colorimétricos descritas por Grasshoff et al. (1999). A princípio, antes de cada análise de nutrientes é realizada uma curva de calibração a partir de uma solução padrão do nutriente, onde se conhece a concentração da mesma. Com essa curva é possível determinar a relação entre a concentração e a absorvância do nutriente presente na amostra. As leituras das absorvâncias do composto foram feitas através do aparelho espectrofotômetro UV-Vis Biospectro® SP-22.

A clorofila- α foi determinada por espectrofotometria na faixa de luz visível, segundo a metodologia sugerida por Jeffrey & Humphrey (1975).

Segundo o método as amostras de água são filtradas em filtro de acetato de celulose com aproximadamente 0,45 µm de porosidade nominal e 47 mm de diâmetro. O volume filtrado será devidamente anotado. A pressão de filtração não ultrapassa a 25 mmHg (5" Hg).

A extração de clorofila é feita pela adição de 15 ml de solução de acetona 90% em tubos de centrífuga contendo os filtros, os quais foram macerados e aguardando-se o tempo de extração (24 horas), sob a refrigeração de 4°C. Depois, os tubos são centrifugados a 4000 rpm por 10 minutos. Retirara-se delicadamente o sobrenadante dos tubos e este é colocado na cubeta de 1 cm de percurso óptico, fazendo a leitura das amostras nos seguintes comprimentos de onda: 480, 510, 630, 645, 647, 663, 664, 665 e 750 nm. O branco das cubetas também é lido em todos os comprimentos ópticos mencionados. Antes dos cálculos, as leituras de absorbâncias nos diversos comprimentos de onda são corrigidas pela subtração do branco das cubetas (de acordo com a cubeta utilizada) e da turbidez (absorbância medida em 750 nm). Para a determinação da concentração, utilizou-se o seguinte cálculo:

$$\text{Clorofila } - a \text{ (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{([11,85 \cdot \Delta 664 - (1,54 \cdot \Delta 647) - (0,08 \cdot \Delta 630)] \times v)}{V \times L}$$

Onde:

Δ = leitura das absorbâncias nos diferentes comprimentos de onda (630, 645, 665 e 750 nm);

v = volume da acetona a 90% (10 ml);

V = volume da amostra filtrada (L);

L = caminho óptico da cubeta (cm).

Os parâmetros físicos e químicos da água, tais como Oxigênio Dissolvido (OD, mg L⁻¹); Condutividade (mS cm⁻¹); Potencial Hidrogeniônico (pH) e Salinidade (g kg⁻¹) foram aferidos *in situ* por uma sonda multiparamétrica HANNA® HI 98194.

As amostras sedimentares foram submetidas a análises granulométricas em intervalos de ½ phi, adotando tratamento estatístico segundo Folk e Ward (1957). A moda granulométrica de cada amostra foi classificada segundo a morfoscopia adotando a classificação de Rittenhouse (1943) para a esfericidade, a classificação de Krumbein (1941) para o arredondamento e a classificação de Bigarella (1995) para textura superficial. Os aspectos relativos à cor das amostras sedimentares seguiram os parâmetros descritos em Munsell (2009).

2.4 Guildas tróficas

Primeiramente os peixes capturados foram identificados em nível de espécie com o auxílio de literatura especializada (Carpenter, 2002a; Carpenter, 2002b; Marceniuk, 2005; Marceniuk et al., 2012).

Em seguida, para a caracterização da estrutura trófica foi adotado a terminologia guildas tróficas a fim de classificar grupos de espécies com estratégias alimentares semelhantes (forrageio e dieta) (Root, 1967; Kalko et al., 1996; Blondel, 2003). O agrupamento de espécies de peixes em guildas tróficas foi realizado por meio da análise do conteúdo estomacal de dez exemplares de cada espécie capturada no estudo e de uma adaptação na classificação usada por Elliott et al. (2007) (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição das categorias tróficas das assembleias de peixes do Golfão Maranhense.

Guilda	Características
Detritívora	Para as espécies que consumiram principalmente matéria orgânica em avançado estágio de decomposição;
Zooplactívora	Espécies que consumiram predominantemente microcrustáceos planctônicos;
Larvófaga	Consumiram apenas larvas no geral;
Invertívora	Consumiram principalmente invertebrados, sem qualquer predominância;
Carnívora	Aqueles que consumiram itens de origem animal no geral, sem preferência aparente;
Onívora	Aqueles que consumiram amplamente itens de origem vegetal e animal, sem qualquer predominância;
Piscívora	Espécies que consumiram predominantemente peixe.

2.5 Análise dos Dados

A disposição dos recursos alimentares foi calculada a partir dos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais das espécies encontradas no presente estudo submetidos às análises dos índices ecológicos, como índice de diversidade de espécies Shannon e o Índice de Riqueza de Espécies. Para o cálculo da diversidade específica (H') utilizou-se o índice de Shannon (1948), estimado através da seguinte equação: $H' = -\sum_i p_i \log(p_i)$, onde: p_i = porcentagem de itens alimentares; \log = logaritmo na base 2. O resultado da diversidade é dado utilizando o seguinte critério de classificação (Valentin et al, 1991).

$\geq 3,0$ – alta diversidade

$< 2,0 \geq 1,0$ – baixa diversidade

$< 1,0$ – diversidade muito baixa

O Índice de Riqueza de Espécies proposto por Margalef (1958) baseia-se na relação entre o número de itens alimentares identificados para cada estuário e o número total de indivíduos coletados, calculada pela seguinte expressão: $d = (S-1)/\log N$, onde: S = número total de itens presentes; \log =logaritmo na base 2; N = número total de local amostrado. Valores de riqueza maiores que 5,0 significam grande riqueza (Valentin et al., 1991) para valores entre três e quatro foi considerado média riqueza e abaixo de três baixa riqueza.

As médias e desvios padrão foram calculados para todos os parâmetros ambientais de cada estuário, em seguida foi utilizado um teste de normalidade Shapiro-Wilk (W) para verificação da distribuição normal. Para os testes paramétricos foi usado a Análise de Variância - ANOVA monofatorial com teste *posteriori* de Tukey e para os dados não paramétricos foi utilizado a análise de variância de Kruskal-Wallis com teste *posteriori* Dunn, ambas análises para comparação das variáveis abióticas entre os estuários locais.

A Análise de Correspondência Canônica (ACC) é um método de ordenação tipicamente usado em pesquisas ecológicas, além de ser indicado como um dos métodos mais eficientes na análise direta de gradientes em comunidades (Rodríguez et al., 1997). A ACC foi aplicada sobre um conjunto de dados contendo informações sobre cada estuário estudado, guildas tróficas e variáveis ambientais (pH, Matéria Orgânica em Suspensão, Sólidos Dissolvidos Totais, Clorofila, Condutividade, Oxigênio dissolvido, Nitrito, Fosfato, Silicato e Feopigmento), tendo o objetivo de descrever as relações entre os espacial, ambiental e ecológico no Golfão Maranhense. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R, versão 3.3.2 (2016), utilizando como nível de significância o valor $\alpha=0,05$.

3. Resultados

Foi registrando um total de 21 itens alimentares, correspondentes à disponibilidade de recursos alimentares presentes em 13 estuários amazônicos. Os recursos alimentares constaram de larva de lagostim (*Alpheus chacei*), caranguejo chama-maré (*Uca* sp.) ostra (*Cassotrea rhizophorae*), sarnambi (*Anamolocardia brasiliiana*), tarioba (*Iphigenia brasiliense*), sururu (*Mytella* sp.), larvas de inseto (Trichoptera), microalgas (Bacillariophyta), sedimento/detrimento orgânico, camarão (Penaeidae), copépodos, poliquetas, sementes de vegetais, cracas, larvas de peixes, ovos de peixes, pedaços de lulas, escamas de peixes, siri (*Callinectes* sp), caranguejo Uçá (*Ucides cordatus*) e peixes ósseos distribuídos nos estuários (Tabela 2).

O item caranguejo chama-maré (*Uca sp*) e os peixes ósseos apareceram no conteúdo estomacal dos peixes analisados de todos os estuários. O caranguejo chama-maré (*Uca sp*) foi frequente na dieta de várias espécies, com destaque para *Stellifer rastrifer*, *Stellifer naso* e *Colomesus psittacus* compondo 60%, 70% e 80%, respectivamente, dos itens alimentares identificados no conteúdo estomacal dessas espécies. Ainda nesse contexto, os estuários de Perizes e Tronco foram os que apresentaram maior disponibilidade recursos alimentares, enquanto os estuários de Anajatuba e Baixo apresentaram a menor disponibilidade de recursos, com apenas três itens alimentares em ambos (Tabela 2)

Tabela 2: Disponibilidade de recursos alimentares em estuários do Golfão Maranhense: Rio Anil (Ria), Sertãozinho (Sert), Tibiri (Tib), Buenos Aires (Bua), Anajatuba (Ana), Perizes (Per), Ribeira (Rib), Tronco (Tro), Sampaio (Sam), Geniparana (Gen), Paciência (Pac), Baixo (Bai) e Santo Antônio (San).

Itens consumidos	Ria	Ser	Tib	Bua	Ana	Per	Rib	Tro	Sam	Gen	Pac	Bai	San
Larva (<i>Alpheus chacei</i>)			x	x		x	x	x		x		x	
Caranguejo <i>Uca</i> sp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ostra (<i>C. rhizophorae</i>)		x			x		x			x	x		
Sarnambi (<i>A. brasiliiana</i>)	x	x							x	x	x		
Tarioba (<i>iphigenia brasiliense</i>)										x	x		
Sururu (<i>Mytella</i> sp.)	x			x		x		x		x	x		
Larva (Trichoptera)	x					x		x					
Bacillariopytas			x	x		x		x		x			
Sedimento/Detritos	x		x	x		x		x			x		
Camarão (Penaeidae)			x	x		x		x			x		x
Copépoda		x	x	x		x		x					x
Peixes ósseos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Poliqueta			x	x									
Sementes de vegetais						x		x					
Craca	x	x							x	x	x		
Larva de peixe						x		x	x			x	
Ovos de peixe		x				x		x	x			x	
Pedaços de lula											x		
Escamas de peixes						x					x		
Caranguejo (<i>Ucides cordatus</i>)								x				x	
Siri (<i>Callinectes</i> sp)											x		

As espécies da assembleia de peixes do Golfão Maranhense foram classificadas em sete guildas tróficas: Detritívora, Zooplantívora, Carnívora, Piscívora, Invertívora, Onívora e Larvófaga. Os estuários de Perizes e Geniparana apresentaram o maior número de guildas tróficas, sendo que a guilda Carnívora foi a mais abundante no Golfão Maranhense (Figura 2). As guildas Carnívora e Invertívora ocorreram em todos os estuários, enquanto a guilda Zooplantívora foi registrada em 76,9% dos estuários e a guilda Larvófaga ocorreu apenas na baía do Arraial.

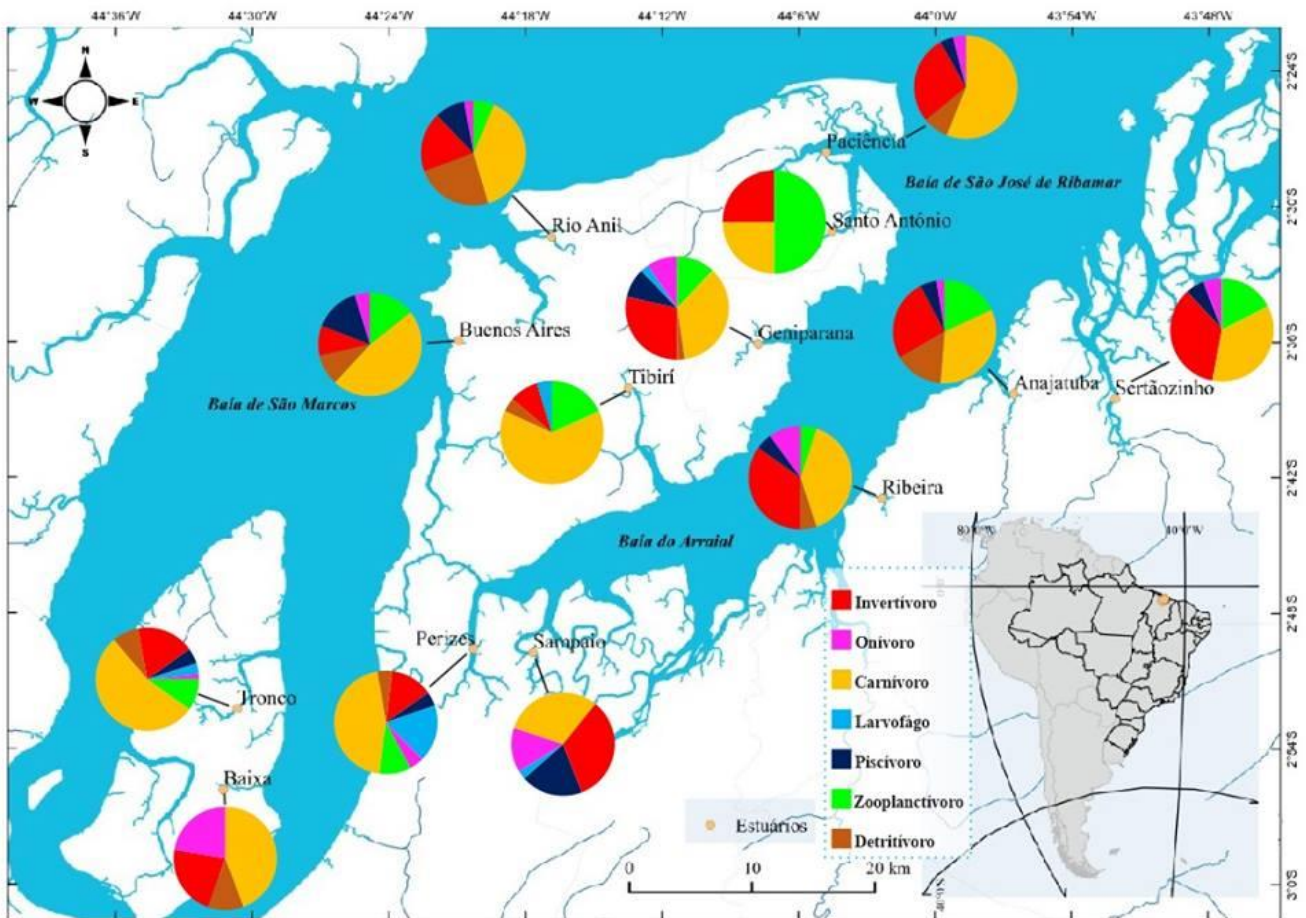


Figura 2: Distribuição das guildas tróficas de peixes no Golfão Maranhense.

O Índice de diversidade mostrou que a disponibilidade de alimentos nos estuários estudados é alta, pois 61,2% dos estuários apresentaram alta diversidade e 30,7% dos estuários foram classificados com média diversidade (Figura 3A). Já o Índice de Riqueza de Margalef indicou que 23% dos estuários estudados tem grande riqueza e 38% dos estuários com média riqueza e os outros 38% com baixa riqueza (figura 3B).

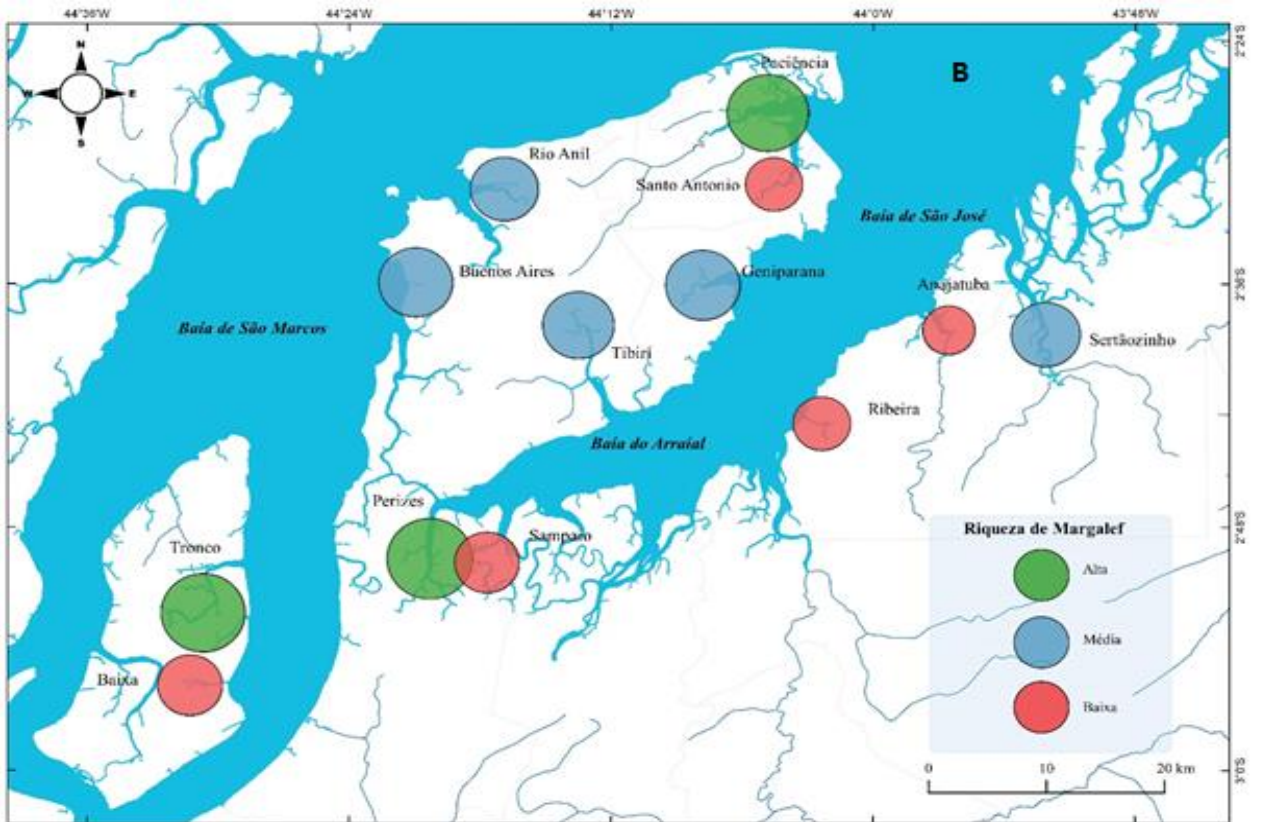
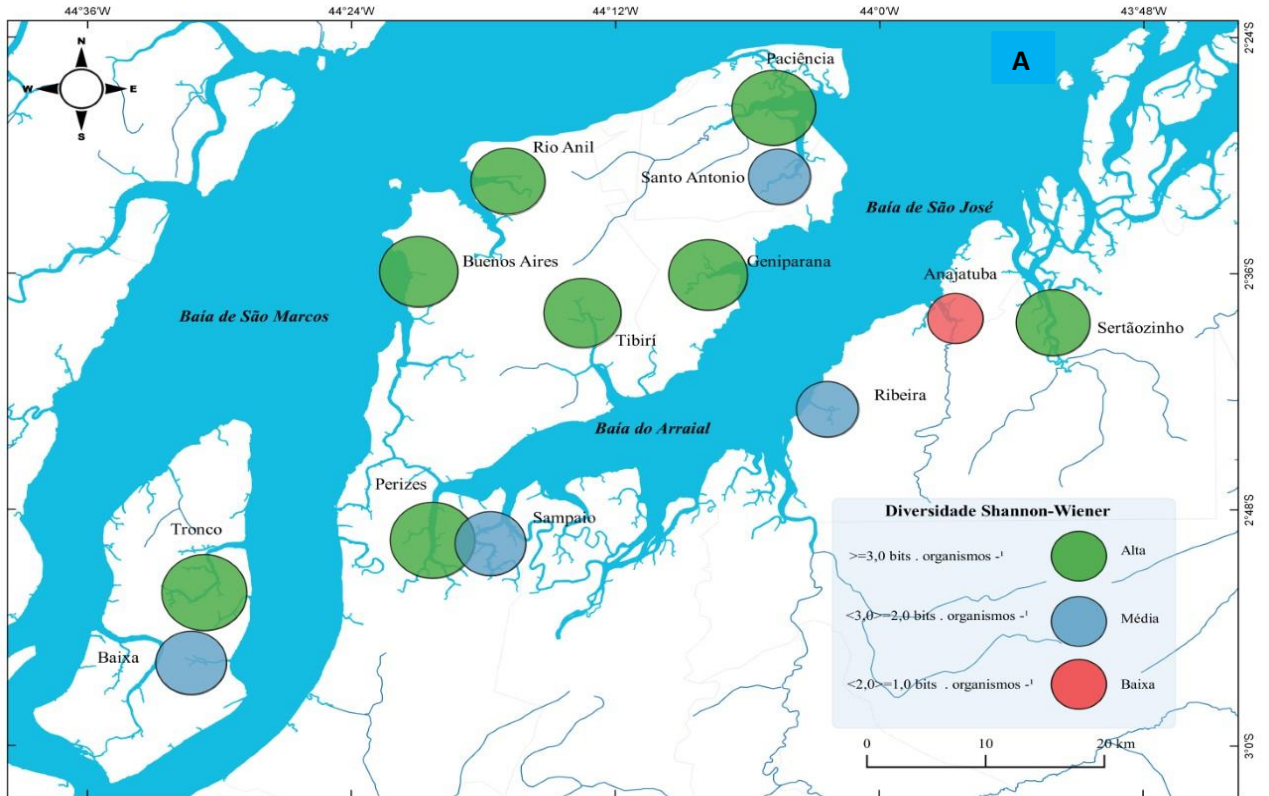


Figura 3. Distribuição dos índices ecológicos: A) Diversidade de Shannon-Wiener; B) Riqueza de Margalef;

Tabela 3. Classificação das espécies de peixes quanto as guildas tróficas nos estuários. Rio Anil (RIA), Sertãozinho (SERT), Tibiri (TIB), Buenos Aires (BUA), Anajatuba (ANA), Perizes (PER), Ribeira (RIB), Tronco (TRO), Sampaio (SAM), Geniparana (GEN), Paciência (PAC), Baixo (BAI) e Santo Antônio (SAN) no Golfão Maranhense. Atribuiu-se: Carnívora (Car), Zooplantívora (Zoop), Detrívora (Det), Invertívora (Inv), Piscívora (Pis), Larvófaga (Lar) e Onívora (Oni). As espécies assinaladas por asterisco (*) apresentaram guildas diferentes nos estuários estudados.

ESPÉCIES	RIA	SER	TIB	BUA	ANA	PER	RIB	TRO	SAM	GEN	PAC	BAI	SAN
<i>Odontognathus mucronatus</i>			Zoop										
<i>Anchoa spinifer</i>		Car	Car			Car		Car			Car	Car	
<i>Anchovia surinamensis</i>						Det							
<i>Anchoviella elongata</i>		Zoop				Zoop		Zoop					
<i>Cetengraulis edentulus</i>			Zoop	Zoop	Zoop	Zoop				Zoop			
<i>Lycengraulis batesii</i> *						Car	Inv	Inv			Inv		Inv
<i>Lycengraulis grossidens</i>		Zoop		Zoop	Zoop	Zoop			Zoop	Zoop	Zoop		
<i>Rhinosardinia sp.</i>								Zoop					
<i>Amphiarius rugispinis</i>						Car							
<i>Aspistor quadriscutis</i>		Pis								Pis			
<i>Bagre bagre</i>			Inv			Inv		Inv				Inv	
<i>Bagre marinus</i>						Car							
<i>Cathorops arenatus</i>								Car					
<i>Cathorops agassizii</i> *					Car					Pis			
<i>Cathorops melanopus</i>							Car						
<i>Cathorops spixii</i> *	Det		Det	Pis	Pis		Pis	Pis	Pis	Pis	Car		
<i>Genidens barbatus</i>								Inv					
<i>Sciades couma</i>						Car							
<i>Sciades herzbergii</i> *				Pis						Inv			
<i>Sciades passany</i>	Pis												
<i>Sciades proops</i> *	Car			Inv	Car	Inv		Car		Car	Inv		
<i>Aspredinichthys filamentosus</i> *						Lar	Inv	Lar				Lar	
<i>Aspredinichthys tibicen</i>				Lar		Lar		Lar					
<i>Aspredo aspredo</i> *						Lar			Inv				

Continuação tabela 3.

<i>Pseudauchenipterus nodosus</i>	Det			Det	Det	Det	Det	Det		Det		Det	
<i>Batrachoides surinamensis</i>			Car	Car	Car					Car			
<i>Thalassophryne nattereri</i>					Inv								
<i>Hyporhamphus roberti</i>										Oní			
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>		Inv											
<i>Selene vomer</i> *	Inv		Car									Car	
<i>Caranx sp.</i>													Inv
<i>Oligoplites saurus</i>												Inv	
<i>Oligoplites palometa</i>	Zoop												
<i>Trachinotus cayennensis</i>								Inv					
<i>Trachinotus falcatus</i>												Inv	
<i>Trichopsetta sp.</i>	Inv												
<i>Achirus achirus</i> *	Zoop		Inv		Zoop			Zoop	Zoop			Inv	Car
<i>Achirus lineatus</i> *	Car					Car						Car	Inv
<i>Trinectes maculatus</i>												Lar	
<i>Citharichthys sp.</i>	Inv				Inv		Inv		Inv			Inv	
<i>Symphurus diomedeanus</i>				Inv		Inv	Inv						
<i>Trichiurus lepturus</i>	Car	Car						Car		Car	Car		
<i>Centropomus parallelus</i>	Inv												
<i>Eugerres plumieri</i>	Oní												
<i>Genyatremus luteus</i> *	Car	Car	Car	Car	Car	Inv	Car	Oní	Car	Zoop	Car	Car	Car
<i>Lutjanus alexandrei</i>												Pis	
<i>Chaetodipterus faber</i>	Oní	Oní					Oní			Oní	Oní	Oní	
<i>Cynoscion guatucupa</i>				Car			Car	Car	Car		Car	Car	

Continuação tabela 3.

<i>Cynoscion jamaicensis</i>									Car		Car	Car	
<i>Cynoscion microlepidotus</i>									Car			Car	
<i>Cynoscion similis</i>												Pis	
<i>Cynoscion virescens</i>											Car		
<i>Stellifer naso</i> *	Inv	Car	Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	Pis	Inv	Car	
<i>Stellifer rastrifer</i> *	Inv	Inv	Inv	Inv		Inv	Inv	Inv	Inv	Inv		Pis	Inv
<i>Stellifer stellifer</i>	Car		Car			Car	Car	Car	Car		Car	Car	
<i>Stellifer venezuelae</i>			Car			Car		Car	Car	Car			Car
<i>Macrodon ancylodon</i>			Car	Car		Car	Car	Car	Car	Car			Car
<i>Menticirrhus littoralis</i>						Car							Car
<i>Gobioides broussonnetii</i>						Zoop	Zoop						
<i>Gobionellus oceanicus</i>	Oní					Oní				Oní			
<i>Mugil curema</i> *											Zoop		Det
<i>Mugil incilis</i>											Det		
<i>Colomesus psittacus</i>	Inv			Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	
<i>Lagocephalus laevigatus</i>			Car								Car		
<i>Sphoeroides greeleyi</i>	Inv	Inv			Inv		Inv				Inv	Inv	
<i>Chilomycterus antillarum</i>										Inv			

Das 66 espécies de peixes analisadas em estuários do Golfão Maranhense, 14 espécies apresentaram classificações de guildas tróficas diferentes entre os estuários onde foram encontrados (Tabela 3). Após esta constatação as espécies foram selecionadas para que fosse analisado este aspecto dos seus comportamentos trófico, como é ilustrado na figura 4. A espécie *Genyatremus luteus* foi a espécie que apresentou maior variação da classificação trófica na comunidade de peixes no Golfão Maranhense, porém na maioria dos estuários esteve presente na guilda Carnívora. Além disso, apenas três espécies foram representadas como pertencentes em três guildas tróficas: *Cathorops spixii*, *Achirus achirus* e *Stellifer naso*. As demais espécies apresentaram diferentes variações entre as duas guildas que foram classificadas.

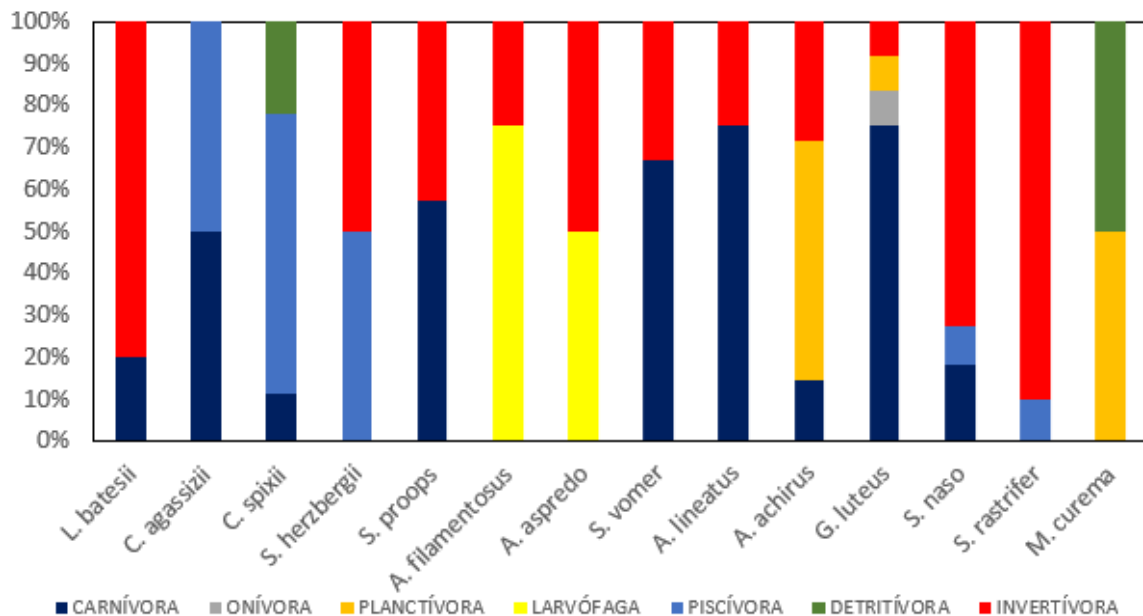


Figura 4: Distribuição das espécies de peixes estuarinos que apresentaram participação em mais de uma guilda trófica descritas no Golfão Maranhense.

A Análise de Correspondência Canônica mostrou que as variáveis Fosfato, Silicato e Matéria Orgânica em Suspensão influenciaram a guilda Larvófaga no estuário Perizes. Por outro lado, Condutividade, Oxigênio Dissolvido, Nitrito, Feopigmento e Sólidos Dissolvidos Totais se associaram com as guildas Invertívora, Piscívora e Onívora nos estuários Baixo, Geniparana, Ribeiro, Sampaio e Sertãozinho. Por fim, as variáveis Clorofila e pH estiveram associadas com as guildas Panctívora, Carnívora e Detritívora nos estuários Anajatuba, Anil, Buenos Aires, Paciência, Santo Antônio, Tibiri e Tronco.

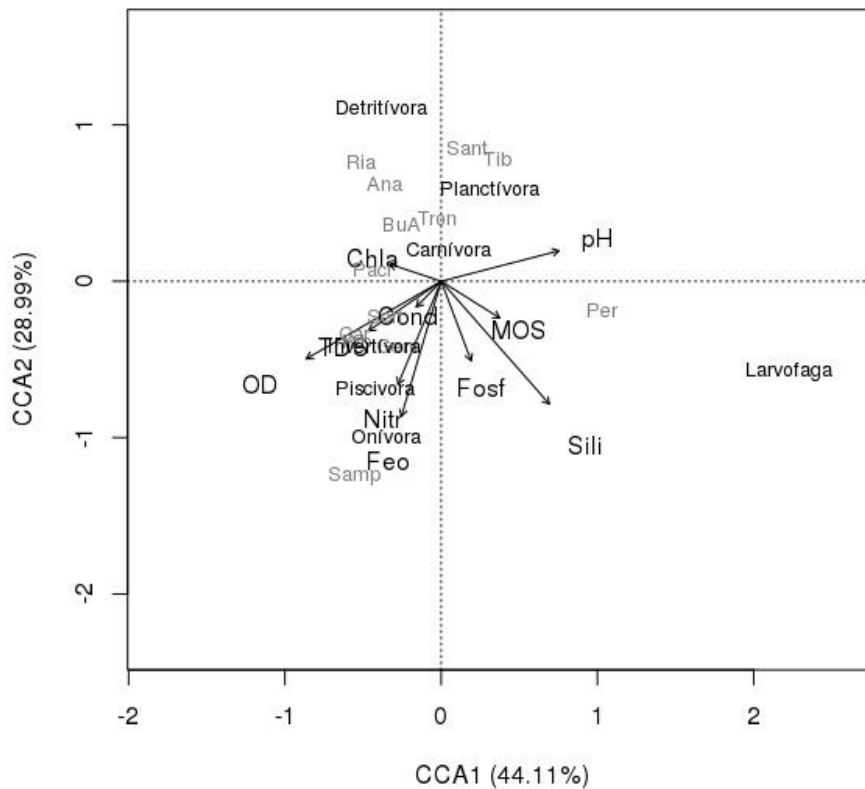


Figura 5: Diagrama de ordenação gerado pela Análise de Correspondência Canônica para as guildas tróficas de peixes juvenis e variáveis ambientais.

De modo geral as características físico-químicas apresentaram pequenas variações entre os treze estuários do Golfão Maranhense. Dessa forma, especialmente as variáveis transparência da água ($8,0 \pm 3,45$) e oxigênio dissolvido ($4,04 \pm 0,76$), sendo maiores no estuário de Sertãozinho. A temperatura ($29,37 \pm 0,28$), silicato ($49,20 \pm 11,27$) e FeO ($34,96 \pm 12,63$) apresentaram as maiores médias no estuário de Sampaio. Por outro lado, salinidade ($32,21 \pm 0,24$), condutividade ($49,19 \pm 0,34$), fosfato ($0,45 \pm 0,07$) e nitrito ($0,59 \pm 0,17$) foram maiores para o estuário Rio Anil. As médias de TSS ($562,53 \pm 135,04$) e MOS ($67,27 \pm 10,32$) foram maiores em Geniparana. Por fim, os demais parâmetros, como o pH ($7,91 \pm 0,07$) tiveram maior registro em Anajatuba e profundidade do Local ($10,1 \pm 2,76$) foi maior no estuário Tronco e a clorofila ($25,05 \pm 21,03$) apresentou maior média no estuário Baixa (Tabela 4). Os testes estatísticos aplicados sobre as variáveis ambientais mostraram diferenças estatísticas entre os estuários estudados, revelando a existência da heterogeneidade ambiental entre os estuários do Golfão Maranhense (Tabela 5).

Tabela 4. Média dos parâmetros ambientais para cada um dos estuários do Golfão Maranhense.

Estuário	Prof. (m)	Tranp.(m)	Temp. °C	Sali. (g kg-1)	Cond. (mS cm-1)	pH	OD (mg L-1)	TSS (mg L-1)	MOS (mg L-1)	Fosfato	Nitrato	Silicato	Clor. a (mg m-3)	Feo pig. (mg m-3)
Sertãozinho	6,8	8,00	28,60	29,59	45,56	7,78	4,04	30,20	7,60	0,16	0,10	18,19	8,82	14,87
Anajatuba	4,0	4,0	28,15	30,83	47,32	7,91	3,33	103,93	19,06	0,22	0,36	19,00	20,18	38,54
Ribeira	7,4	4,4	29,07	28,45	44,05	7,89	3,94	151,46	26,13	0,26	0,35	25,43	14,52	22,79
Geniparana	2,2	2,8	28,71	31,96	48,55	7,82	3,93	562,53	67,26	0,16	0,16	20,85	13,71	23,06
Sampaio	7,1	2,3	29,37	28,07	44,31	7,61	3,40	47,82	12,70	0,43	2,43	49,20	15,86	34,96
Perizes	4,1	-	28,96	28,18	43,71	7,72	2,87	83,60	23,70	0,30	0,32	29,56	11,11	21,20
Tibirí	7,1	2,9	28,93	27,86	43,24	7,66	2,72	218,63	30,90	0,09	0,84	38,58	8,29	12,48
Buenos Aires	4,2	1,4	29,28	29,33	46,81	7,95	3,26	177,40	29,50	0,19	0,19	21,57	6,35	15,38
Rio Anil	4,1	2,0	27,90	32,21	49,19	7,50	2,90	59,80	11,46	0,45	0,58	14,84	11,80	15,90
Tronco	10,10	1,9	29,02	25,51	39,96	7,60	3,07	149,17	24,31	0,13	0,37	32,87	8,25	8,32
Baixa	4,8	3,1	28,70	25,22	39,54	7,80	3,73	106,46	21,66	0,17	0,13	28,09	25,04	30,77
Santo Antônio	3,80	2,70	28,18	20,61	31,10	15,56	2,05	89,66	18,22	0,08	0,10	18,32	3,87	10,82
Paciência	6,70	2,50	28,15	19,31	33,80	17,28	2,86	96,56	14,56	0,12	0,20	16,22	7,21	9,35

Tabela 5. Resumo dos resultados estatísticos ANOVA monofatorial e Kruskal-Wallis para as variáveis ambientais entre os estuários. * valor significativo ($p < 0,05$).

Váriaveis ambientes	ANOVA one-Way (F)	$p(F)$	Kruskal-Wallis (H)	$p(H)$
Prof. do Local			15,94	0,06
Tranp. Água	4,47	0,009*		
Temperatura	2,39	0,03*	-	-
Salinidade	4,11	0,002*	-	-
Condutividade	-	-	27,86	0,003*
pH	-	-	23,14	0,01*
OD	2,18	0,05	-	-
TSS	-	-	27,44	0,02*
MOS	-	-	25,83	0,03*
Fosfato	-	-	28,3	0,01*
Nitrito	-	-	26,81	0,002*
Silicato	-	-	26,32	0,003*
Clorofila	-	-	19,18	0,03*
FEO	-	-	22,12	0,02*

Os testes *posteriori* de Tukey e Dunn foram realizados a partir dos resultados obtidos pelas análises de variâncias, ANOVA monofatorial e Kruskal-Wallis, respectivamente. Os resultados mostram agrupamento entre os estuários similares em função das semelhanças dos fatores abióticos apresentados (Tabela 6)

Tabela 6. Resumo dos resultados estatísticos dos testes a *posteriori* de Tukey e Dunn para variáveis ambientais entre os estuários com valor significativo de ($p < 0,05$).

Variáveis ambientais	Tukey (p)	Dunn (p)	Ambientes/estuários
Temperatura	0,02		Sampaio e Rio Anil
Silicato	0,001 á 0,01		Sampaio
Profundidade	0,04 e 0,01		Tronco/Anajatuba/ Geniparana
Salinidade		0,001 e 0,05	Baixa
TSS		0,001 á 0,02	Maioria dos estuários
Condutividade		0,001 e 0,05	Baixa
MOS		0,001	Sertãozinho
Fosfato		0,007 e 0,004	Rio anil/Baixa/ Geniparana
Nitrito		0,01 e 0,02	Tibiri/Baixa/ Geniparana
Clorofila		0,02 e 0,006	Buenos Aires/ Geniparana/Sampaio
Transparência da água		0,004 e 0,005	Buenos Aires e Rio Anil
pH		0,01	Buenos Aires

4. Discussão

Os resultados apresentados sobre a distribuição espacial das guildas tróficas de peixes estuarinos no Golfão Maranhense revelaram que os fatores mais atuantes no seu processo de distribuição foram a oferta de recursos alimentares e a estrutura ambiental.

A avaliação do espectro trófico mostrou que a maioria dos peixes explora notoriamente a diversidade de organismos disponíveis nos ambientes estuarinos do Golfão Maranhense. Desta forma, o caranguejo chama-maré (*Uca sp.*), os peixes ósseos, as larvas de *Alpheus chacei* e os moluscos bivalves foram os itens alimentares mais abundantes nos conteúdos estomacais analisados, sugerindo que são os principais recursos alimentares mais disponíveis nos ambientes. Portanto, estes itens alimentares mais abundantes podem ser considerados como “itens-chave” na manutenção das espécies e na dinâmica trófica do sistema estuarino como foi descrito por Pereira et al. (2007) e Ximenes (2014).

Portanto, a abundância dos recursos alimentares mais importantes é geralmente mencionada como uma das características mais marcantes para resultar na diversidade de organismos em ambientes estuarinos (Deus & Petreire-Junior, 2003; Giberto et al., 2007). Dessa forma, os nossos resultados confirmam que a disponibilidade de recursos alimentares pode funcionar como base para a segregação dos nichos, sendo o combustível para a estruturação das comunidades de peixes.

A dinâmica das assembleias e os aspectos funcionais de cada espécie no ambiente podem ser melhor compreendidas se conhecermos a forma de organização trófica desses animais, pois assim podemos identificar os fatores que influenciam na organização e estrutura da comunidade (Pimentel et al., 2018). Por outro lado, a distribuição das guildas tróficas descritas neste estudo também parece apontar a vulnerabilidade de alguns estuários no Golfão Maranhense, pois segundo Mourão et al. (2014) quanto maior for o número de guildas tróficas em um ambiente, maior será a sua integridade. Em função disso, a ausência de guildas como a herbívora e a baixa ocorrência da guilda onívora pode sugerir algum desequilíbrio ambiental que pode ser causado pelas alterações antropogênicas (Corrêa, 2005; Elliott et al., 2007; Gregório e Mendes, 2009), sendo possível que a falta de tratamento de esgoto de São Luís tenha grande contribuição nesta configuração (Trindade et al., 2011; Silva et al., 2009).

A diversidade de espécies e o uso de habitat inferido a partir das guildas tróficas do presente estudo estão correlacionadas com a estrutura dos estuários, pois os padrões de distribuição espacial dos peixes estuarinos tropicais estão associados principalmente com o

formato estrutural do ambiente, bem como as suas particularidades (Blaber, 2000). O Golfão Maranhense, assim como todo o Litoral Amazônico brasileiro, é um sistema estuarino resultante de uma combinação complexa que configura sua estruturação a partir de uma ampla área de drenagem de rios e vasta cobertura vegetal formada pelo mangue em toda sua extensão (Pereira et al., 2012). Portanto, a área estudada apresenta todos os pré-requisitos estruturais para abrigar maiores riquezas e densidades de peixes (Green et al., 2006), propiciando também refúgio natural para inúmeros indivíduos juvenis (Lacerda, 1984; Mullin, 1995; Marques & Creed, 2008; Coles et al., 2011; Oliveira & Pesanha, 2014).

A configuração da estrutura trófica encontrada nos estuários do Golfão ilustra alguns aspectos sobre o uso de habitat pelas espécies. A guilda carnívora possui um amplo espectro de possibilidades para a exploração dos recursos alimentares, pois aparentemente abrange também outras guildas como larvófagas, planctívoras, invertívoras e piscívoras. Porém, avaliando o critério da classificação destas guildas é possível notar diferentes estratégias utilizadas pelas espécies estudadas ao longo da coluna d'água. Por exemplo, a guilda invertívora pode indicar comportamento de forrageio no ambiente bentônico; as espécies larvófagas e planctívoras exploram itens de tamanhos diferentes na superfície da água; e espécies piscívoras mostram a habilidade vágil na perseguição presente em espécies nectônicas.

Outro ponto que deve ser considerado é que o ambiente estuarino estudado apresenta diferentes graus de vulnerabilidade, características abióticas e diversidade biológica, resultando em várias formas de exploração do habitat pelos peixes da comunidade local. Por outro lado, é possível observar a polivalência de algumas espécies quanto ao mecanismo de exploração alimentar utilizado, sendo geralmente denominados de plasticidade trófica, principalmente em ambientes com elevada diversidade de recursos alimentares. Portanto, a utilização das guildas tróficas nos estudos científicos é a compreensão mais perceptível da dinâmica da comunidade (e.g. variedade de microhabitats, condições ambientais) em termos funcionais dentro ambiente (Gerking, 1994; Esteves & Lobón-Cerviá, 2001; Griffin et al., 2009; Fukami, 2010).

As características físico-químicas presentes no Golfão Maranhense mostram variações típicas do Litoral Amazônico Brasileiro, além disso, também são influenciadas pela descarga de rios volumosos, pelas macromarés, correntes, Zona de Convergência Intertropical etc (Castro et al., 2018). Este mesmo estudo enfatiza a influência do continente nas regiões costeiras em função do suprimento de nutrientes que ajudam sustentar as comunidades aquáticas. Assim, quando se considera a guilda Detritívora observa-se a sua ampla distribuição, podendo ocorrer em função do aporte da produção alóctone de nutrientes e também possuindo

um papel fundamental na compreensão dos processos de transferência de energia e matéria do ambiente terrestre para o ambiente marinho (Resende, 2000; Roche & Rocha, 2005).

Variações nos parâmetros abióticos geram características de heterogeneidade nos ambientes do Golfão Maranhense, como foi registrada recentemente em um estudo na região portuária, sendo que fatores como a profundidade e o hidrodinamismo podem contribuir na estrutura de comunidades de peixes (Silva et al., 2018). Assim, ao considerarmos a combinação dos 14 parâmetros abióticos mostraram-se diferentes para os 13 estuários estudados, ficando evidente a diferença na composição ictiológica e no uso de habitat, como foi verificado na distribuição das guildas tróficas dos peixes e na oferta de recursos alimentares.

A relação entre variáveis ambientais e a distribuição de organismos dentro dos estuários tem sido alvo mais frequentes de estudos (Marshall & Elliott, 1998; Whitfield, 1999; Akin et al., 2005; Lugendo et al., 2007; Crona & Rönnbäck, 2007; Jaureguizar et al., 2007; Azevedo et al., 2008; Shimadzu et al., 2013), principalmente estudos com peixes de estuários tropicais, pois estes estão sujeitos a uma variedade de interações entre os fatores físico-químicos e biológicos que determinam seus padrões de organização (Blaber, 2000; Silva et al., 2018). Consoante a isso, identificamos no presente trabalho a influência dos fatores abióticos na distribuição das guildas tróficas no Golfão Maranhense, a exemplo disso Fosfato e Silicato influenciaram negativamente na distribuição da guilda Planctívora, mesmo estes fatores sendo indispensáveis para o crescimento das microalgas (Azevedo et al., 2008), que por sua vez servem de alimento para o zooplâncton. Por outro lado, a ocorrência do Fosfato em concentrações altas pode estar relacionada com a vulnerabilidade desse ambiente (Silva et al., 2009; Trindade et al., 2011), pois essa variável ambiental pode estar associada às atividades antropogênicas (Protazio et al., 2004; Mendes Filho, 2009; Jesus, 2013).

Mesmo diante da grande oferta de alimentos é possível encontrar espécies com hábito alimentar especialista (Araújo – Lima et al., 1995; Lowe-McConnell, 1999; Abelha et al., 2001). Estas especificidades resultam na segregação alimentar das espécies peixes por meio do uso de diferentes estratégias alimentares (Caberty et al., 2004; Bennemann et al., 2006; Paiva et al., 2008, Cochán-Biederman & Winemiller, 2010). Apesar das espécies apresentarem o conjunto fenótipo especialista para determinado tipo de dieta é possível apresentar um comportamento alimentar incoerente com o que se espera diante da relação entre ecomorfologia e dieta, resultando na sua flexibilidade alimentar movida pelo reflexo da interação entre a qualidade ou quantidade do alimento disponível (Luz et al., 2001, Bining et al., 2009; Binings & Chapman, 2010; Brandl et al., 2015). Essa condição natural parece ser mais comum entre os

peixes do que em qualquer outro tipo de invertebrado terrestre, pois a partilha de recursos alimentares no ambiente apresentam forte componente biológico como condicionante, tais como tamanho das espécies e/ou indivíduos, riqueza de espécies, disparidades morfológicas, diversificações fisiológicas e ecológicas. Quando tudo isso parece se encaixar a espécie consegue maximizar seu ganho de energia, também conhecida pela teoria do forrageamento ótimo (Robinson & Wilson, 1998).

Portanto, a verificação de espécies com amplo espectro trófico presentes, indica que esta plasticidade trófica pode ser explicada com base da relação custo e benefício da obtenção destes recursos, minimizando o de investimento energia para o tempo de procura de itens alimentares e maximizando a sua sobrevivência e saciedade alimentar. As espécies de peixes que apresentaram plasticidade trófica no Golfão Maranhense mostraram um aspecto diferenciado em relação aos resultados dos estudos sobre ecologia trófica de peixes estuarinos existentes. A maioria dos estudos associam este comportamento à diferentes estágios ao longo do desenvolvimento ontogenético, porém no presente estudo as espécies plásticas apresentam basicamente a mesma coorte. Este importante achado mostra que a oferta de recursos alimentares sobrepuja qualquer propriedade cognitiva e anátomo-morfológica dos peixes que se acreditava influenciar na sua característica alimentar.

A plasticidade trófica identificada no Golfão Maranhense mostra adaptabilidade às flutuações na disponibilidade de recursos, o que Dias & Fialho (2011) também consideraram quando associaram este comportamento com a possibilidade de redução da competição interespecífica, permitindo sua coexistência. Por outro lado, um estudo sobre dieta de *Atherinella brasiliensis* mostrou que a maior disponibilidade de itens alimentares no ambiente estudado diminuiu o grau de especialização individual (Soares, 2016), porém outros estudos mostram que pode ocorrer o contrário em função da oferta dos itens preferenciais (Araújo et al., 2011). Essa dissonância da teoria do forrageamento ótimo tem sido objeto de estudo sob vários enfoques (*e.g.* morfologia, dieta, ecologia alimentar, ecomorfologia, morfologia funcional), geralmente mostrando que apesar das espécies de peixes reunirem um conjunto fenotípico para serem especialistas de determinados itens alimentares apresentam comportamento generalista, algo totalmente paradoxal (Paradoxo de Liem) em função das suas necessidades energéticas (Binning et al., 2009; Binning & Chapman, 2010; Cochran-Biederman & Winemiller, 2010).

Por fim, concluímos que a distribuição das guildas tróficas de peixes em estuários tropicais amazônicos está condicionada a três fatores: as variáveis ambientais, a disponibilidade

de recursos alimentares no ambiente e ao uso do habitat. Porém, as elevadas concentrações de nutrientes provenientes do continente mostram gradientes de poluição ao longo do Golfão Maranhense, exibindo a vulnerabilidade de vários estuários. Além disso, diante de uma abordagem da ecologia alimentar, encontramos indícios de que os peixes do Golfão Maranhense apresentam comportamento alimentar compatível com a teoria do forrageamento ótimo e ao paradoxo de Liem, o que pode refletir na partilha de recursos pelas espécies quanto ao uso do habitat. Também recomendamos a realização de estudos mais detalhados, como anatomia e morfologia do trato digestório das espécies que mostraram maior plasticidade em estudos futuros, como forma de testar as duas teorias supracitadas.

5. Referências

- Abelha, M.C.F., Agostinho, A.A., Goulart, E., 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Sci. Biol. Sci.* 23, 425–434. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v23i0.2696>
- Abrantes, K. G., Barnett, A., Bouillon, S., 2014. Metodologia baseada em isótopos estáveis

como uma ferramenta para identificar padrões na estrutura da rede alimentar nos estuários do leste da África. *Funct. Ecol.* 28, 270–282.

- Agostinho, A.A.; Júlio JR., H.F.; Gomes, L.C.; Bini, L.M.; Agostinho, C.S., 1997. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. EDUEM, Maringá.
- Akin, S., Buhan, E., Winemiller, K.O., Yilmaz, H., 2005. Fish assemblage structure of Koycegiz Lagoon-Estuary, Turkey: Spatial and temporal distribution patterns in relation to environmental variation. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 64, 671–684. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.03.019>
- Apha, 2001. Standard methods for the examination of water and wastewater. Am. Public Heal. Assoc. 21th ed. APHA/WWA-WEF, Washington, DC, USA.
- Araújo, A & Lopes, F.A.L., 2011. quê, quando, onde e com quem: decisões econômicas no comportamento alimentar. In: Maria Emilia Yamamoto; Gilson Luiz Volpato., 2ed ed. Natal: EDUFRN.
- Araújo, M. S., Bolnick, D. I., Layman, C.A., 2011. As causas ecológicas das especializações individuais. *Ecol. Lett.* 14, 948–958.
- Araújo – Lima, C, Agotinho, A. A., & Fabr e, N.N., 1995. Aspectos tróficos das comunidades de peixes nos rios e reservatórios brasileiros. *Limnologia no Brasil. Limnol. no Bras.*
- Aveline, L.C., 1980. Fauna de manguezais brasileiros. *Rev. Bras. Geogr.* 42, 786–821.
- Azevedo, A.A.C.G. De, Feitosa, F. a. N.F., Koenig, M.L.M., Christina, A., Azevedo, G. De, Nascimento, F.A., Luise, M., 2008. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 22, 870–877. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000300022>
- Barthem, R., 1985. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da baía de Marajó, estuário amazônico. *Bol. do Mus. Para. Emílio Goeldi, série Zool.* 2, 49–69.
- Bennemann, S.T., Casatti, L., Oliveira, D.C. De, 2006. Alimentação de peixes: proposta para análise de itens registrados em conteúdos gástricos. *Biota Neotrop.* 6, 1–8. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032006000200013>
- Bigarella, J. J., Hartkopf, C. C., Sobanski, A. & Trevisan, N., 1995. Textura superficial dos grãos de areias e arenitos (Contribuição à metodologia). *Arq. Biol. Tecn* 11, 253–275.

- Binning, S.A., Chapman, L.J., 2010. Is intraspecific variation in diet and morphology related to environmental gradients? Exploring Liem's paradox in a cichlid fish. *Integr. Zool.* 5, 241–255. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00209.x>
- Binning, S.A., Chapman, L.J., Cosandey-Godin, A., 2009. Specialized morphology for a generalist diet: Evidence for Liem's Paradox in a cichlid fish. *J. Fish Biol.* 75, 1683–1699. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02421.x>
- Blaber, S.J.M., 2000. Tropical estuarine fishes: ecology, exploitation and conservation. *Fish and Aquatic Resources*. <https://doi.org/10.1002/9780470694985>
- Blondel, J., 2003. Guilds or functional groups: Does it matter? *Oikos*. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12152.x>
- Brandl, S.J., Robbins, W.D., Bellwood, D.R., 2015. Exploring the nature of ecological specialization in a coral reef fish community: Morphology, diet and foraging microhabitat use. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 282. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1147>
- Caberty, S., Bouchereau, J.L., Chaves, P.D., 2004. Trophic organisation and functioning of ichthyic populations in a West Indies mangrove ecosystem using the trophic contribution index. *Cah. Biol. Mar.* 45, 243–254.
- Carpenter, K.E., 2002. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. *FAO Species Identif. Guid. Fish. Purp. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Publ. No. 5*.
- Carpenter, K.E., [s.d.]. The living marine resources of the Western Central Atlantic, *AO Species. ed.*
- Castro, A. L. C. , Eschrique, S. A. , Silveira, P. C. A., Azevedo, J. W. J., Ferreira, H. R. S., Soares, L. S., Monteles, J. S., Araújo, M. C., Nunes, J. L., Silva, M.H.L., 2018. Physicochemical properties and distribution of nutrients on the inner continental shelf adjacent to the gulf of maranhão (brazil) in the equatorial atlantic. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 16, 4829–4847.
- Chaves, F.G., Alves, M.A.S., 2010. Teoria do forrageamento ótimo: Premissas e críticas em estudos com aves. *Oecologia Aust.* 14, 369–380. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1402.03>
- Chen, G., Wu, Z., Gu, B., Liu, D., Li, X., Wang, Y., 2011. Isotopic niche overlap of two

- planktivorous fish in southern China. *Limnology* 12, 151–155.
<https://doi.org/10.1007/s10201-010-0332-2>
- Chícharo, M. A., Chícharo, L., Morais, P., 2006. Inter-annual differences of ichthyofauna structure of the Guadiana estuary and adjacent coastal area (SE Portugal/SW Spain): Before and after Alqueva dam construction. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 70, 39–51.
- Cochran-Biederman, J.L., Winemiller, K.O., 2010. Relationships among habitat, ecomorphology and diets of cichlids in the Bladen River, Belize. *Environ. Biol. Fishes* 88, 143–152. <https://doi.org/10.1007/s10641-010-9624-y>
- Cohen, J. C. P; Silva Dias, M.A.F.. nobre C.A., 1989. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. *Climanálise* 4, 34–40.
<https://doi.org/7786201200040001000003>
- Coles, R., Grech, A., Rasheed, M., Mckenzie, L., Unsworth, R., Short, F., 2011. Seagrass ecology and threats in the tropical Indo-Pacific bioregion. *Seagrass Ecology, Uses Threat.* 225–239.
- Collaço, F.L., Santor, S.M., Barbieri, E., 2015. Uso do geoprocessamento para definição de áreas para o cultivo de ostras na região estuarina de Cananéia/SP. *Rev. Gestão Costeira Integr.* 15, 193–207. <https://doi.org/10.5894/rgci527>
- Corrêa, S., 2005. Aplicação do diagrama de pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do estuário da Baía de Marajó-PA. *Pesqui. em Geociências* 32, 109–118.
- Crona, B. I., Rönnbäck, P., 2007. Community structure and temporal variability of juvenile fish assemblages in natural and replanted mangroves, *Sonneratia alba* Sm., of Gazi Bay, Kenya. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 74, 44–52.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.03.023>
- Damazio, E., Ferreira-Correia, M. M., Medeiros, T.C.C., 1989. Golfão do Maranhão: Levantamento bibliográfico sobre oceanografia, biologia marinha e ecologia marinha. *Bol. do Laboratório Hidrobiol.* 5., 41–86.
- Deus, C.P., Petreire-Junior, M., 2003. Seasonal diet shifts of seven fish species in an Atlantic rainforest stream in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 63, 579–88.
<https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000400005>
- Dias, T.S., Fialho, C.B., 2011. Comparative dietary analysis of *Eurycheilichthys pantherinus*

- and *Pareiorhaphis hystrix*: two Loricariidae species (Ostariophysi, Siluriformes) from Campos Sulinos biome, southern Brazil. *Iheringia. Série Zool.* 101, 49–55. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212011000100006>
- Elliott, M., Whitfield, A.K., Potter, I.C., Blaber, S.J.M., Cyrus, D.P., Nordlie, F.G., Harrison, T.D., 2007. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: A global review. *Fish Fish.* <https://doi.org/10.1111/j.1467-2679.2007.00253.x>
- Esteves, K.E. & L.-C.J., 2001. Composition and trophic structure of the Atlantic Forest stream in southeastern Brazil. *Env Biol fish* 62, 429–440.
- Folk, R.L., Ward, W.C., 1957. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *J. Sediment. Res.* <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Fukami, T., 2010. Community assembly dynamics in space. *Oxford Univ. Press* 45–54. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199228973.003.0005>
- Gerking, S.D., 1994. Feeding Ecology of Fish, *Trends in Ecology & Evolution.* [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)89043-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)89043-6)
- Giberto, D. a., Bremec, C.S., Acha, E.M., Mianzan, H.W., 2007. Feeding of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (sciaenidae; pisces) in the estuary of the rio de la plata and adjacent uruguayan coastal waters. *Atlantica* 29, 75–84.
- Green, D.P.J., Trexler, J.C., Lorenz, J.J., McIvor, C.C., Philippi, T., 2006. Spatial patterns of fish communities along two estuarine gradients in southern Florida. *Hydrobiologia* 569, 387–399. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0144-x>
- Greenwood, M.F.D., Hill, A.S., 2003. Temporal, spatial and tidal influences on benthic and demersal fish abundance in the Forth estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 58, 211–225. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(03\)00071-4](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(03)00071-4)
- Gregório, A.M.S., Mendes, A.C., 2009. Characterization of sedimentary deposits at the confluence of two tributaries of the Pará River estuary (Guajará Bay, Amazon). *Cont. Shelf Res.* 29, 609–618. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.09.007>
- Griffin, J.N., Jenkins, S.R., Gamfeldt, L., Jones, D., Hawkins, S.J., Thompson, R.C., 2009. Spatial heterogeneity increases the importance of species richness for an ecosystem process. *Oikos* 118, 1335–1342. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17572.x>

- Jaureguizar, A.J., Waessle, J.A., Guerrero, R.A., 2007. Spatio-temporal distribution of Atlantic searobins (*Prionotus* spp.) in relation to estuarine dynamics (Río de la Plata, Southwestern Atlantic Coastal System). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 73, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.12.012>
- Kalko, E.K.V., Handley, C.O., Handley, D., 1996. Organization, Diversity, and Long-Term Dynamics of a Neotropical Bat Community, in: *Long-Term Studies of Vertebrate Communities*. p. 503–553. <https://doi.org/10.1016/B978-012178075-3/50017-9>
- Krumbein, W. C. 1941. Measurement and Geological Significance of Shape and Roundness of Sedimentary Particles. *SEPM J. Sediment. Res.* Vol. 11. <https://doi.org/10.1306/D42690F3-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- Lacerda, L.D., 1984. Florestas de beira-mar. *Ciência Hoje* 3, 62–70.
- Lowe-McConnell, R.H., 1999. *Estudos ecológicos de comunidade de peixes tropicais*. São Paulo, EDUSP.
- Lugendo, B. R., Nagelkerken, I., Jiddawi, N., Mgaya, Y. D., van der Velde, G., 2007. Fish community composition of a tropical nonestuarine embayment in Zanzibar, Tanzania. *Fish. Sci.* 586, 1–16.
- Luz, K.D.G., Abujanra, F., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., 2001. Caracterização trófica da ictiofauna de três lagoas da planície aluvial do alto rio Paraná, Brasil. *Acta Sci.* 23, 401–407. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsoci.v23i0.2738>
- MacArthur, Robert H. (Departament of Biology, Princeton University, N.J., Planka, Eric R. (Departament of Biology, Princeton University, N.J., 1966. On optimal use of a patchy environment. *Am. Nat.* 100, 603–609. <https://doi.org/10.1086/282454>
- Marceniuk, A.P., 2005. Chave para identificação das espécies de bagres marinhos (Siluriformes, Ariidae) da costa brasileira. *B. Inst. Pesca* 31, 89–101.
- Marceniuk, A.P., Menezes, N.A., Britto, M.R., 2012. Phylogenetic analysis of the family Ariidae (Ostariophysi: Siluriformes), with a hypothesis on the monophyly and relationships of the genera. *Zool. J. Linn. Soc.* 165, 534–669. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2012.00822.x>
- Margalef, R., 1958. Temporal sucession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: BUZZATI-TRAVERSO, A. A. (Ed.). *Perspect. Mar. Biol.* Berkeley Univ. Calif. Press

323–349.

- Marques, L.V., Creed, J.C., 2008. Biologia e Ecologia das Fanerógamas marinhas do Brasil. *Oecologia Aust.* 12, 315–331. <https://doi.org/10.4257/oeco.2008.1202.12>
- Marshall, S., Elliott, M., 1998. Environmental influences on the fish assemblage of the Humber estuary, U.K. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 46, 175–184. <https://doi.org/10.1006/ecss.1997.0268>
- Mazzoni, R., Moraes, M., Rezende, C., Iglesias-Rios, R., 2010. Diet and feeding daily rhythm of *Pimelodella lateristriga* (Osteichthyes, Siluriformes) in a coastal stream from Serra do Mar - RJ. *Brazilian J. Biol.* 70, 1123–1129. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000500031>
- Mourão, K.R.M., Ferreira, V., Lucena-Frédou, F., 2014. Composition of functional ecological guilds of the fish fauna of the internal sector of the amazon estuary, Pará, Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.* 86, 1783–1800. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130503>
- Mullin, S.J., 1995. Populações de peixes estuarinos entre raízes de mangue vermelho de pequenas ilhas de salgadinhos. *Wetlands* 15, 324–329.
- Munsell, S., 2009. Gráficos de cores do solo Munsell.ed. 4. Baltimore: Gretag Macbeth Division of Kollmorgen Corporation: Munsell Color, Maryland. USA.
- Nanjo, K., Kohno, H., Nakamura, Y., Horinouchi, M., Sano, M., 2014. Effects of mangrove structure on fish distribution patterns and predation risks. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 461, 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.08.014>
- Nascimento, W.R., Souza-Filho, P.W.M., Proisy, C., Lucas, R.M., Rosenqvist, A., 2013. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 117, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.10.005>
- Oliveira, Remcc & A. L. M, P., 2014. Fish assemblages along a morphodynamic continuum on three tropical beaches. *Neotrop. Ichthyol.* 12, 165–175. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252014000100018>
- Paiva, A.C.G. De, Chaves, P.D.T.D.C., Araújo, M.E. De, 2008. Estrutura e organização trófica da ictiofauna de águas rasas em um estuário tropical. *Rev. Bras. Zool.* 25, 647–661. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752008000400010>

- Pardal, E.C., Pereira, L. C. C., Guimarães, D. O., Oliveira, S. M. O., Trindade, W.N., Costa, R.M., 2011. Influence of oceanographic condition on the spatial and temporal distribution of chlorophyll-a in the coastal waters of the Brazilian Amazon region (São Luiz - MA). *J. Coast. Res.* 64, 421–424.
- Pereira-Filho, J., Schettini, C.A.F., Rörig, L., Siegle, E., 2001. Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC and chlorophyll a in the Camboriú River estuary, Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 53, 249–257. <https://doi.org/10.1006/ecss.2001.0782>
- Pereira, L.C.C., Mendes, C.M., Monteiro, C., Asp, N.E., 2009. Morphological and Sedimentological Changes in a Macrotidal Sand Beach in the Amazon Littoral (Vila Dos Pescadores, Pará, Brazil). *J. Coast. Res. J. Coast. Res. SIProceedings) J. Coast. Res. SI* 56, 113–117.
- Pereira, L.C.C., Silva, N.I.S. da, Costa, R.M. da, Asp, N.E., Costa, K.G. da, Vila-Concejo, A., 2012. Seasonal changes in oceanographic processes at an equatorial macrotidal beach in northern Brazil. *Cont. Shelf Res.* 43, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.05.003>
- Pereira, P.R., Agostinho, C.S., De Oliveira, R.J., Marques, E.E., 2007. Trophic guilds of fishes in sandbank habitats of a Neotropical river. *Neotrop. Ichthyol.* 5, 399–404. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252007000300019>
- Pimentel, C. R., Soares, L. S. H., Macieira, R. M., J.J.-C., 2018. Trophic relationships in tidepool fish assemblages of the tropical Southwestern Atlantic. *Mar. Ecol.*
- Protazio, L., Tanaka, S.M.C.N., Cavalcante, P.R.S., 2004. Avaliação de procedimentos de extração sequencial de fósforo em sedimento. *Rev. Anal.* 8, 35–41.
- Resende, E.K., 2000. Trophic structure of fish assemblages in the lower Miranda River, Pantanal, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Rev. Bras. Biol.* 60, 389–403. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082000000300004>
- Rittenhouse, G., 1943. A Visual Method of Estimating Two-Dimensional Sphericity. *J. Sediment. Res.* 13, 79–81.
- Robinson, B.W., Wilson, D.S., 1998. Optimal Foraging, Specialization, and a Solution to Liem's Paradox. *Am. Nat.* 151, 223–235. <https://doi.org/10.1086/286113>
- Roche, KF & Rocha, O., 2005. Aspectos de predação por peixes e, lagos e represas, com

- enfoque na planctivoria., in: Roche, KF & Rocha, O. (Org.). (Org.), *Ecologia trófica de peixes com ênfase na planctivoria em ambientes lênticos de água doce no Brasil*. São Carlos: Rima, p. 1–24.
- Rodríguez, M. a, Lewis, W.M., Jr, W.M.L., Lewis, W.M., 1997. Structure of fish assemblages along environmental gradients in floodplain lakes of the Orinoco River. *Ecol. Monogr.* 67, 109–128. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0109:SOFAAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0109:SOFAAE]2.0.CO;2)
- Root, R.B., 1967. The Niche Exploitation Pattern of the Blue-Gray Gnatcatcher. *Ecol. Monogr.* 37, 317–350. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1942327>
- Shimadzu, H., Dornelas, M., Henderson, P.A., Magurran, A.E., 2013. Diversity is maintained by seasonal variation in species abundance. *BMC Biol.* 11. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-11-98>
- Silva, M. H. L., Torres Jr, A. R., Castro, Antonio C. L., Azevedo, James W. J., Ferreira, Cássia F. C., Cardoso, R. L., Nunes, J. L. S., Carvalho-Neta, R.N., 2018. Fish assemblage structure in a port region of the Amazonic coast. *Iheringia. Série Zool.* 108, 1–11. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018018>
- Silva, I.R., Guimarães, D.D.O., Trindade, W.N., Asp, N., Costa, R.M., 2009. Environmental Status of Urban Beaches in São Luís (Amazon Coast , Brazil). *J. Coast. Res. (Proceedings 10th Int. Coast. Symp. ICS2009, 1301–1305.*
- Silva, D.A. da, Pessoa, E.K.R., Gavilan, S.A., Costa, L. da, Chellappa, N.T., Chellappa, S., 2012. *Ecologia alimentar de Astyanax lacustris (Osteichthyes : Characidae) na Lagoa do Piató, Assu, Rio Grande do Norte, Brasil.* *Biota Amaz.* 2, 74–82. <https://doi.org/10.18561/2179-5746>
- Simier, M., Laurent, C., Ecoutin, J. M., Albaret, J.J., 2006. The Gambia River estuary: A reference point for estuarine fish assemblages studies in West Africa. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 69, 615–628. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.05.028>
- Souza-Filho, P.W.M., Lessa, G.C., Cohen, M.C.L., Costa, F.R., Lara, R.J., 2009. The subsiding macrotidal barrier estuarine system of the Eastern Amazon Coast, Northern Brazil. *Lect. Notes Earth Sci.* 107, 347–375. https://doi.org/10.1007/978-3-540-44771-9_11
- Spach, H.L., Santos, C., Godefroid, R.S., Nardi, M., Cunha, F., 2004. A study of the fish community structure in a tidal creek. *Brazilian J. Biol.* 64, 1–15.

<https://doi.org/10.1590/S1519-69842004000200020>

- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. A Pract. Handb. seawater Anal. 167, 185. <https://doi.org/10.1002/iroh.19700550118>
- Syvaranta, J., Lensu, A., Marjomaki, T. J., Oksanen, S., Jones, R.I., 2013. An Empirical Evaluation of the Utility of Convex Hull and Standard Ellipse Areas for Assessing Population Niche Widths from Stable Isotope Data. PLoS One 8, 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056094>
- Trindade, W.N. et al., 2011. The effects of sewage discharge on the water quality of the beaches of São Luís (Maranhão, Brazil). J. Coast. Res. 64, 1425–1429.
- Valentin, J. L.; Macedo-Saidah, F. E.; Tenenbaum, D. R. e Silva, N.L.A., 1991. Diversidade específica para análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicação ao ecossistema da ressurgência de Cabo frio (Rio de Janeiro- Brasil). Nerítica, 6(1/2) 7–26.
- Veiga, P., Vieira, L., Bexiga, C., Sá, R., Erzini, K., 2006. Structure and temporal variations of fish assemblages of the Castro Marim salt marsh, southern Portugal. Estuar. Coast. Shelf Sci. 70, 27–38. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.05.037>
- Whitfield, A.K., 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. Rev. Fish Biol. Fish. 9, 151–186. <https://doi.org/10.1023/A:1008994405375>