

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**DIETA E VARIAÇÃO ISOTÓPICA ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) COMPARADA  
ENTRE DOIS TECIDOS DE JUVENIL DE MERO *EPINEPHELUS*  
*ITAJARA* (LICHTENSTEIN, 1822) NO ESTUÁRIO DO RIO SÃO  
MATEUS, ANALISADOS ATRAVÉS DE MÉTODOS NÃO-LETAIS**

**ESTER FELIPE BARBOSA**

**São Mateus/ES**

**Junho/2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO CURSO DE  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**DIETA E VARIAÇÃO ISOTÓPICA ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) ENTRE DOIS  
TECIDOS DE JUVENIL DE MERO *EPINEPHELUS ITAJARA* NO  
ESTUÁRIO DO RIO SÃO MATEUS, ATRAVÉS DE MÉTODOS NÃO-  
LETAIS**

**ESTER FELIPE BARBOSA**

Monografia de conclusão de curso apresentada  
ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade  
Federal do Espírito Santo, como requisito parcial  
para obtenção do título de BACHAREL EM  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.

Orientador: Mario Vinicius Condini

Coorientador: Maurício Hostim Silva

**São Mateus/ES**

**Junho/2023**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Ester Felipe Barbosa

Título:

DIETA E VARIAÇÃO ISOTÓPICA ( $\delta^{13}C$  e  $\delta^{15}N$ ) COMPARADA ENTRE  
DOIS TECIDOS DE JUVENIL DE MERO EPINEPHELUS ITAJARA  
(LICHTENSTEIN, 1822) NO ESTUÁRIO DO RIO SÃO MATEUS,  
ANALISADOS ATRAVÉS DE MÉTODOS NÃO-LETAIS.

Monografia do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado)  
Defendida e aprovada em 30/06/2023

Com nota 9,7 pela comissão julgadora:

MARIO VINICIUS CONDINI  
Orientador(a) e presidente da Comissão Examinadora  
Dr. Mario Vinicius Lopes Condini (UFES)

Helen Audrey Pichler  
Examinador 1  
Dra. Helen/Audrey Pichler (UFES)

Natalia Priscila Alves Bezerra  
Examinador 2  
Profª Dra. Natalia Priscila Alves Bezerra (UFES)

Mauricio Hostim Silva  
Coorientador  
Mauricio Hostim Silva (UFES)

---

Centro Universitário Norte do Espírito Santo

Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540  
São Mateus - ES

Sítio eletrônico: <http://www.ceunes.ufes.br>



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO DE MONOGRAFIAS**

Na qualidade de titular dos direitos autorais de publicação, eu, Ester Felipe Barbosa, (x) AUTORIZO / ( ) NÃO AUTORIZO a UFES a disponibilizar gratuitamente o texto da obra citada, sem ressarcimento de direitos autorais, através de site dessa instituição, para fins de leitura, impressão ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, de acordo com a Lei 9610/1998.

NOME DO(A) AUTOR(A)	Ester Felipe Barbosa
MATRÍCULA	2019108632
CPF	182.935.617-85
CURSO	Ciências Biológicas bacharelado
NOME DO(A) ORIENTADOR(A)	Mario Vinicius Condini
TÍTULO DA MONOGRAFIA	Dieta e variação isotópica ( $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ ) comparada entre dois tecidos de juvenil de <i>mero epinephelus itajara</i> (Lichtenstein, 1822) no estuário do rio São Mateus, analisados através de métodos nucleares.
DATA DA DEFESA	30/06/2023
TELEFONE DE CONTATO	(27)9 9829-2345
EMAIL	ester.f.barbosa@edu.ufes.br

São Mateus, 22 / 07 / 2023

*Ester Felipe Barbosa*

Assinatura do autor

À minha família

## AGRADECIMENTOS

À minha família por ter me dado todo o suporte e incentivo até aqui, sou uma mulher grata e muito mais feliz por ter vocês em todas as etapas junto comigo. Em especial, agradeço a Karine Barbosa por ter me apoiado e enfrentado junto a mim todas as dificuldades. Muito obrigada.

Ao meu orientador Mario Vinicius Condini por ter me recebido de braços abertos quando disse que queria trabalhar com alimentação, por me apresentar para o mundo acadêmico nas saídas de campo e sempre me deixar incluída em todos os processos do trabalho. Em especial agradeço por sua amizade que me proporcionou conversas que me fizeram crescer e por ser meu suporte em todo o processo (virando os dias corrigindo o meu trabalho e se preocupando em me ensinar cada etapa).

Ao meu coorientador Maurício Hostim Silva por ter me dado a oportunidade de entrar em seu laboratório e junto a isso ter me dado tantas oportunidades em projetos. O senhor foi e é uma peça fundamental para a construção e finalização deste presente estudo. Muito obrigada.

Ao Projeto de Extensão de Conservação Marinha ES e a todos os integrantes, por ter me aberto portas para a ictiologia.

À Equipe e grandes amigos do Projeto Meros do Brasil (Mário Vinicius Lopes Condini, Rafael Lima Oliveira, Juliete Lopes Clarindo e Lorena Lopes Almeida), sem vocês nada disso seria possível. Obrigada por terem me ensinado tanto em um momento que cheguei tão crua para trabalharmos juntos. Em especial agradeço a Lorena Lopes Almeida por todas as trocas construtivas do mundo acadêmico e pessoal, obrigada por se tornar uma grande amiga que me ensina tanto e todo dia, Lorena você é uma amiga de um coração imenso e que me abraçou no Projeto Meros do Brasil e na vida.

À Carlyne Pereira, Brenda Medeiros e Giulia Marchiori por terem se juntado à equipe do Projeto Meros do Brasil e nos ajudado em campo e na construção do pré-campo.

A todos integrantes do LEPMAR – Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos que me ajudaram nessa caminhada. Em especial agradeço a Mariana Nascimento que me recebeu e me ensinou tanto nos primeiros meses de chegada.

Agradeço à Helen Pichler por ser minha companheira de laboratório na maioria dos dias, pelas boas conversas pós almoço e pelas aulas gratuitas de inglês. Sou eternamente grata a você.

Em especial, agradeço ao professor Alexandre Miranda Garcia por ter me proporcionado dias alegres, construtivos e de muito conhecimento em sua disciplina de pós-graduação: Uso de Isótopos Estáveis em Ecologia Aquática, e em seu Laboratório de Ictiologia da Universidade

Federal de Rio Grande. Muito obrigada.

A todos meus amigos que me ajudaram nessa longa caminhada de graduação, em especial agradeço aos meus antigos amigos que permaneceram até hoje (Ian Silva de Araújo, Lorena Lima e Sávila Lourenço) e aos meus amigos recentes, mas não tão recentes assim, por terem sido meu suporte sempre (Maria Silvia de Carvalho Neta, Alessandra Resende, Carolyne Pereira e Rafael Oliveira, Brenda Medeiros, Mariana Mathias e Giulia Marchiori).

Em especial à Juliete Lopes Clarindo por me ensinar tanto em campo e fora dele, e por me mostrar o tanto que é bom levar a vida de uma forma simples e próximo a natureza. E ao Rafael Oliveira por ter sido um companheiro nessa caminhada acadêmica, agradeço por ter passado por tantas experiências boas e construtivas ao seu lado e por ter sido meu amigo, meu professor de programação e companheiro de casa no Rio Grande do Sul. Agradeço imensamente também por ter me ajudado com as minhas análises estatísticas.

Aos meus companheiros de casa Ian Silva de Araújo e Carolyne Pereira por serem meu suporte emocional e por terem tanta paciência em todas as minhas fases de graduanda. Sou muito grata e privilegiada por dividir a vida com vocês.

À dona Lucine Lopes Clarindo e Juliana Lopes Clarindo, por terem me proporcionado tanto conhecimento em campo e refeições maravilhosas.

Ao Projeto Meros do Brasil e a todos os colaboradores. Este trabalho foi desenvolvido através do Projeto Meros do Brasil, financiado pela Petrobras através do Programa Petrobrás Socioambiental.

À Universidade Federal do Espírito Santo e a todos os professores que tive, em especial à Mônica Tognella, Maurício Hostim Silva e Luíz Fernando Duboc.

À banca avaliadora da minha monografia. Muito obrigada Natália Alves Bezerra e Helen Pichler, por terem aceitado o meu convite e pelas contribuições.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram nesses 4 anos de graduação, com certeza os meus passos foram mais leves e maiores graças a vocês.

Fortis Fortuna Adiuvat – Terêncio

## SUMÁRIO

RESUMO .....	XIV
ABSTRACT .....	XV
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	8
2.1 Objetivo geral .....	8
2.2 Objetivos específicos .....	8
3 METODOLOGIA .....	9
3.1 Área de estudo .....	9
3.2 Amostragem .....	10
3.3 Processamento das amostras .....	12
3.3.1 Análise de conteúdo alimentar .....	12
3.3.2 Comparação isotópica entre tecidos .....	13
3.4 Análise de dados .....	16
3.4.1 Análise de conteúdo alimentar .....	16
3.4.2 Comparação isotópica entre tecidos .....	17
4. RESULTADOS .....	18
4.1 Análise de conteúdo alimentar .....	18
4.2 Comparação isotópica entre tecidos .....	22
5. DISCUSSÃO .....	31
5.1 Análise de conteúdo alimentar .....	31
5.2 Comparação isotópica entre tecidos .....	33
6 CONCLUSÃO .....	35
7 REFERÊNCIAS .....	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Juvenil de mero (aproximadamente 20 cm de comprimento total) coletado no estuário do rio São Mateus (norte do Espírito Santo).....	2
Figura 2. Distribuição do mero <i>Epinephelus itajara</i> ao longo do Oceano Atlântico. Fonte do mapa: Grupo de especialistas em garoupas e bodiões da IUCN 2018. <i>Epinephelus itajara</i> . A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2022-2.....	3
Figura 3. Região estuarina do rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo; com destaque para as regiões amostradas representadas por elipses, sendo: Pontal (elipse vermelha), Riacho da Lagoa (elipse amarela) e Riacho das Pitangueiras (elipse laranja).....	10
Figura 4. A) Armadilha utilizada para capturar os meros; B) Armadilha durante o procedimento de verificação; C) Meros juvenis coletados nas armadilhas; D) Indivíduo de mero tendo seu comprimento total mensurado.....	11
Figura 5. Estação de trabalho em campo onde eram realizados processamentos das amostras. Os meros eram mantidos em recipientes com água e aeração constante antes, durante e após seu processamento.....	12
Figura 6. Processo de lavagem estomacal realizado no juvenil de mero <i>Epinephelus itajara</i> com o uso de seringa e cânula (A); presas regurgitadas pelo mero após passar pela lavagem estomacal (B e C); mero após o procedimento de lavagem estomacal (D).....	13
Figura 7. A) Juvenil de mero sendo anestesiado com óleo de cravo; B) Músculo e raio retirados para processamento de análises isotópicas; C) Amostras coletadas; D) juvenil de mero sendo liberado no rio São Mateus após os procedimentos.....	14
Figura 8. Amostras de tecido muscular acondicionadas em placas de petri identificadas (A); tecidos já maceradas e acondicionadas em eppendorf etiquetados (B); pesagem das amostras em balança de ultraprecisão (C); processamento das amostras no Centro Integrado de Análises da Universidade Federal do Rio Grande, foto: CIA-FURG(D).....	16

Figura 9: Classe de comprimento total (mm) dos meros amostrados (N chuva=60; N seca=27) ao longo da região estuarina do rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo nas estações chuvosa e seca.....	19
Figura 10: Classe de peso (g) dos meros amostrados (N chuva=60; N seca=27) ao longo da região estuarina do rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo nas estações chuvosa e seca.....	19
Figura 11. Índice de importância relativa (IIR%) referente as quatro categorias alimentares durante as estações chuvosa e seca, amostrada através da lavagem estomacal dos juvenis de meros <i>Epinephelus itajara</i> ao longo da região estuarina do rio São Mateus.....	21
Figura 12. Valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ) de tecido muscular dos juvenis de mero <i>Epinephelus itajara</i> em função do comprimento total (CT, mm) para indivíduos coletados na região do Pontal (A, C) e do Riacho da Lagoa (B, D) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.....	24
Figura 13. Valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ) dos raios dos juvenis de mero <i>Epinephelus itajara</i> em função do comprimento total (CT, mm) para indivíduos coletados na região do Pontal (A, C) e do Riacho da Lagoa (B, D) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.....	25
Figura 14. Boxplots comparando $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do músculo dos juvenis de meros <i>Epinephelus itajara</i> entre as estações chuvosa e seca na região do Pontal (A, C) e no Riacho da Lagoa (B, D) localizados no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo. Letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre as estações. Mediana = linhas horizontais em negrito na caixa; primeiro quartil = área abaixo da linha na caixa; terceiro quartil = área acima da linha na caixa. As extremidades superiores e inferiores do intervalo de dados nominais são definidas como distância interquartil (IQD) + 1,5 IQD (linhas verticais), respectivamente.....	26
Figura 15. Boxplots comparando $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do raio dos juvenis de meros <i>Epinephelus itajara</i> entre as estações chuvosa e seca na região do Pontal (A, C) e no Riacho da Lagoa (B, D) localizados no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo. Letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre as estações. Mediana = linhas horizontais em negrito na caixa; primeiro quartil = área abaixo da linha na caixa; terceiro quartil = área acima da linha na caixa. As extremidades superiores e inferiores do intervalo de dados nominais são definidas como distância interquartil (IQD) + 1,5 IQD (linhas verticais),	

respectivamente.....27

Figura 16. Boxplots comparando  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  do músculo (A, C) e raio (B, D) dos juvenis de meros *Epinephelus itajara* entre as regiões Pontal e Riacho da Lagoa localizados no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo. Letras iguais indicam não haver diferenças significativas e letras iguais indicam haver diferenças significativas entre os locais. Mediana = linhas horizontais em negrito na caixa; primeiro quartil = área abaixo da linha na caixa; terceiro quartil = área acima da linha na caixa. As extremidades superiores e inferiores do intervalo de dados nominais são definidas como distância interquartil (IQD) + 1,5 IQD (linhas verticais), respectivamente.....28

Figura 17. Boxplots comparando  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  do músculo (A, C) e raio (B, D) dos juvenis de meros *Epinephelus itajara* entre as regiões Pontal e Riacho da Lagoa localizados no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo. Letras iguais indicam não haver diferenças significativas e letras diferentes indicam haver diferença significativa entre os tecidos. Mediana = linhas horizontais em negrito na caixa; primeiro quartil = área abaixo da linha na caixa; terceiro quartil = área acima da linha na caixa. As extremidades superiores e inferiores do intervalo de dados nominais são definidas como distância interquartil (IQD) + 1,5 IQD (linhas verticais), respectivamente. Boxplots comparando  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  com os tecidos, músculo e raio, no ponto Pontal a esquerda (A, C) e no ponto Riacho da Lagoa a direita (B, D) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.....29

Figura 18. Biplot dos isótopos estáveis de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  (média  $\pm$  DP) de todos os tecidos musculares (linha pontilhada) e de raio (linha inteira) coletados na região do Pontal (preto) e Riacho da Lagoa (azul) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.....29

Figura 19. Regressão linear dos tecidos em relação a assimilação de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  no ponto Pontal a esquerda (A, C) e no ponto Riacho da Lagoa a direita (B, D) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.....30

## LISTA DE TABELAS

Tabela - 1. Comprimento total (CT, mm) e peso total (PT, g) dos juvenis de meros <i>Epinephelus itajara</i> coletados ao longo do estuário do rio São Mateus ao longo de todo período amostral (chuva + seca) e separado por estação (chuva e seca). Os valores relatados incluem valores médios e dos desvios padrões (DP), além da amplitude (mínimo e máximo).....	18
Tabela - 2. Frequência de ocorrência (FO%), abundância numérica (%N), peso (%P) e o índice de importância relativa (%IRI) para item alimentar encontrado no conteúdo estomacal de indivíduos de juvenil de mero <i>Epinephelus itajara</i> capturados na região estuarina do rio São Mateus, Espírito Santo. N = 31 estômagos com conteúdo alimentar.....	20
Tabela - 3. Número de amostras (n) coletadas por região do estuário do rio São Mateus, com valores médios e de desvio padrão (DP) do comprimento total (CT, mm), assim como dos valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ) de músculo e dos raios dos juvenis de meros <i>Epinephelus itajara</i> .....	23
Tabela 4: Equações das regressões lineares conversão dos valores de isótopos estáveis ( $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ) dos raios em valores de tecidos musculares dos juvenis de meros. ( $P < 0,05^*$ , $P < 0,01^{**}$ e $P < 0.0001^{***}$ ).....	31

## RESUMO

O mero, *Epinephelus itajara*, é a maior garoupa do oceano Atlântico que pode atingir mais de 2 m de comprimento total e pesar até 400 kg. Atualmente, devido à pesca predatória que sofreu ao longo do século passado, juntamente à sua baixa taxa de resiliência e à fragmentação dos manguezais, a espécie está classificada como “criticamente ameaçada” de extinção no Brasil. Durante sua fase juvenil os meros habitam os manguezais, habitats essenciais para a espécie, e migram para ambientes marinhos quando se tornam jovens adultos. O mero adulto é considerado um grande predador, porém, informações sobre a ecologia trófica dos juvenis são escassas na literatura. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi descrever a dieta de meros juvenis e, determinar se há diferença isotópica entre os raios da nadadeira dorsal e o tecido muscular dos meros que habitam o estuário do rio São Mateus, região norte do Espírito Santo. Os indivíduos foram coletados por meio de armadilhas em duas regiões, Pontal e Riacho da Lagoa, entre outubro/2021 a setembro/2022. Os meros capturados foram anestesiados com óleo de cravo, em seguida foi realizada a lavagem estomacal e a coleta de amostras de tecido muscular e dos raios 5-7 da nadadeira dorsal para as análises das razões de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio ( $\delta^{13}\text{C} = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N} = ^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ , respectivamente). Após o procedimento, os meros foram liberados no mesmo local de captura. A composição da dieta foi determinada através do cálculo do Índice de Importância Relativa (% IIR = FO% \* (%N + %P), nas estações chuvosa e seca e, as diferenças entre os isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) foram determinadas por regressões lineares. Dos 87 juvenis de meros analisados, 31 regurgitaram algum conteúdo estomacal, sendo os crustáceos a base da dieta destes indivíduos, que também se alimentaram de um pequeno percentual de peixes, tendo uma elevada contribuição de material animal digerido. O IIR mostrou que a categoria “Camarão” foi a mais importante na dieta dos meros juvenis na estação chuvosa, e a categoria “Siri” na estação seca. Não foi determinada correlação significativa entre comprimento total e os valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) do tecido muscular e dos raios nas duas regiões amostradas, tampouco entre as estações chuvosa e seca. Houve diferenças significativas no  $\delta^{13}\text{C}$  entre as duas regiões amostradas para o tecido muscular e para os raios, assim como entre os dois tecidos. A alta frequência de pequenos crustáceos na dieta dos meros juvenis pode estar relacionada ao hábito de se alimentarem por emboscada, sendo essa estratégia de caça facilitada pelo consumo de presas de movimentação lenta. As diferenças significativas encontradas nas análises de isótopos estáveis podem ser explicadas pelo fato de as duas regiões amostradas serem bem distintas em sua morfologia e composição de vegetação do tipo C3 e C4 e, pelos tecidos amostrados serem distintos quanto ao tempo de renovação e anatomia, sendo o músculo um tecido mole e de matriz orgânica e o raio um tecido rígido com matriz orgânica e inorgânica.

**Palavras-chave:** conservação; espécie ameaçada; isótopos estáveis; lavagem estomacal; manguezal.

## ABSTRACT

The Atlantic goliath grouper (AGG), *Epinephelus itajara*, is the largest grouper in the Atlantic Ocean that can reach over 2 m in total length and weigh up to 400 kg. Currently, due to the overfishing it has suffered over the past century, its low resilience rate, and the fragmentation of mangroves, the species is classified as "critically endangered" in Brazil. During their juvenile stage, AGG inhabit mangroves, essential habitats for the species, and migrate to marine environments when they become young adults. The Adult AGG is considered a large predator, however, information on the trophic ecology of juveniles is scarce in the literature. Thus, this study aimed to describe the diet of juvenile AGG and to determine whether there is an isotopic difference between the dorsal fin rays and muscle tissue of juvenile AGG inhabiting the São Mateus river estuary, in the northern Espírito Santo region. Individuals were collected using traps in two regions, Pontal and Riacho da Lagoa, between October/2021 and September/2022. Captured AGG were anesthetized with clove oil, then we performed stomach flushings and collected samples of muscle tissue and the dorsal fin rays 5-7 for stable isotope analyses of carbon and nitrogen isotope ratios ( $\delta^{13}\text{C}=13\text{C}/12\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}=15\text{N}/14\text{N}$ , respectively). After the procedure, individuals were released at the same capture site. The diet composition was determined by calculating the Importance Index ( $\% \text{IIR} = \text{FO}\% * (\% \text{N} + \% \text{P})$ ), in the wet and dry seasons, and differences between carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) isotopes were determined by linear regressions. Of the 87 juvenile AGG analyzed, 31 regurgitated some stomach content, with crustaceans being the basis of the diet of these individuals, which also fed on a small percentage of fish, with a high contribution of digested animal material. The IIR showed that the "Shrimp" category was the most important in the diet of juvenile AGG in the rainy season, and the "Crab" category in the dry season. No significant correlation was determined between total length and the isotopic values ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) of muscle tissue and fin rays in the two sampled regions, nor between the rainy and dry seasons. There were significant differences in  $\delta^{13}\text{C}$  between the two sampling regions for muscle tissue and fin rays, as well as between the two tissues. The high frequency of small crustaceans in the diet of juvenile AGG may be related to their ambush feeding habit since this hunting strategy is facilitated by the consumption of slow-moving prey. The significant differences found in the stable isotope analyses can be explained by the fact that the two sampled regions are very distinct in their morphology and composition of C3 and C4 vegetation, and also because the sampled tissues are distinct in terms of turnover rate and anatomy, with the muscle being a soft tissue with an organic matrix and the fin ray a rigid tissue with an organic and inorganic matrix.

**Keywords:** conservation; endangered species; mangrove; stable isotopes; stomach flushing

## 1 INTRODUÇÃO

A família Serranidae era composta das subfamílias Serraninae, Anthiinae e Epinephelinae, no entanto, Smith & Craig (2007) através de análises genéticas mostraram que a família Serranidae era um grupo polifilético, sendo então dividida em duas: Serranidae, onde permanecem as subfamílias Serraninae e Anthiinae e, a antiga subfamília Epinephelinae foi elevada a família (Epinephelidae). Atualmente a família Epinephelidae inclui os peixes conhecidos popularmente no Brasil como garoupas, chernes e badejos, sendo representada por pelo menos 167 espécies (Ma & Craig, 2018) distribuídas em 15 gêneros: *Aethaloperca*, *Alphestes*, *Anyperodon*, *Cephalopholis*, *Cromileptes*, *Dermatolepis*, *Epinephelus*, *Gonioplectrus*, *Gracila*, *Mycteroperca*, *Paranthias*, *Plectropomus*, *Saloptia*, *Triso* e *Variola* (Craig *et al.*, 2011; Félix-Hackradt *et al.*, 2022).

O gênero *Epinephelus* é o mais diverso da família, onde encontram-se mais da metade das espécies (aproximadamente 100 espécies). As garoupas, geralmente são espécies de peixes de grande porte e com ampla distribuição global, ocorrendo em regiões tropicais e subtropicais ao longo dos mares e oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, sendo espécies costeiras, mas podendo habitar regiões de grandes profundidades (até 150 m) (Heemstra & Randall, 1993; Craig *et al.*, 2011; Félix-Hackradt *et al.*, 2022). As garoupas são espécies de grande importância comercial, sendo alvo da pesca artesanal e comercial (Sadovy *et al.*, 2013), assim apresentam grande importância ecológica nos ambientes aos quais estão inseridos (Craig *et al.*, 2011), exercendo um forte papel na cadeia alimentar, podendo ser muitas vezes os principais predadores de topo desses ambientes. Muitas espécies de garoupas apresentam características incomuns para peixes, como por exemplo: maturação sexual tardia, lentas taxas de crescimento, grande longevidade, hermafroditismo protogínico (revertem sexualmente de fêmea para macho), assim como a formação de agregações reprodutivas (Heemstra & Randall, 1993; Craig *et al.*, 2011; Félix-Hackradt *et al.*, 2022). Todas essas características bioecológicas das garoupas citadas acima, juntamente com a elevada pressão pesqueira, fazem com que dezenas de espécies de garoupas encontrem-se listadas como ameaçadas de extinção (Sadovy *et al.*, 2013; Condini *et al.*, 2018; Félix-Hackradt *et al.*, 2022). Dentre essas espécies de garoupas, podemos destacar o mero *Epinephelus itajara* (Figura 1).



Figura 1: Juvenil de mero (aproximadamente 20 cm de comprimento total) coletado no estuário do rio São Mateus (norte do Espírito Santo).

O mero é a maior espécie de garoupa encontrada no oceano Atlântico, podendo atingir mais de dois metros de comprimento total e pesar até 400 kg (Sadovy & Eklund, 1999). Os meros habitam regiões tropicais e subtropicais do oceano Atlântico Oeste entre a Flórida (Estados Unidos) e sul do Brasil (até Santa Catarina), passando pelo mar do Caribe, golfo do México (Hostim-Silva *et al.*, 2005; Craig *et al.*, 2009; Bertoncini *et al.*, 2018; Locatelli *et al.*, 2023), também se tem registros de meros no Atlântico Leste, entre o Senegal e o Congo (Heemstra & Randall, 1993; Figura 2). Há ainda registro de meros na ilha de Ascensão, situada na Cordilheira Dorsal Mesoatlântica entre a África e o Brasil (Wirtz *et al.*, 2017).

O mero é uma espécie longeva, podendo viver até 37 anos (Bullock *et al.*, 1992), de crescimento lento (Ferreira & Maida, 1995; Sadovy & Eklund, 1999) e de maturação sexual tardia (entre 6 e 7 anos; Bullock *et al.*, 1992). Seu padrão sexual ainda não é completamente compreendido (Craig *et al.*, 2011), havendo suspeita que o mero siga o padrão de hermafroditismo protogínico (onde os indivíduos nascem todos fêmeas e podem reverter sexualmente para machos após adultos), o qual é apresentado por diversas espécies de garoupas (Félix-Hackradt *et al.*, 2022). Outra característica relevante dos meros, é o fato de

realizarem agregações reprodutivas, onde centenas de indivíduos adultos podem migrar até aproximadamente 400 quilômetros para realizarem sua desova (Ellis *et al.*, 2013), apresentando ainda alto grau de fidelidade a esses locais de agregações. Os períodos reprodutivos dos meros ocorrem entre o final da primavera e verão, no Hemisfério Norte a desova ocorre entre julho e setembro (Colin, 1994; Bullock *et al.*, 1992; Sadovy & Eklund, 1999; Koenig & Coleman, 2009; Mann *et al.*, 2009) enquanto no Hemisfério Sul as desovas ocorrem também no verão, porém de janeiro a março (Gerhardinger *et al.*, 2006; Reuss-Strenzel & Assunção, 2008; Freitas *et al.*, 2015).



Figura 2: Distribuição do mero *Epinephelus itajara* ao longo do oceano Atlântico. Fonte do mapa: Grupo de especialistas em groupas e bodiões da IUCN 2018. *Epinephelus itajara*. A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2022-2.

No século passado, o mero era uma espécie altamente visada tanto pela pesca esportiva quanto pela pesca comercial, assim como outras grandes groupas (Bullock *et al.*, 1992; Sadovy *et al.*, 2013). A sobrepesca, em somatória as características bioecológicas da espécie apresentadas acima, fez com que a espécie no final da década de 1990 sofresse um abrupto declínio populacional, levando ao quase desaparecimento total da espécie (Bullock *et al.*, 1992). Consequentemente, nas últimas décadas, o mero tem sido uma espécie recorrente nas listas de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN do inglês *International Union for Conservation of Nature*). Atualmente a espécie está classificada mundialmente como “Vulnerável – VU” (Bertoncini *et al.*, 2018), enquanto a

legislação brasileira a classifica como “ criticamente ameaçada- CR” (ICMBio 2018). No Brasil, a pesca foi proibida em 2002 através da Portaria IBAMA nº121/2002, a qual se tornou a primeira moratória para uma espécie de peixe marinho em território brasileiro, e tem sido renovada desde então até a moratória atual de 2015 (portaria nº13/2015) que perdura até o final do corrente ano (2023). Nos Estados Unidos, a captura foi proibida em 1990 e há alguns anos a população de meros tem mostrado sinais de recuperação, onde tem sido discutida a possível abertura da pesca (Koenig *et al.*, 2010). No México, a pesca está proibida desde 1993, todavia, dados sobre os meros do México ainda são deficientes devido a se ter poucos estudos no local.

Atualmente, a maioria dos estudos de bioecologia dos meros estão voltados para os indivíduos adultos, como determinação de idade (Bullock *et al.*, 1992), biologia reprodutiva (Freitas *et al.*, 2015), agregações reprodutivas (Sadovy & Eklund, 1999; Ellis *et al.*, 2013) e ecologia trófica (Freitas *et al.*, 2015; Artero *et al.*, 2015), sendo assim, pouco se sabe sobre a bioecologia dos indivíduos juvenis de meros. Frias-Torres (2006) apresentou pela primeira vez os padrões de uso de habitat de juvenis de meros em ambientes de manguezais no golfo do México, mostrando sua preferência por regiões cobertas e de raízes de mangues. Lara *et al.* (2009) forneceram as primeiras informações sobre o estágio juvenil dos meros no golfo do México, apresentando a relação entre tamanho e idade (em dias), assim como determinaram que o assentamento larval pode levar em média 50 dias (podendo variar de 30 a 80 dias).

Os meros têm os ambientes de manguezais como essenciais para seu período inicial de vida, uma vez que nesses ambientes eles encontram proteção e alimento em abundância (Koenig *et al.*, 2007). Além de serem ambientes essenciais para o desenvolvimento de meros, os manguezais são importantes ecossistemas para o desenvolvimento de diversas espécies, sendo consideradas áreas de berçários, por estarem associados aos estágios larvais e juvenis de diversos organismos marinhos (Laegdsgaard & Johnson, 1995), fornecendo alta disponibilidade de alimento e matéria orgânica que oferece um grande aporte de nutrientes (Schaeffer-Novelli, 1995), assim como proteção contra predação. Os meros deixam os ambientes estuarinos no início de sua fase adulta (aproximadamente um metro de comprimento), passando a habitar o ambiente marinho de fundos consolidados (Giglio *et al.*, 2014), fechando seu ciclo de vida nesses ambientes marinhos, onde, quando atingem a maturidade sexual, realizam agregações reprodutivas contribuindo assim para a manutenção da população da espécie (Frias-Torres, 2012).

Como visto acima, as informações sobre a bioecologia dos meros estão mais disponíveis no hemisfério Norte e, a grande maioria dos estudos estão voltados para a população adulta, havendo assim uma carência de informações dos meros que ocorrem ao longo da costa brasileira, principalmente, quando se refere aos meros juvenis. As informações conhecidas sobre a bioecologia da espécie no Brasil são referentes a biologia reprodutiva, onde Freitas *et al.* (2015) mostraram que os meros, em Abrolhos, desovam durante os meses de verão, entre janeiro e março; Bueno *et al.* (2016) identificaram agregações reprodutivas que ocorreram entre o sul do Paraná e norte de Santa Catarina durante os meses de verão. Freitas *et al.* (2015) analisaram a dieta de meros na região do banco de Abrolhos, determinando sua preferência alimentar por peixes e decápodes; Moreno-Santos *et al.* (2022) apresentaram informações relevantes sobre uso de habitat de juvenis de meros no estuário do rio São Mateus no Espírito Santo e Almeida *et al.* (2022) apresentaram informações de crescimento trófico de juvenis de meros em dois estuários do norte do Espírito Santo através de análises de isótopos estáveis

Dentre as informações ainda incipientes nos estudos de bioecologia dos meros, estão estudos relacionados a sua ecologia trófica, onde até o momento, apenas Artero *et al.* (2015) na Guiana Francesa e Freitas *et al.* (2015) no Brasil realizaram estudos determinado sua dieta. No entanto, em ambos os estudos, os espécimes alvo foram os adultos, ou os grandes indivíduos jovens (> 50 cm CT), não sendo ainda bem entendido o padrão de alimentação dos juvenis de meros. Visto que pouco sabemos sobre a ecologia alimentar do mero em sua fase inicial, esses estudos se fazem prementes, visando auxiliar o manejo e a conservação dessa espécie ameaçada. Além disso, estudos sobre a dieta de peixes são relevantes para o entendimento da ecologia da espécie e as suas organizações tróficas (Herrán, 1988). Desta forma, compreender a dieta do mero é crucial para entender a sua interação com o ambiente que habita, o papel que desempenha no ecossistema do estuário do rio São Mateus e quais são suas presas e sua interação com elas. Há ainda a necessidade de desvendar o nicho ecológico dos meros, por serem grandes predadores de topo, para entender as relações ecológicas que existem na população de meros local e para entender os recursos disponíveis para eles no rio São Mateus.

A maioria dos estudos de dieta de peixes são realizados através de metodologias letais, ou seja, é necessário sacrificar os organismos e realizar a inspeção visual dos conteúdos estomacais no interior de seus estômagos (Arrington *et al.*, 2002; Machado *et al.*, 2008;

Condini *et al.*, 2011). No entanto, em estudos com espécies ameaçadas de extinção, esse método não é viável, pois não é possível sacrificar o animal, sendo assim necessário realizar as análises de conteúdo estomacal a partir de uma metodologia não-letal. Assim, diferentes estratégias de obtenção do conteúdo estomacal dos peixes foram criadas, entre elas: extração do conteúdo por meio de sucção (Kuthalingam, 1961); lavagem estomacal com água (Seaburg, 1957; Voinarovich, 1958) e via exame de gastroscopia, onde um aparelho fino ligado a uma câmera é inserido até o estômago do animal (Dubets, 1954). Dentre essas metodologias citadas acima, a de lavagem estomacal é a mais amplamente utilizada, por exemplo, Baker & Fraser (2011) analisaram as dietas de *Fundulus diaphanus*, *F. heteroclitus* e *F. majalis* através dessa metodologia.

Ainda com relação a eficiência e versatilidade dos métodos não letais, as análises de isótopos estáveis têm sido uma ferramenta amplamente utilizada para determinar os padrões de ecologia trófica de diversas espécies (Pereira & Benedito, 2007; Condini *et al.*, 2015; Quintana *et al.*, 2023). Os isótopos são átomos de mesmo elemento químico que possuem mesmo número de prótons, mas diferem em números de nêutrons, por exemplo, qualquer isótopo de nitrogênio (N) possui 7 prótons, o  $^{14}\text{N}$  (mais abundante na natureza) possui 7 nêutrons enquanto o  $^{15}\text{N}$  (menos abundante na natureza) possui 8 nêutrons. Sendo assim, denominamos isótopos estáveis a razão entre os isótopos menos abundantes e os mais abundantes de determinado elemento (*e.g.*  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) (Fry, 2006). A composição isotópica, geralmente, é expressa em notação  $\delta$  (delta), que representam partes por mil (‰) de diferença do isótopo da amostra em relação ao padrão:  $\delta X = [(R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1] \times 10^3$ , onde R é a razão correspondente às formas pesadas e leves. Os isótopos estáveis amplamente utilizados em estudos de ecologia trófica são  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , sendo ambos analisados no presente estudo. Os valores isotópicos de carbono e nitrogênio observados nos tecidos dos peixes, corresponde diretamente a suas fontes dos ambientes aos quais estão inseridos (produtores primários). Assim, a variação de  $\delta^{13}\text{C}$  pode ser diferenciada entre plantas do tipo C3 (mais deplecionadas em  $\delta^{13}\text{C}$  variando entre -34 a -22 ‰; Gannes *et al.*, 1998), que utilizam as vias fotossintéticas do Ciclo de Calvin (Marshall *et al.*, 2007) e plantas do tipo C4 (mais enriquecidas em  $\delta^{13}\text{C}$  variando entre de -7 a -16‰; Lopes & Benedito-Cecilio, 2002), as quais utilizam as vias fotossintéticas do Ciclo de Hatch-Slack (Marshall *et al.*, 2007).

No entanto, o uso de diferentes tecidos/estruturas (*e.g.*, músculo, raios, sangue e outros) para a determinação isotópica pode causar um viés em suas análises, uma vez que

diferentes tecidos/estruturas podem ter tempo diferente de assimilação (Fry, 2006; Sweeting *et al.*, 2006; Post *et al.*, 2007). Sendo assim, conhecer as diferenças isotópicas entre os diferentes tecidos/estruturas é fundamental para estudos envolvendo a técnica de isótopos estáveis e, este estudo apresenta pela primeira vez uma comparação de valores isotópicos entre o tecido muscular e o raio do mero. Portanto, uma vez que as informações sobre ecologia trófica de juvenis de meros ainda se encontram ausentes ao longo da costa brasileira, determinar a dieta e as possíveis variações isotópicas entre tecidos de mero são prementes para auxiliar na conservação dessa espécie ameaçada de extinção.

1 **2 OBJETIVOS**

2 2.1 Objetivo geral

3 Determinar a dieta e a variação isotópica de diferentes tecidos de juvenis de mero  
4 *Epinephelus itajara* no estuário do rio São Mateus (Espírito Santo), através de métodos  
5 não-letais.

6 2.2 Objetivos específicos

- 7 ● Descrever a composição da dieta do juvenil de mero *Epinephelus itajara* no estuário do  
8 rio São Mateus;
- 9 ● Analisar as possíveis variações na dieta do juvenil de mero *Epinephelus itajara* entre as  
10 estações seca e chuvosa no estuário do rio São Mateus;
- 11 ● Analisar a variação isotópica entre raio e o músculo dos indivíduos de juvenil de mero  
12 *Epinephelus itajara* no estuário do rio São Mateus

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado ao longo do estuário do rio São Mateus (18°35'48.01"S, 39°44'0.29"O) (Figura 3), localizado dentro da Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra (APA Conceição da Barra). O rio São Mateus é formado pela confluência dos rios Cotaxé, São Mateus Braço Norte, com cabeceira em Ouro Verde, Minas Gerais, e São Mateus Braço Sul com a cabeceira em Itambacuri, Minas Gerais (IEMA, 2014). A bacia hidrográfica do rio São Mateus possui o clima tropical úmido ou subúmido, com seu solo formado predominantemente por latossolo amarelo rico em alumínio (AGERH, 2018). A bacia ainda é caracterizada pela ocorrência de processos fluviomarinhos, derivados de ações antrópicas, a qual tem acarretado muitos problemas de erosão, gerando, conseqüentemente, alterações fisionômicas nos bosques de mangue localizados próximos a foz, além das ações antrópicas que interferem diretamente nos manguezais, como o aterro, lançamento de lixo e esgoto no rio e o corte indiscriminado da madeira da *Rhizophora mangle* (Vale & Ross, 2011).

A vazão do rio São Mateus tem diminuído ocasionando alterações em sua estrutura, na distribuição espacial da vegetação e, também, na dominância entre as espécies (Tognella *et al.*, 2020). A precipitação anual média na região consiste em cerca de 750 mm, com as precipitações mais baixas observadas entre abril e setembro (período seco) e as mais elevadas entre outubro e março (período chuvoso) (INMET, 2022). A região estuarina do rio São Mateus possui uma área vegetada, com predominância do mangue-branco *Laguncularia racemosa* e mangue-vermelho *R. mangle*, respectivamente (Tognella *et al.*, 2020), além de comportar uma atividade pesqueira artesanal bastante relevante para a comunidade ribeirinha (Vale & Ross, 2011).

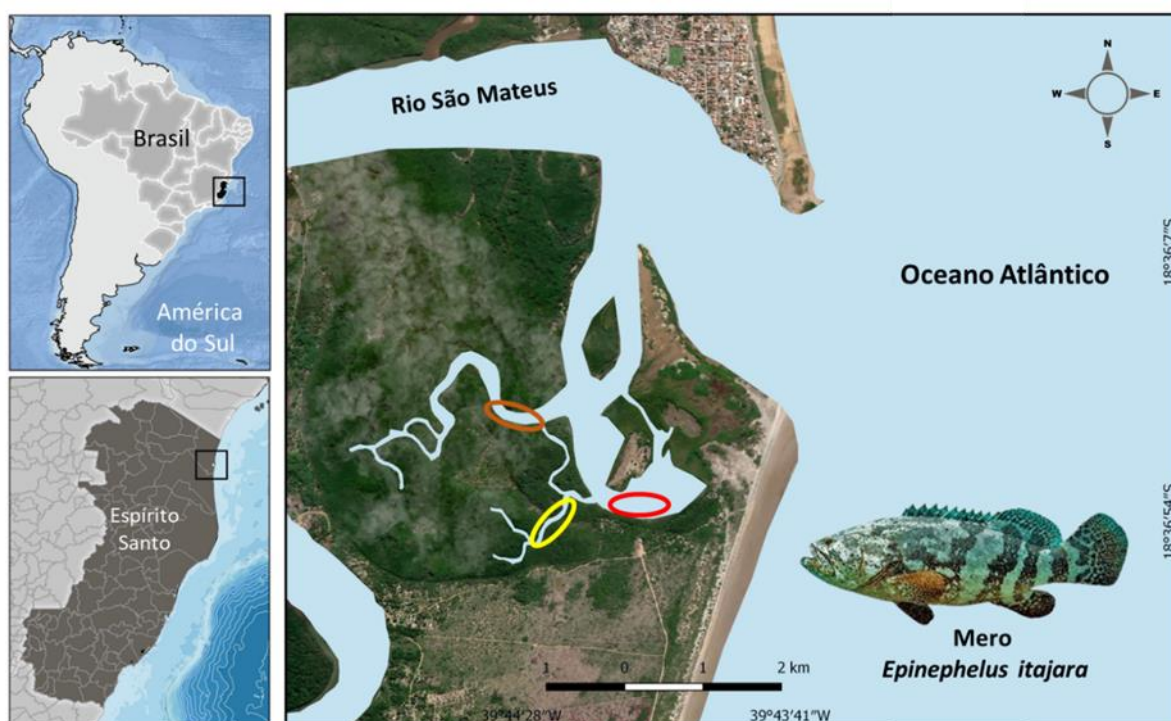


Figura 3: Região estuarina do rio São Mateus no norte do estado do Espírito Santo; com destaque para as regiões amostradas representadas por elipses, sendo: Pontal (elipse vermelha), Riacho da Lagoa (elipse amarela) e Riacho das Pitangueiras (elipse laranja).

As coletas foram realizadas em três regiões (Pontal, Riacho da Lagoa e Riacho das Pitangueiras) ao longo do estuário do Rio São Mateus (Figura 3). A região do Pontal é caracterizada por ser um ambiente aberto de cerca de 320 metros de largura e profundidade que varia de 30 a 290 cm (Moreno-Santos *et al.*, 2022). O Riacho da Lagoa é caracterizado por ser uma região estreita, atingindo até 10 metros de largura e profundidade variando de 50 a 310 cm, sendo uma região com maior área sombreada pelo dossel de mangue (Moreno-Santos *et al.*, 2022). Por fim, o Riacho das Pitangueiras é uma região com largura de aproximadamente 40 metros, e com profundidade variando de 78 a 315 cm (Moreno-Santos *et al.*, 2022).

### 3.2 Amostragem

Tanto para indivíduos capturados que tiveram sua dieta analisada quanto para determinação isotópica, foram realizadas coleta quinzenais entre os meses de outubro de 2021 e setembro de 2022 (sob a Licença SISBIO n°15080-7), concomitantemente nas três regiões. Os indivíduos foram coletados através de armadilhas (covos) as quais eram instaladas e

checadas a cada 12 horas (às 05hs e às 17hs) durante 48 horas (quatro checagens por saída).

As armadilhas (Figura 4) foram confeccionadas com armações metálicas em formato de paralelepípedo (20 cm de altura, 50 cm de comprimento e 50 cm de largura) recobertos por malha plástica de 3 cm de malha, possuindo quatro aberturas laterais, sendo três em formato de funil (20 cm de diâmetro externo e 6,4 de diâmetro interno) que possibilita a entrada dos peixes e uma abertura para a retirada dos peixes. Há ainda uma abertura superior (10 cm de diâmetro) onde colocava-se as iscas (engodo), e tais iscas eram compostas por peixes e siris, as quais serviam como atrator para os meros. Os espécimes capturados, em momento algum tiveram acesso físico as iscas, uma vez que elas ficavam armazenadas em estruturas isoladas, evitando assim qualquer viés nas análises de conteúdo estomacal. Em cada região amostral eram instaladas seis armadilhas.



Figura 4: A) Armadilha utilizada para capturar os meros; B) procedimento de verificação da armadilha; C) Meros juvenis coletados nas armadilhas; D) Indivíduo de mero tendo seu comprimento total mensurado.

### 3.3 Processamento das amostras

Após cada captura, os meros eram mantidos em baldes individuais, com água do local de captura e com aeradores para manter a oxigenação da água (Figura 5) até seu processamento. Posteriormente, cada indivíduo teve seu comprimento total (CT, mm) e peso (g) mensurados.



Figura 5: Estação de trabalho em campo onde eram realizados processamentos das amostras. Os meros eram mantidos em recipientes com água e aeração constante antes, durante e após seu processamento.

#### 3.3.1 Análise de conteúdo estomacal

A fim de ter acesso a presas dos meros, foi utilizado o método não letal de lavagem estomacal de todos os indivíduos coletados, procedimento adaptado da metodologia proposta por Baker & Fraser (2015). Para isso, utilizamos uma seringa (10 mL) acoplada a uma cânula de silicone (Figura 6), no qual a cânula era inserida, gentilmente, através da cavidade oral do indivíduo até seu estômago, sendo injetada água do ambiente ocasionando movimentos peristálticos fazendo com que o conteúdo presente em seu trato digestório fosse expelido (Figura 6). Esse procedimento se repetia por três vezes, a fim de retirar todo o conteúdo

estomacal possível. O procedimento era realizado sobre uma bandeja branca, onde era possível recolher todo o material regurgitado, o qual era acondicionado em potes devidamente identificados e conservados com álcool 70% e, posteriormente, armazenado em refrigerador para identificação futura. Em laboratório, os itens alimentares encontrados nos estômagos dos meros foram identificados no menor nível taxonômico possível, contabilizados, medidos e pesados. Por fim, os itens encontrados foram atribuídos a quatro categorias genéricas, sendo elas: peixes, camarões, siris e caranguejos.



Figura 6: Processo de lavagem estomacal realizado no juvenil de mero *Epinephelus itajara* com o uso de seringa e cânula (A); presas regurgitadas pelo mero após passar pela lavagem estomacal (B e C); mero após o procedimento de lavagem estomacal (D).

### 3.3.2 Comparação das razões isotópicas entre tecidos

Dois tecidos foram escolhidos para comparar a variação isotópica individual dos juvenis de meros, sendo eles: músculo e raio. Posteriormente à lavagem estomacal, cada

indivíduo era anestesiado em uma mistura de água do estuário com óleo de cravo, em uma proporção de 5 L para 3 mL, respectivamente (Inoue & Moraes, 2007) (Figura 7A). Uma vez anestesiado, era feita a extração da amostra do tecido muscular da região dorso lateral e dos raios (coletados do 5° ao 7° raios da nadadeira dorsal), ambos os procedimentos foram realizados com o auxílio de bisturi e pinça (Figura 7B). Os tecidos coletados eram acondicionados em gelo (Figura 7C) e, posteriormente, no laboratório congelados até o seu processamento. Após as coletas dos materiais biológicos, ambas as regiões manipuladas dos meros eram esterilizadas com álcool iodado, a fim de minimizar a proliferação de doenças. Por fim, os meros eram mantidos em baldes com oxigenação até a sua total recuperação e a sua soltura era realizada no mesmo local de captura (Figura 7D).

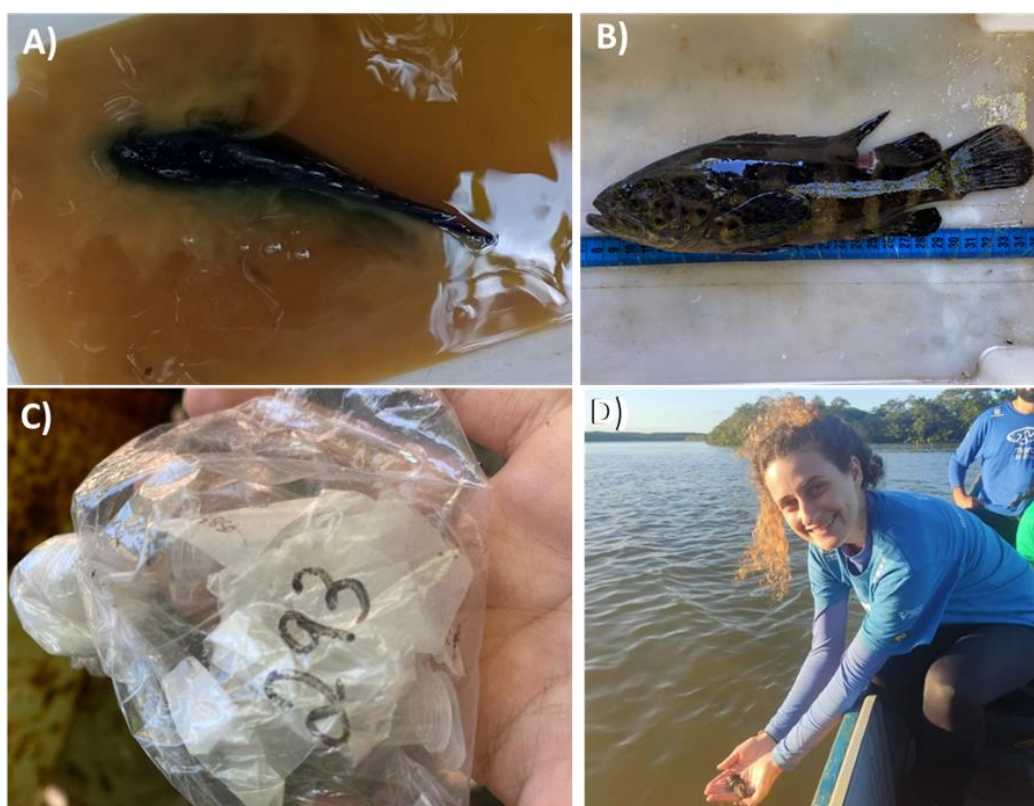


Figura 7: A) Juvenil de mero sendo anestesiado com óleo de cravo; B) Músculo e raio retirados para processamento de análises isotópicas; C) Amostras coletadas; D) juvenil de mero sendo liberado no rio São Mateus após os procedimentos.

Em laboratório os tecidos passaram por procedimentos distintos devido sua composição. Os tecidos musculares eram inspecionados, onde qualquer estrutura não muscular (pele, escama, osso entre outras) era retirada; após esse processo, eram enxaguados

abundantemente com água destilada. Em seguida as amostras eram acondicionadas, separadamente, em placas de Petri identificadas (Figura 8A) e levadas a estufa a uma temperatura constante de 60°C durante 48 horas, a fim de desidratar as amostras. Após esse período, o tecido muscular foi macerado com o auxílio de um gral e pistilo até formar pó fino e acomodados em tubo Eppendorf (Figura 8B). Por fim, as amostras foram acondicionadas em microcápsulas (8 x 5 mm) de estanho ultrapura (Costech Analytical, Valencia, Califórnia), pesadas em balança analítica (peso final entre 0,6 e 0,7 mg) (Figura 8C) e tiveram suas razões isotópicas de carbono ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) determinadas através de um Espectrômetro de Massa de Fluxo Contínuo (IRMS) (Figura 8D). Os padrões de referência utilizados para carbono e nitrogênio foram Vienna Pee Dee Belemnite (V-PDB) e  $\text{N}_2$  atmosférico, respectivamente. As análises foram realizadas no Centro Integrado de Análises (CIA) da Universidade Federal do Rio Grande – (CIA-FURG).

Para o processamento dos raios, o material foi lavado abundantemente com água destilada, posteriormente levados à estufa a 55°C por um período de 4 horas para auxiliar a remover qualquer material aderido a este tecido. Por fim, para certificar de não haver nenhum outro tecido ou gordura aderido aos raios, os mesmos foram embebidos em peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30% por 5 minutos, conforme proposto por Tzadik *et al.* (2015). Em seguida, os raios passaram por mais uma hora na estufa onde foram completamente desidratados e acondicionados em Eppendorf. Finalmente, o material foi encapsulado, pesado (peso final entre 0,2 e 1,2 mg, de acordo com Almeida *et al.*, 2022) e as análises isotópicas seguiram o mesmo procedimento descrito no tópico anterior.

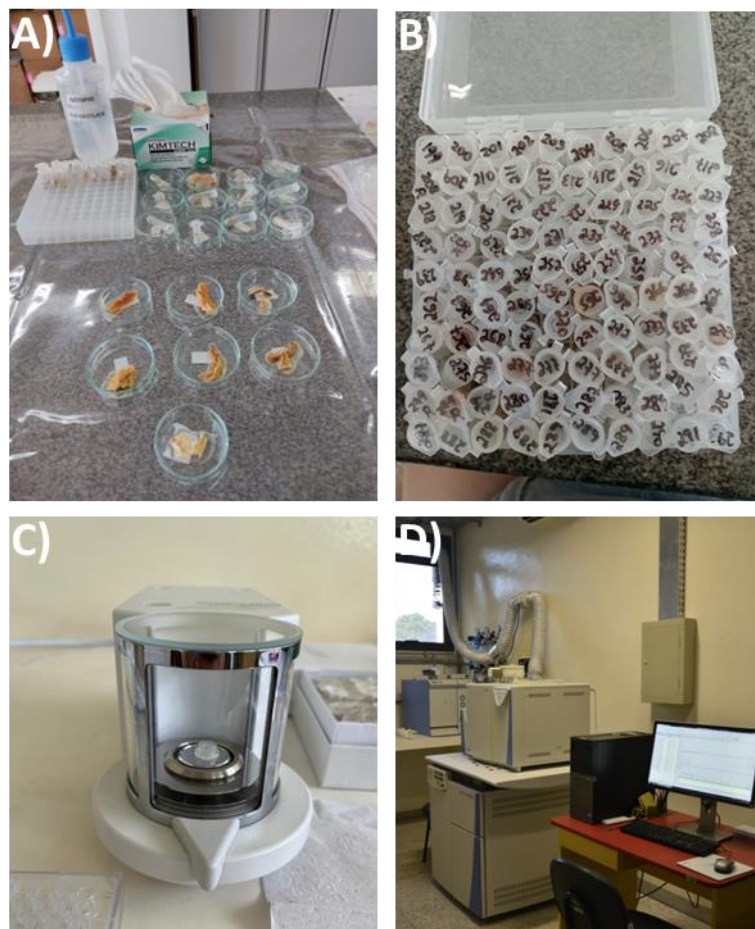


Figura 8: Amostras de tecido muscular acondicionadas em placas de petri identificadas (A); tecidos já macerados e acondicionados em Eppendorf etiquetados (B); pesagem das amostras em balança analítica (C); processamento das amostras no Centro Integrado de Análises da Universidade Federal do Rio Grande, foto: CIA-FURG(D).

### 3.4 Análise de dados

#### 3.4.1 Análise de conteúdo estomacal

Para a análise quantitativa das presas, foram agrupados todos os meros coletados nas três regiões amostradas (Pontal, Riacho da Lagoa e Riacho das Pitangueiras). Para isso, foi utilizada a análise de Índice de Importância Relativa (IIR) proposto por Pinkas *et al.* (1971):

$$\%IIR = FO\% * (\%N + \%P)$$

onde: FO% - Frequência de ocorrência corresponde a presença de uma determinada presa em relação ao total de meros que apresentaram conteúdos regurgitados, expresso em percentual; %N – Percentual numérico corresponde ao número total, em percentagem, de uma presa em

relação ao número total de presas encontradas nos meros que apresentaram conteúdos regurgitados; %P – Percentual de peso corresponde ao peso total, em percentagem, de uma presa em relação ao peso total das presas encontradas nos meros que apresentaram conteúdos regurgitados. As análises foram realizadas utilizando o pacote “*Dietr*” (Borstein S, 2020) que atribui dados quantitativos e qualitativos da dieta no programa de análises estatísticas R (versão 4.2.1, R Core Team, 2022).

Para auxiliar na compreensão da variação sazonal da dieta do mero, foram analisadas possíveis variações da dieta ao longo do período de estudo, para isso os meros foram agrupados de acordo com os meses aos quais foram coletados, tendo assim dois períodos distintos referentes as estações seca (de abril a setembro) e chuvosa (entre outubro e março). Sendo assim, o %IIR para cada item e/ou categoria alimentar foi calculado para cada estação.

#### 3.4.2 Comparação isotópica entre tecidos

Para as análises de comparações isotópicas, foram escolhidos apenas indivíduos que apresentavam os dois tecidos (músculo e raio) coletados simultaneamente. Devido à baixa ocorrência de meros na região do Riacho das Pitangueiras ( $n = 4$ ), esses foram excluídos das análises, sendo então analisadas apenas as amostras coletadas em Pontal e Riacho da Lagoa. Assim, foi avaliada a relação entre comprimento total do mero e a razão dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio [ $\delta^{13}\text{C} = 1000 * (X_{\text{amostra}} - X_{\text{padrão}}) / X_{\text{amostra}}$ , onde  $X = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ ] e  $\delta^{15}\text{N} = 1000 * (X_{\text{amostra}} - X_{\text{padrão}}) / X_{\text{amostra}}$ , onde  $X = {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$ ) (em ‰), tanto para o músculo, quanto para o raio, em cada uma das áreas amostradas (Pontal e Riacho da Lagoa). Uma vez que todas as amostras apresentaram razão C:N inferior a 3,5%, não se fez necessária a realização de extração de lipídeos e/ou transformações matemáticas dos dados (Post *et al.*, 2007). Os valores das razões de isótopos estáveis ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) entre os locais (Pontal e Riacho da Lagoa), tanto para músculo quanto para o raio, foram testados através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Dinno A, 2022), uma vez que os dados não apresentaram normalidade e homoscedasticidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o R (versão 4.2.1, R, Core Team, 2022). Foi usado um nível significância de 0,05 para todas as análises.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Análise de conteúdo estomacal

Um total de 87 juvenis de meros foram submetidos ao procedimento de lavagem estomacal, sendo 60 indivíduos na chuva e 27 indivíduos na seca, os quais variam entre 38 e 331 mm CT ( $165 \pm 68,3$  mm CT, média  $\pm$  desvio padrão, respectivamente; Tabela 1 e Figura 9) e entre 1 e 516 g PT ( $110,1 \pm 122,2$ ; Tabela 1 e Figura 10). Do total de estômagos analisados, foi possível coletar presas no trato digestório de 31 indivíduos de juvenis de meros, enquanto aproximadamente 65% dos indivíduos (56) não regurgitaram nenhum item alimentar.

Tabela 1 - Comprimento total (CT, mm) e peso total (PT, g) dos juvenis de meros *Epinephelus itajara* coletados ao longo do estuário do rio São Mateus ao longo de todo período amostral (chuva + seca) e separado por estação (chuva e seca). Os valores relatados incluem valores médios e dos desvios padrões (DP), além da amplitude (mínimo e máximo).

Estação	N	CT				Peso (g)			
		Média	DP	Min	Máx	Média	DP	Min	Máx
Chuva + Seca	87	165,0	68,3	38	331	110,1	122,2	1	516
Chuva	60	165,2	49,8	75	319	93,0	94,2	8	508
Seca	27	164,5	99,6	38	331	152,3	168,0	1	516

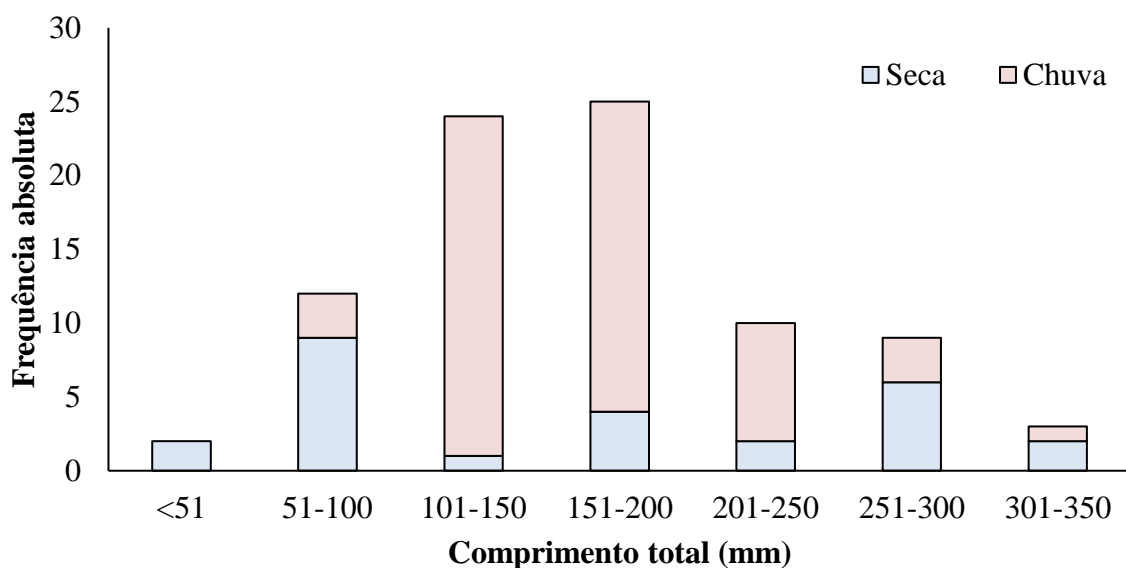


Figura 9: Classe de comprimento total (mm) dos meros amostrados (N chuva=60; N seca=27) ao longo da região estuarina do rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo nas estações chuvosa e seca.

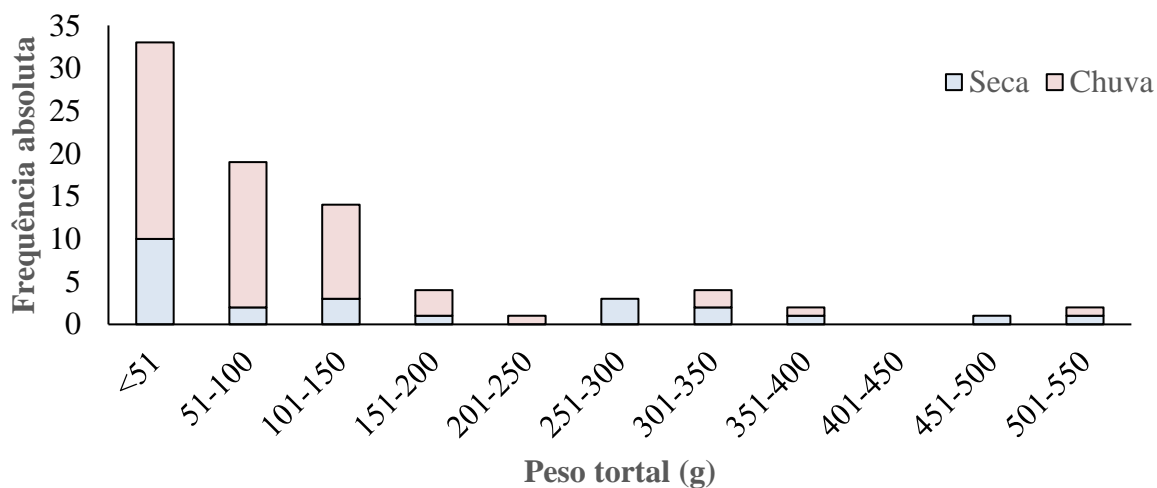


Figura 10: Classe de peso (g) dos meros amostrados (N chuva=60; N seca=27) ao longo da região estuarina do rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo nas estações chuvosa e seca.

Dos conteúdos estomacais encontrados durante a lavagem estomacal, aproximadamente 90% da dieta foi composta por três táxons, onde o camarão da família

Alpheidae representou a maior contribuição para a dieta dos juvenis de meros (IIR% = 67,2%), seguido dos camarões da família Palaemonidae (IIR% = 15,9) e peixes não identificados (IIR% = 6,1%) (Tabela 2). Destacou-se ainda a presença de material animal digerido em 35,5% dos estômagos analisados (IIR% = 5,2%).

Quando analisamos a variação sazonal (chuva e seca) da dieta, por categorias tróficas, foi possível determinar que a categoria “Camarão” foi quase que exclusivamente consumida pelos juvenis de meros durante o período chuvoso, com IIR% superior a 95%, tendo ainda uma pequena contribuição da categoria “Peixe” (IIR% = 4,3%) (Figura 11). Em contrapartida, durante a estação seca, a categoria “Siri” foi a mais importante (IIR% = 45,2%) na dieta dos juvenis de meros, tendo ainda grande contribuição das categorias “Camarão” e “Caranguejo”, com IIR% de 32,6% e 21,6%, respectivamente (Figura 11). O item material animal digerido foi retirado na análise para não causar um viés amostral, uma vez que não foi possível identificar a origem desse item.

Tabela 2 - Frequência de ocorrência (FO%), abundância numérica (%N), peso (%P) e o índice de importância relativa (%IIR) para item alimentar encontrado no conteúdo estomacal de indivíduos de juvenil de mero *Epinephelus itajara* capturados na região estuarina do rio São Mateus, Espírito Santo. N = 31 estômagos com conteúdo alimentar.

Categoria	Presas	FO%	%N	%P	%IIR
Camarão	<i>Alpheus</i> sp.	9,7	80,1	76,6	67,2
	<i>Leander paulensis</i>	6,5	1,1	0,4	0,4
	Caridea não identificado	32,3	5,9	5,2	15,9
	Palaemonidae não identificado	3,2	0,9	0,4	0,2
	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	3,2	0,2	0,4	0,1
Caranguejo	Panopeidae não identificado	3,2	0,2	0,2	0,1
	Xanthoidea não identificado	9,7	0,7	4,5	2,2
Siri	<i>Callinectes</i> sp.	6,5	0,5	0,8	0,4
	Portunidae não identificado	12,9	0,9	2,8	2,1
Peixe	Gobiidae	3,2	0,2	0,4	0,1
	Não identificado	9,7	6,8	7,5	6,1
Material animal digerido		35,5	2,5	0,8	5,2

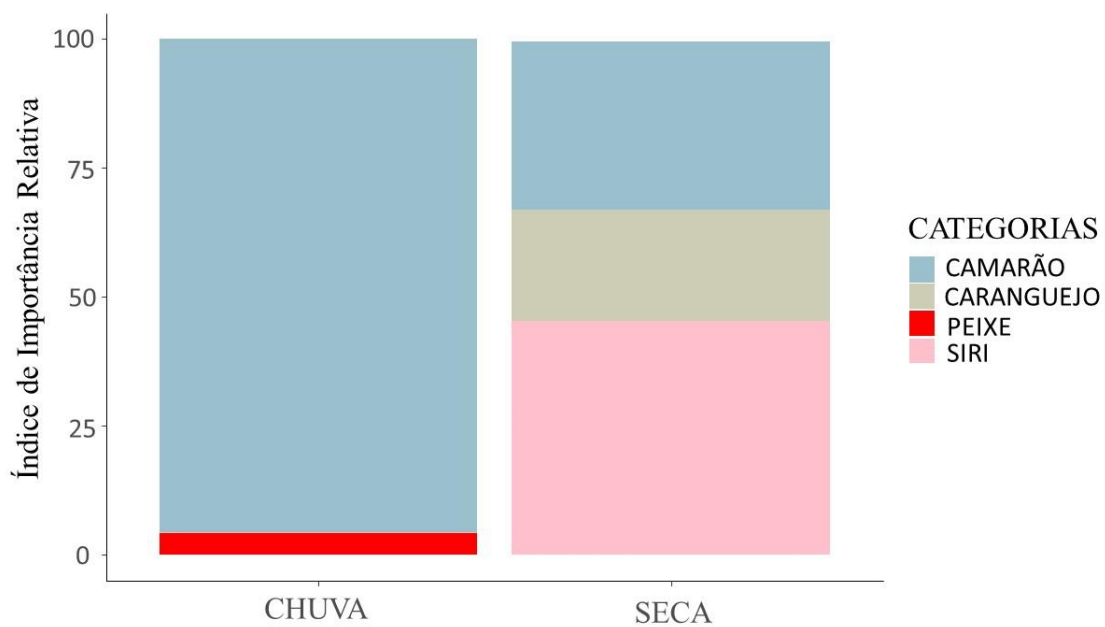


Figura 11: Índice de importância relativa (IIR%) referente as quatro categorias alimentares durante as estações chuvosa e seca, amostradas através da lavagem estomacal dos juvenis de meros *Epinephelus itajara* ao longo da região estuarina do rio São Mateus.

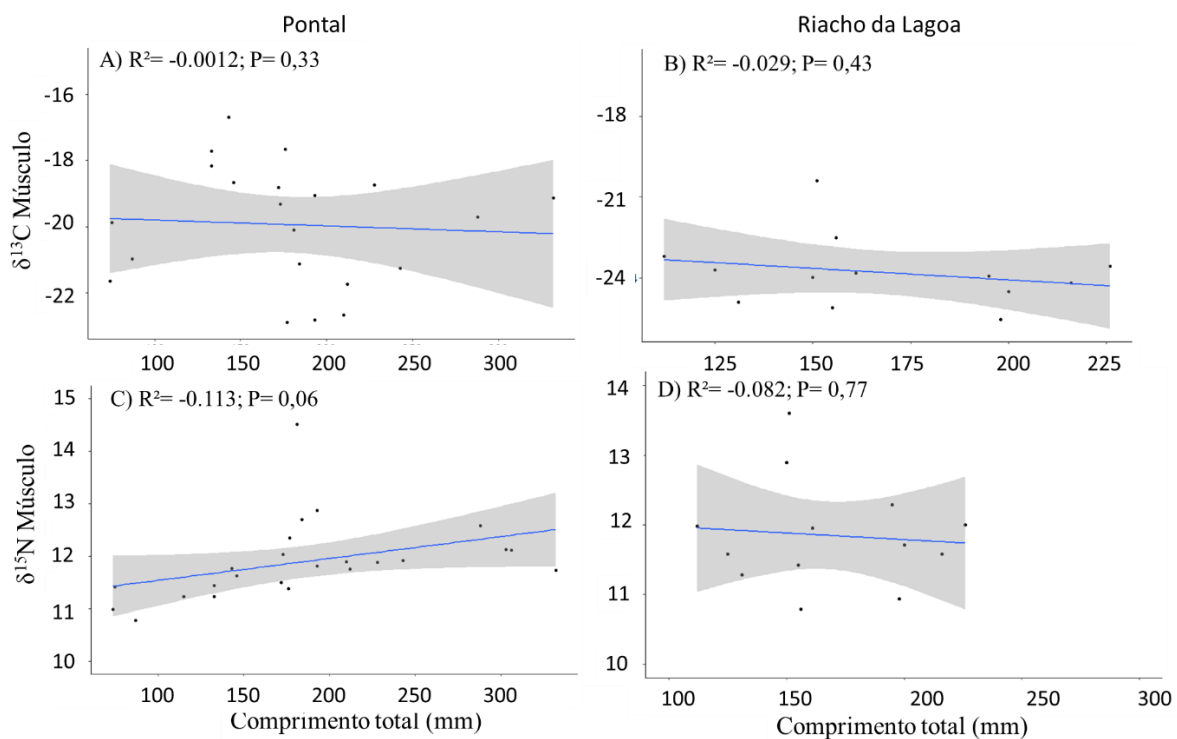
## 1 4.2 Comparação isotópica entre tecidos

2 Nessa etapa foram analisados um total de 37 meros, sendo 24 coletados no Pontal  
3 (variando entre 74 e 332 mm CT) e 13 capturados no Riacho da Lagoa (variando entre 112 e  
4 226 mm CT) (Tabela 3). Os indivíduos coletados no Pontal apresentaram, em média, valores  
5 de  $\delta^{13}\text{C}$  mais enriquecidos, tanto para os músculos quanto para os raios, em relação aos  
6 coletados no Riacho da Lagoa (Tabela 3); enquanto os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  foram muito  
7 semelhantes entre as duas regiões (Tabela 3).

8 Não foi determinada correlação significativa entre comprimento total e os valores  
9 isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) do tecido muscular (Figura 12) dos juvenis de meros coletados tanto  
10 na região do Pontal ( $\delta^{13}\text{C}$ :  $R^2 = -0.001$ ,  $p = 0,33$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ :  $R^2 = -0.113$ ,  $p = 0,06$ ; Figura 12 A, C)  
11 quanto no Riacho da Lagoa ( $\delta^{13}\text{C}$ :  $R^2 = -0.029$ ,  $p = 0,43$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ :  $R^2 = -0.082$ ,  $p = 0,77$ ; Figura  
12 12 B, D). Também não foi encontrada correlação significativa entre CT e os valores de  $\delta^{13}\text{C}$   
13 e  $\delta^{15}\text{N}$  dos raios (Figura 15), tanto para os indivíduos coletados na região do Pontal ( $\delta^{13}\text{C}$ :  $R^2$   
14  $= -0.022$ ,  $p = 0,48$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ :  $R^2 = 0.086$ ,  $p = 0,09$ ; Figura 13 A, C) quanto para os coletados no  
15 Riacho da Lagoa ( $\delta^{13}\text{C}$ :  $R^2 = -0.09$ ,  $p = 0,93$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ :  $R^2 = -0.089$ ,  $p = 0,91$ ; Figura 13 B, D).  
16 Uma vez que não houve correlações entre o CT e os valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) para  
17 ambos os tecidos (músculo e raio) e locais (Pontal e Riacho da Lagoa), as análises  
18 subsequentes serão agrupadas, independentemente do tamanho dos meros.

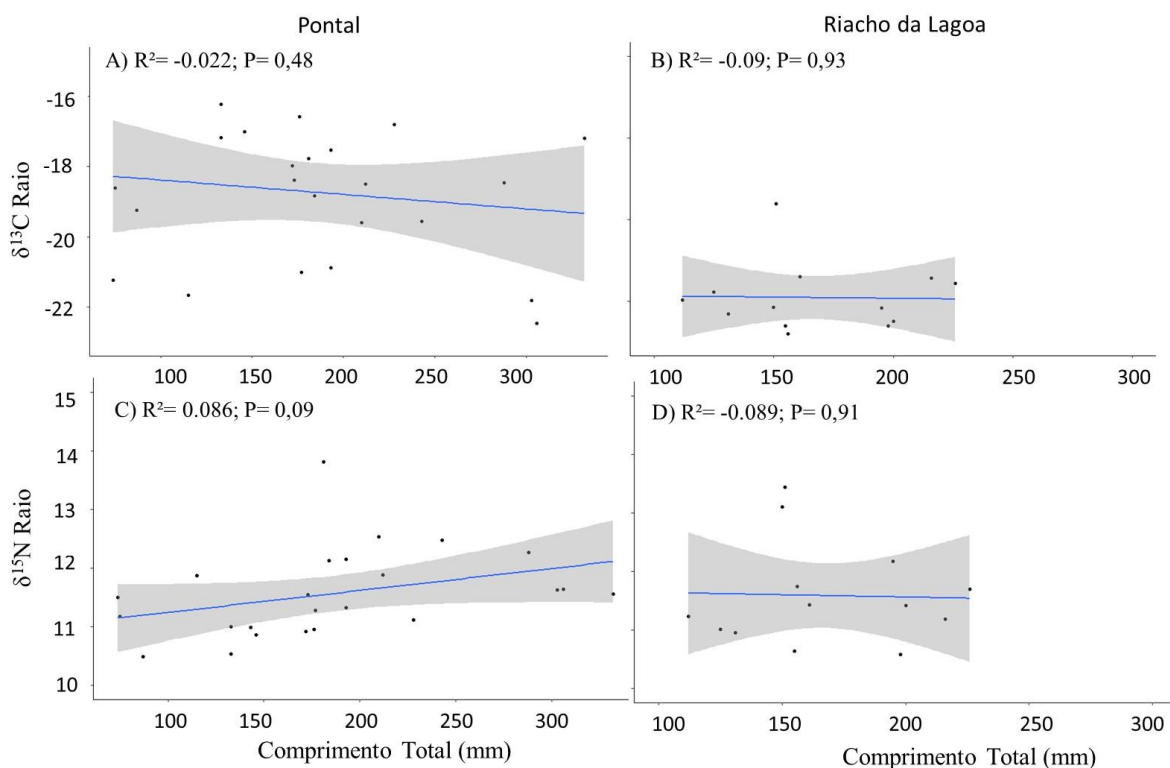
Tabela 3 - Número de amostras (n) coletadas por região do estuário do rio São Mateus, com valores médios e de desvio padrão (DP) do comprimento total (CT, mm), assim como dos valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) de músculo e dos raios dos juvenis de meros *Epinephelus itajara*.

Região	n	CT (mm)		$\delta^{13}\text{C}$ Músculo		$\delta^{15}\text{N}$ Músculo		$\delta^{13}\text{C}$ Raio		$\delta^{15}\text{N}$ Raio	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Pontal	24	187	71	-20,43	2,14	11,90	0,76	-18,74	1,95	11,56	0,75
Riacho da Lagoa	13	167	36	-23,80	1,30	11,85	0,76	-21,91	0,83	11,58	0,87



21

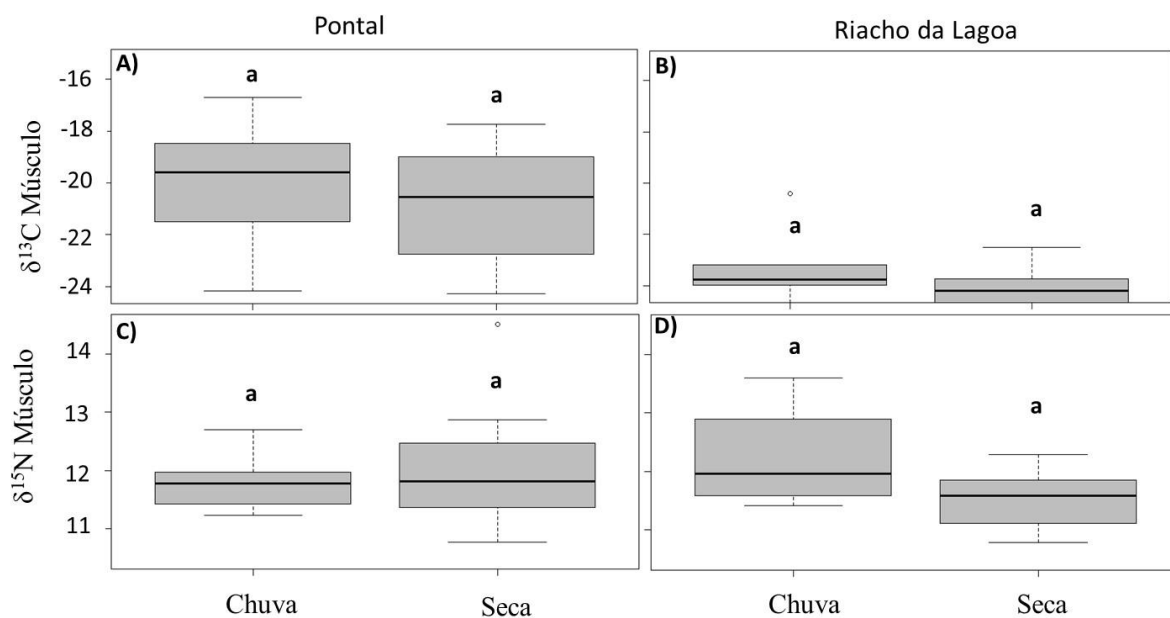
22 Figura 12: Valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) de tecido muscular dos juvenis de mero *Epinephelus*  
 23 *itajara* em função do comprimento total (CT, mm) para indivíduos coletados na região do Pontal (A,  
 24 C) e do Riacho da Lagoa (B, D) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.



25

26 Figura 13: Valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) dos raios dos juvenis de mero *Epinephelus itajara* em  
 27 função do comprimento total (CT, mm) para indivíduos coletados na região do Pontal (A, C) e do  
 28 Riacho da Lagoa (B, D) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.

29 Quando analisada a possível influência das estações chuvosa e seca na variação dos  
 30 isótopos de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  do tecido muscular, não foram encontradas diferenças significativas  
 31 para os indivíduos amostrados no Pontal nem naqueles amostrados no Riacho da Lagoa ( $p >$   
 32  $0,05$ ; Figura 14). O mesmo ocorreu para os isótopos de raio, onde não foram encontradas  
 33 diferenças significativas entre  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  com as diferentes estações (Figura 15), para  
 34 nenhuma das duas regiões ( $p > 0,05$ ; Figura 15). Sendo que não houve diferença significativa  
 35 ( $p > 0,05$ ) entre valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) e as estações do ano, para ambos os tecidos  
 36 (músculo e raio) e locais (Pontal e Riacho da Lagoa), a variável estação do ano não será mais  
 37 abordada nas demais análises.



38

39 Figura 14: Boxplots comparando  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  do músculo dos juvenis de meros *Epinephelus itajara*  
 40 entre as estações chuvosa e seca na região do Pontal (A, C) e no Riacho da Lagoa (B, D) localizados  
 41 no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo. Letras iguais indicam não haver diferenças  
 42 significativas entre as estações. Mediana = linhas horizontais em negrito na caixa; primeiro quartil =  
 43 área abaixo da linha na caixa; terceiro quartil = área acima da linha na caixa. As extremidades  
 44 superiores e inferiores do intervalo de dados nominais são definidas como distância interquartil (IQD)  
 45 + 1,5 IQD (linhas verticais), respectivamente.

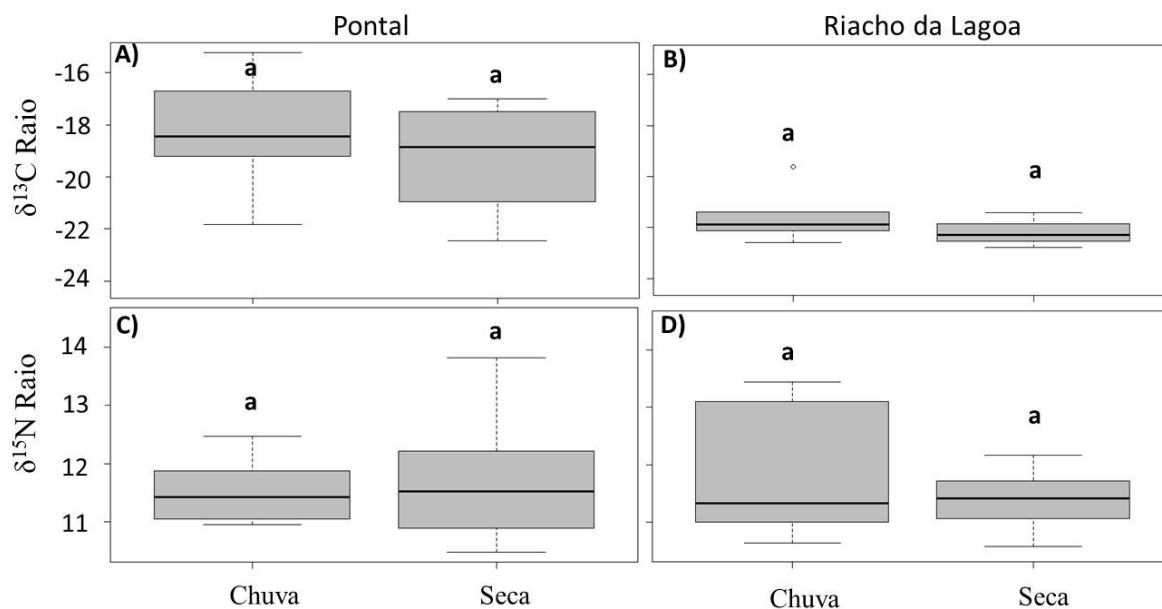


Figura 15: Boxplots comparando  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  do raio dos juvenis de meros *Epinephelus itajara* entre as estações chuvosa e seca na região do Pontal (A, C) e no Riacho da Lagoa (B, D) localizados no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo. Letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre as estações. Mediana = linhas horizontais em negrito na caixa; primeiro quartil = área abaixo da linha na caixa; terceiro quartil = área acima da linha na caixa. As extremidades superiores e inferiores do intervalo de dados nominais são definidas como distância interquartil (IQD) + 1,5 IQD (linhas verticais), respectivamente.

Ao analisar as razões isotópicas de cada tecido (músculo e raio) entre as regiões amostradas, foi possível determinar diferenças significativas no carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) entre Pontal e Riacho da Lagoa, tanto para o tecido muscular ( $p < 0,0001$ ; Figura 16A) quanto para os raios ( $p < 0,0001$ ; Figura 16B), sendo observado que o Pontal é mais enriquecido de  $\delta^{13}\text{C}$  para os dois tecidos (Tabela 3, Figura 16 A, B). Em contrapartida, não houve diferença significativa para o nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) entre os locais, nem para o tecido muscular ( $p = 0,85$ ; Figura 16C) e nem para os raios ( $p = 0,94$ ; Figura 16D).

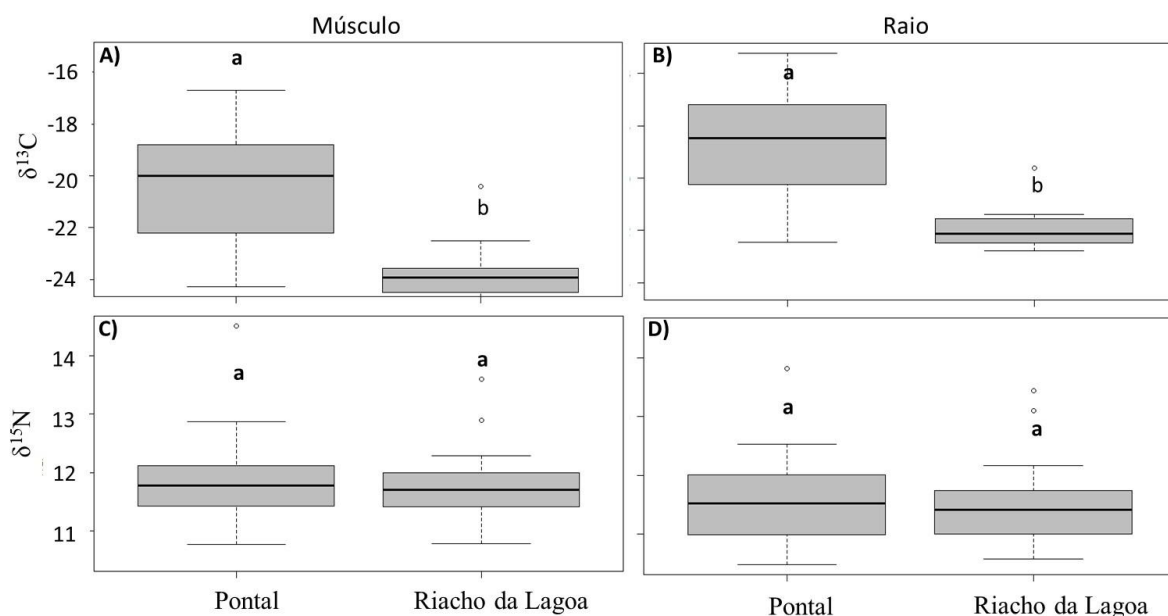


Figura 16: Boxplots comparando  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  do músculo (A, C) e raio (B, D) dos juvenis de meros *Epinephelus itajara* entre as regiões Pontal e Riacho da Lagoa localizados no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo. Letras iguais indicam não haver diferenças significativas e letras diferentes indicam haver diferenças significativas entre os locais. Mediana = linhas horizontais em negrito na caixa; primeiro quartil = área abaixo da linha na caixa; terceiro quartil = área acima da linha na caixa. As extremidades superiores e inferiores do intervalo de dados nominais são definidas como distância interquartil (IQD) + 1,5 IQD (linhas verticais), respectivamente.

Por haver diferenças significativas de  $\delta^{13}\text{C}$  entre locais (Figura 16), as comparações isotópicas entre os tecidos foram testadas de forma independente para cada um dos dois locais. Assim, foi encontrada diferença significativa entre os dois tecidos para  $\delta^{13}\text{C}$  tanto no Pontal ( $p < 0,01$ ; Figura 17A), quanto no Riacho da Lagoa ( $p < 0,001$ ; Figura 17B), sendo observado que os raios são mais enriquecidos em  $\delta^{13}\text{C}$  que os músculos, nas duas regiões amostradas (Tabela 3, Figura 18). No entanto, não foram encontradas diferenças significativas para o  $\delta^{15}\text{N}$  nem para os meros coletados no Pontal ( $p = 0,09$ ; Figura 17C) nem para os coletados no Riacho da Lagoa ( $p = 0,26$ ; Figura 17D).

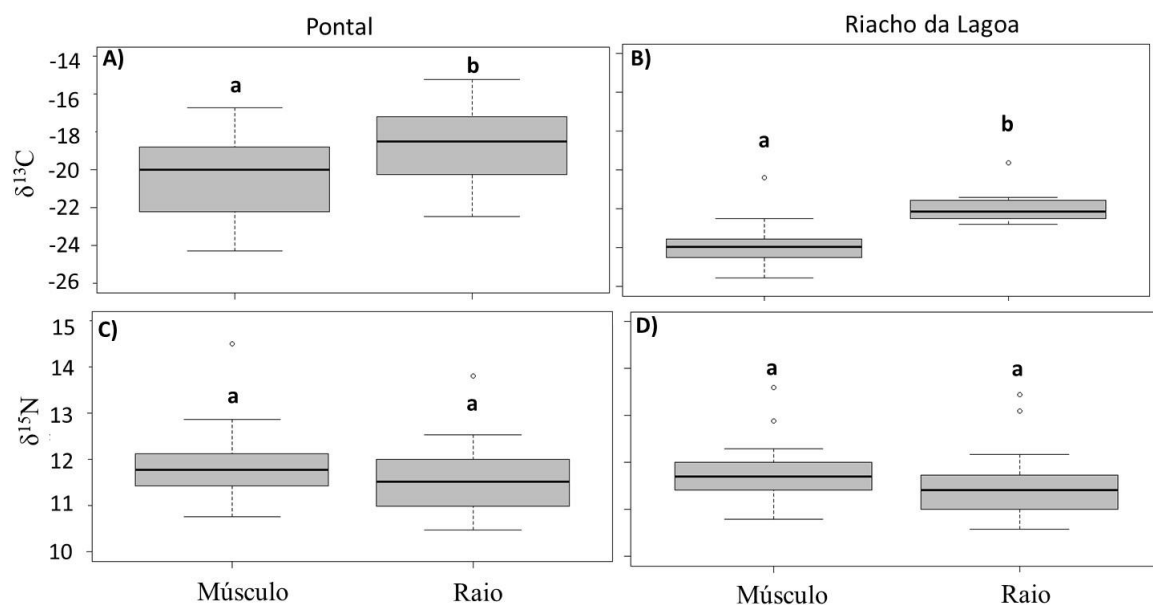


Figura 17: Boxplots comparando  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  com os tecidos, músculo e raio, no ponto Pontal a esquerda (A, C) e no ponto Riacho da Lagoa a direita (B, D) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo. Letras iguais indicam não haver diferenças significativas e letras diferentes indicam haver diferença significativa entre os tecidos. Mediana = linhas horizontais em negrito na caixa; primeiro quartil = área abaixo da linha na caixa; terceiro quartil = área acima da linha na caixa. As extremidades superiores e inferiores do intervalo de dados nominais são definidas como distância interquartil (IQD) + 1,5 IQD (linhas verticais), respectivamente.

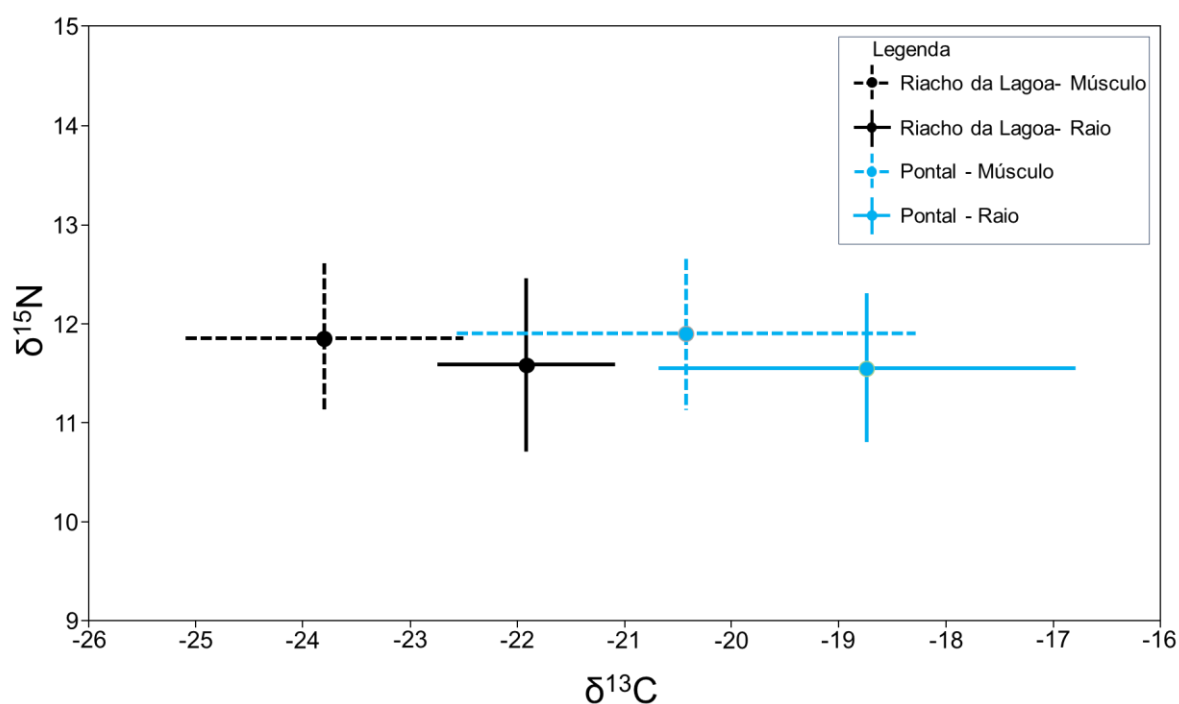


Figura 18: Biplot dos isótopos estáveis de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  (média  $\pm$  DP) de todos os tecidos musculares (linha pontilhada) e de raio (linha inteira) coletados na região do Pontal (preto) e Riacho da Lagoa (azul) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.

Foi possível determinar uma correlação positiva entre os diferentes tecidos (músculo e raio), para ambos os locais e isótopos (Figura 19). Todos os quatro modelos de regressões que podem ser usados para converter as assinaturas  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos raios para tecidos musculares revelaram relações significativas ( $p < 0,05$ ), com explicações variando entre 50% e 89% (Figura 19, Tabela 4).

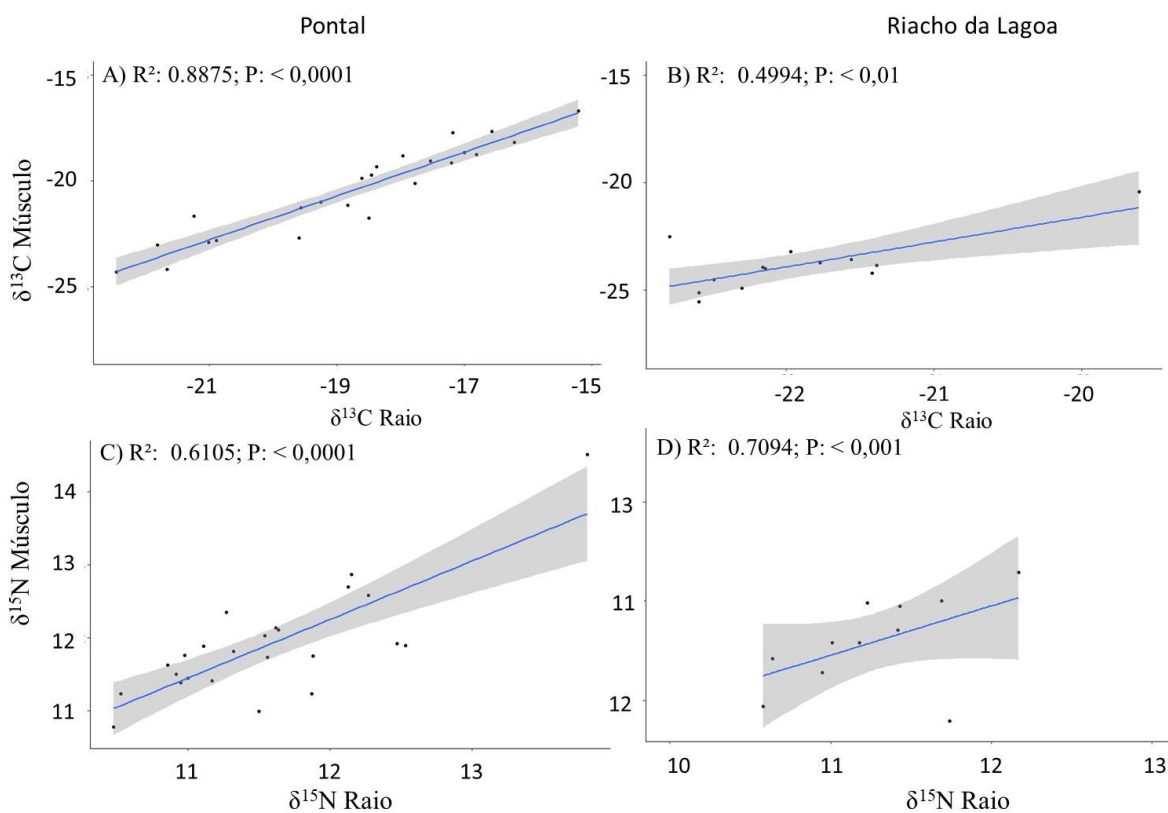


Figura 19: Regressão linear dos tecidos em relação a assimilação de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  no ponto Pontal a esquerda (A, C) e no ponto Riacho da Lagoa a direita (B, D) localizado no rio São Mateus ao norte do estado do Espírito Santo.

Tabela 4: Equações das regressões lineares conversão dos valores de isótopos estáveis ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) dos raios em valores de tecidos musculares dos juvenis de meros. ( $P < 0,05^*$ ,  $P < 0,01^{**}$  e  $P < 0,0001^{***}$ ).

Local	Isótopo estável	Equação	R <sup>2</sup>	p-valor
Pontal	$\delta^{13}\text{C}$	$y = 1,0339x - 1,0546$	0,88	***
	$\delta^{15}\text{N}$	$y = 0,8028x + 2,6151$	0,61	***
Riacho da Lagoa	$\delta^{13}\text{C}$	$y = 1,1545x + 1,4917$	0,50	**
	$\delta^{15}\text{N}$	$y = 0,7523x + 3,1331$	0,71	***

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Análise de conteúdo estomacal

A análise de conteúdo estomacal dos meros apresentou um alto percentual (~65%) de indivíduos que não regurgitaram nenhum item alimentar, sendo aqui denominados de “estômagos vazios”. Esse elevado percentual de estômagos vazios é bastante comum em grandes peixes carnívoros, pois estes consomem presas com elevado valor energético, possibilitando assim um maior tempo sem buscar alimento (Arrington *et al.*, 2002), como é visto em várias espécies de garoupas: 44% dos estômagos de meros analisados na Guiana Francesa por Artero *et al.* (2015) estavam vazios; Condini *et al.* (2011) analisando conteúdo estomacal da garoupa *E. marginatus* no sul do Brasil encontrou ~41% dos estômagos vazios e Freitas *et al.* (2017) analisando a dieta de duas espécies da família Epinephelidae no Banco de Abrolhos encontrou o mesmo padrão, tanto para a *E. morio* (~50%) quanto para a *Mycteroperca bonaci* (~70%).

Por serem predadores de emboscada (Harmelin-Vivien & Harmelin, 2022), as garoupas não ficam ativamente a procura de alimento, o que pode ocasionar elevados percentuais de estômagos vazios. Outra possibilidade pode estar ligada ao fato de muitos indivíduos regurgitarem o alimento no momento de sua captura (Condini *et al.*, 2011; Freitas *et al.*, 2017), principalmente quando se usa arte de pesca onde há uma retirada abrupta do organismo da água (*e.g.* linha e anzol), no entanto, esse parece não ser o caso em nosso estudo, uma vez que os meros ficavam presos nas armadilhas durante todo o período de captura, sofrendo pouco estresse, comparado aos demais petrechos de pesca. Outro fator que pode ter implicado no baixo N de estômagos cheios é o tempo que a armadilha fica na água de uma

coleta para a outra (05 horas e 17 horas), além do estresse que os indivíduos sofrem devido a captura. Por fim, o uso da metodologia de lavagem estomacal também pode estar influenciando a alta taxa de estômagos vazios no presente estudo, uma vez que não é possível ter certeza de que todo o conteúdo alimentar foi retirado do estômago do mero. No entanto, Baker & Fraser (2015) em experimento, mostraram que o método de lavagem estomacal pode ser bastante confiável e eficiente.

A dieta de juvenis de meros no estuário do rio São Mateus apresentou um comportamento carcinófago, sendo encontradas presas majoritariamente da carcifauna, além de alguns peixes. No entanto, nesta pesquisa foi possível identificar uma grande predominância (IIR > 80%) de pequenos camarões na dieta do mero. A alta taxa de ocorrência de crustáceos na dieta dos meros também foi relatada em outros estudos (Sadovy & Eklund, 1999; Artero *et al.*, 2015; Freitas *et al.*, 2015), no entanto, diferentemente do presente estudo, esses autores encontraram maior contribuição de crustáceos de maior porte (caranguejos, siris e lagostas), tendo baixa ocorrência de camarões. Essa diferença na base da alimentação entre esses trabalhos, provavelmente está relacionada ao tamanho dos meros analisados, uma vez que o presente estudo analisou meros inferiores a 40 cm CT e os demais estudos analisaram a dieta de indivíduos jovens a adultos (variando de 30 a mais de 150 cm CT). Essa hipótese é sustentada uma vez que diversas espécies de garoupas, inclusive o mero, apresentam variação de sua dieta ao longo de sua ontogenia, mudando de presas menores quando jovens para presas maiores a medida que aumentam de tamanho (Linde *et al.*, 2004; Conдини *et al.*, 2011; Artero *et al.*, 2015). Além do tamanho das presas, as garoupas geralmente apresentam uma mudança também em sua base alimentar, mudando de crustáceos para peixes e cefalópodes a medida que crescem em tamanho (Reñones *et al.*, 2002; Conдини *et al.*, 2015).

Apesar da ampla importância dos camarões na dieta dos meros, quando analisadas as distintas presas de forma agrupada por categorias e ao longo da estação do ano (chuva e seca), foi possível determinar uma variação consistente em sua dieta. A categoria “Camarão” foi quase que exclusiva na dieta do mero durante a estação chuvosa, no entanto, na estação seca, essa predominância foi compartilhada com as categorias “Peixe” e “Siri”. Essa variação da dieta ao longo das estações do ano podem estar associadas diretamente a disponibilidade de presas. A categoria “Camarão” ocorreu quase que exclusivamente no período chuvoso, o que pode ser explicado devido a maior abundância dos camarões da família Alpheidae (principal presa encontrada nos estômagos IIR = 62,7%) nos ambientes estuarinos durante os períodos

chuvosos (Pavanelli & Mantelatto, 2008). De acordo com esses autores, a estação chuvosa apresenta condições favoráveis para a reprodução de diversas espécies dessa família, uma vez que esse período apresenta temperaturas mais altas e elevada disponibilidade de alimento. Com relação a mudança da dieta dos meros no período seco, pode estar associada a menor precipitação e por conseguinte a maior entrada de água salgada na região estuarina, favorecendo assim a ocorrência e permanência dos siris do gênero *Callinectes*, uma vez que essas espécies possuem capacidade de realizarem osmorregulação. O trabalho de Hsueh *et al.* (2008) explica que os siris *Callinectes sapidus* realizam a osmorregulação entrando no manguezal na estação seca e saindo para o oceano durante a estação chuvosa, possuindo preferência por caminhar em ambientes de águas mais rasas, o que faz com que ele entre nos manguezais durante o período seco também.

Por fim, entende-se que o método de lavagem estomacal se mostrou muito eficiente, uma vez que muitos exemplares de meros que passaram pelo processo de lavagem estomacal foram recapturados em outras oportunidades (Com. Pess. Barbosa). Apesar do método de lavagem estomacal ser invasivo e apresentar riscos, os indivíduos recapturados, aparentemente não apresentaram problemas de natação ou de alimentação, pois em alguns casos, o mesmo indivíduo que sofreu lavagem estomacal, foi recapturado horas depois em outras armadilhas, ou seja, a procura de alimento (Com. Pess. Barbosa). Essa informação foi possível, devido ao fato de o presente estudo fazer parte de um projeto mais amplo sobre a bioecologia dos meros no estuário do rio São Mateus, onde esses indivíduos também passam pelo processo de identificação individual através da utilização de microchips de identificação.

## 5.2 Comparação isotópica entre tecidos

É frequente o uso de isótopos estáveis em estudos de ecologia trófica, uma vez que essa metodologia traz informações complementares aos estudos básicos de análise de conteúdo estomacal, possibilidade de compreensão do que realmente o predador está assimilando daquilo que é ingerido, assim como proporciona a compreensão de suas posições tróficas (Post, 2002; Fry, 2006; Phillips *et al.*, 2014; Condini *et al.*, 2015). Essa metodologia conta ainda com outra característica importante, uma vez que as análises contam com uma metodologia não letal, podendo ser analisados diferentes tecidos e estruturas, tais como: raios, músculos, mucos dérmicos, sangue e outros (Sanderson *et al.*, 2009). Uma vez que há

diferentes tecidos passíveis de serem analisados isotopicamente e, cada tecido pode apresentar diferente taxa de renovação isotópica, devido as diferenças das taxas de renovação bioquímica entre cada tecido, não é possível fazer comparações diretas de valores isotópicos analisados de diferentes tecidos (Tieszen *et al.*, 1983; Fry, 1991; Sakano *et al.*, 2005; Morais, 2016; Roberts *et al.*, 2021).

Sendo assim, não houve correlações significativas entre os valores isotópicos de ambos os tecidos e o tamanho corporal dos meros, correlação comumente encontrada em diversos estudos de peixes, principalmente relacionado ao  $\delta^{15}\text{N}$  (Artero *et al.*, 2015; Almeida *et al.*, 2022). Essa falta de correlação, provavelmente está ligada ao fato de terem sido amostrados apenas indivíduos jovens e de uma pequena amplitude de comprimento (entre 74 e 332 mm CT), uma vez que os meros se tornam adultos, em média, após um metro de comprimento e podem ainda crescer até dois metros (Sadovy & Eklund, 1999; Koenig *et al.*, 2007). Não foram encontradas diferenças significativas entre a composição isotópica dos tecidos ao longo das diferentes estações do ano, resultado oposto ao encontrado por Roberts *et al.*, 2021). Estudos mostram que durante a estação chuvosa há maior entrada de fontes primárias e presas de água doce, geralmente com valores mais deplecionados de  $\delta^{13}\text{C}$  do que as fontes primárias e presas marinhas que ocupam esses ambientes estuarinos em períodos de seca (apresentando variações de 4 a 6 ‰ (Garcia *et al.*, 2016; Bastos *et al.*, 2022). Essa variação isotópica entre as estações chuvosa e seca não foi detectada, provavelmente devido ao fato de os tecidos terem sido amostrados ao longo de janelas temporais muito longas (período seco: abril-setembro; período chuvoso: outubro-março), aumentando assim o intervalo de confiança entre as estações e não sendo possível detectar diferenças significativas.

Tanto os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de músculo quanto de raio foram mais enriquecidos na região do Pontal, quando comparado aos valores isotópicos dos meros coletados na região de Riacho da Lagoa. Inicialmente esse padrão de diferenciação não era esperado, devido à proximidade entre as duas regiões (raio inferior a 2 km). No entanto, o fato de os meros juvenis apresentarem alto grau de fidelidade a sua região de ocorrência com baixa mobilidade, com deslocamentos médios inferiores a 500 m (Eklund & Schull, 2001; Koenig *et al.*, 2007; Frias-Torres *et al.*, 2007), pode explicar essas diferenças encontradas nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  para ambos os tecidos. Uma vez que a região do Pontal é uma área aberta (Figura 3) com maior influência da desembocadura da região estuarina (maior salinidade média; Moreno-Santos *et al.*, 2022), essa região pode receber maior influência de fontes marinhas, geralmente mais enriquecidas

em  $\delta^{13}\text{C}$  (Garcia *et al.*, 2019), enquanto a região do Riacho da Lagoa é uma área estreita cercada de manguezais (vegetação do tipo C3, características por terem valores de  $\delta^{13}\text{C}$  mais deplecionados; Santos *et al.*, 2020) e ainda sofrem menor influência da água marinha comparada a região de Pontal (Moreno-Santos, 2022). Assim, mesmo apresentando uma pequena distância entre as duas regiões, as condições dos ambientes fazem com que eles se tornem isotopicamente distintos, refletindo assim nos valores isotópicos dos tecidos coletados nos juvenis de meros. Mas não foram encontradas diferenças significativas nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  entre as regiões, provavelmente devido ao fato do  $\delta^{15}\text{N}$  estar fortemente relacionado a posição trófica (Post, 2006) dos consumidores analisados. Assim, os meros em ambas as regiões, por terem tamanhos semelhantes, provavelmente estão no mesmo nível trófico.

Finalmente, foi possível determinar que os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  dos raios são significativamente maiores do que os dos músculos. Estes padrões podem ter ocorrido devido a diferença na composição química dos tecidos (Hayden *et al.*, 2015) e diferença na taxa de renovação isotópica que cada tecido realiza (Fry, 2006). Este mesmo resultado foi observado em diferentes estudos que compararam o tecido muscular com o raio de nadadeiras para outras espécies (Jardine *et al.*, 2005; Fincel *et al.*, 2012; Roberts *et al.*, 2021). Por outro lado, mesmo que diferenças significativas não tenham sido encontradas para  $\delta^{15}\text{N}$  em ambos os tecidos, foi observado que os raios estavam mais deplecionados em  $\delta^{15}\text{N}$  do que os músculos. Isto pode estar relacionado ao fato de o fator do fracionamento isotópico ser maior do que a diferença de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  nos raios e nos músculos (Sanderson *et al.*, 2009). No presente estudo foi possível observar correlação positiva e significativa entre o raio da nadadeira dorsal e o músculo, possibilitando assim a compreensão de que os tecidos utilizados neste estudo estão tendo respostas similares a assimilação de isótopos  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , à medida que o raio se torna mais enriquecido, o músculo também segue o mesmo padrão.

## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo verificou os itens mais frequentes e importantes na dieta do mero, comprovando que os meros juvenis entre as classes de tamanho 38 mm a 331 mm, se alimentam predominantemente de camarões, principalmente do gênero *Alpheus* sp. Os meros juvenis apresentam variações em sua alimentação conforme as estações chuvosa e seca,

alimentando-se predominantemente de camarões e tendo um pequeno percentual de peixes durante a estação chuvosa. Em contrapartida, os meros se alimentaram predominantemente de siris (*Callinectes* sp.) e caranguejos durante a estação seca. A descrição da dieta do mero em sua fase inicial no manguezal se faz necessária por ainda ser pouco estudada, e para compreender a relação ecológica que o mero juvenil tem com o ambiente do rio São Mateus. O método não letal utilizado neste estudo permite a compreensão da dieta e as relações ecológicas de forma segura sem precisar sacrificar o indivíduo. A análise de isótopos estáveis comprovou diferenças significativas entre os tecidos (raio e músculo) referente a assimilação isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  e em contraste não apresentou diferenças significativas para valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$ . Houve uma regressão positiva entre estes tecidos, o que possibilita uma conversão futura para outros trabalhos com comparação de tecidos. Este estudo comprova que não é necessário a utilização de métodos letais para a análise de isótopos estáveis e abre portas para novos estudos com o mero e espécies com algum grau de vulnerabilidade. Se faz ainda necessário analisar a dieta de indivíduos de maior porte e que residam nos ambientes de manguezais. As equações da reta fornecidas nesta pesquisa permitirão a comparação de tecidos em conjunto de dados previamente publicados e em dados futuros, atribuindo uma melhor compreensão sobre a ecologia e uso de habitat dos meros e também proporcionando uma maior versatilidade dos *isoscares*.

## 7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.L.; STALLINGS, C.D.; CONDINI, M.V.; GARCIA, A.M.; TZADIK, O.E.; KOENIG, C.C.; HOSTIM-SILVA, M. Nonlethal stable isotope analysis reveals consistent trophic growth of juvenile Atlantic goliath grouper *Epinephelus itajara* in Brazilian estuaries. **Bulletin of Marine Science**, v. 98, n. 1, p. 17–26, 2022. doi.org/10.5343/bms.2021.0025.

ARRINGTON, D.; WINEMILLER, K.O.; LOFTUS, W.F.; AKIN, S. How often do fishes “run on empty”? **Ecology**, v. 83, n. 8, p. 2145-2151, 2002. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2145:HODFRO]2.0.CO;2.

ARTERO, C.; KOENIG, C.C.; RICHARD, P.; BERZINS, R.; GUILLOU, G.; BOUCHON, C.; LAMPERT, L. Ontogenetic dietary and habitat shifts in goliath grouper *Epinephelus itajara* from French Guiana. **Endangered Species Research**, v. 27, n. 2, p. 155-168, 2015. https://doi.org/10.3354/esr00661.

BAKER, A.M.; FRASER, D.F. A method for securing the gut contents of small, live fish. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 105, n. 4, p. 520-522, 1976. https://doi.org/10.1577/1548-8659(1976)105<520:AMFSTG>2.0.CO;2.

BASTOS, R.F.; LIPPI, D.L.; GASPAR, A.L.B.; YOGUI, G.T.; FRÉDOU, T.; GARCIA, A.M.; FERREIRA, B.P. Ontogeny drives allochthonous trophic support of snappers: Seascape connectivity along the mangrove-seagrass-coral reef continuum of a tropical marine protected area. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 264, 2022. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107591.

BERTONCINI, A.A.; AGUILAR-PERERA, A.; BARREIROS J.; CRAIG M.T.; FERREIRA, B.; KOENIG, C. *Epinephelus itajara*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, p. 2018-2, 2018.

BORSTEIN, S. *diatr*: an R package for calculating fractional trophic levels from quantitative and qualitative diet data. **Hydrobiologia**, v. 847, n.20, p. 4285-4294, 2020. https://doi.org/10.1007/s10750-020-04417-5.

BRASIL. Portaria nº 13, de 2 de outubro de 2015. **Portaria Interministerial MPA/MMA Nº 13**. Brasília, DF, 6 out. 2015. Seção 1, p. 20. Disponível em:

[https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2015/p\\_mpa\\_mma\\_13\\_2015\\_proibe\\_pesca\\_mero.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2015/p_mpa_mma_13_2015_proibe_pesca_mero.pdf).

BUENO, L.S.; BERTONCINI, A.A.; KOENIG, C.C.; FREITAS, M.O.; LEITE, J.R.; DE SOUSA, T.F.; HOSTIM-SILVA, M. Evidence for spawning aggregations of the endangered Atlantic goliath grouper *Epinephelus itajara* in southern Brazil. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 876-889, 2016. <https://doi.org/10.1111/jfb.13028>.

BULLOCK, L.H.; MURPHY, M.D.; GODCHARLES, M.F.; MITCHELL, M.E. Age, growth, and reproduction of jewfish *Epinephelus itajara* in the eastern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 90, n. 2, p. 243-249, 1992.

BULLOCK, L.H.; SMITH, G.B. Seabasses (Pisces: Serranidae). *Memoirs of the Hourglass Cruises*. **Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory**. v.8, n. 2, p. 206, 1991.

COLIN, P.L. Preliminary investigations of reproductive activity of the jewfish, *Epinephelus itajara* (Pisces: Serranidae). **Caribbean Marine Research Center**, p.138-147. 1994.

CONDINI, M.V.; GARCÍA-CHARTON, J.A.; GARCIA, A.M. A review of the biology, ecology, behavior and conservation status of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834). **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 28, n. 2, p. 301-330, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9502-1>.

CONDINI, M.V.; HOEINGHAUS, D.J.; GARCIA, A.M. Trophic ecology of the common grouper *Epinephelus marginatus* (Actinopterygii, Epinephelidae) in coastal and neritic habitats of southern Brazil as elucidated by stomach contents and stable isotope analyses. **Hydrobiologia**, v. 743, n. 1, p. 109–125, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2016-0>.

CONDINI, M.V.; SEYBOTH, E.; VIEIRA, J.P.; GARCIA, A.M. Diet and feeding strategy of the green grouper *Mycteroperca marginata* (Actinopterygii: Epinephelidae) in an artificial rocky habitat in southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, n. 1, p. 161-168, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252011005000006>.

CRAIG, M.T.; GRAHAM, R.T.; TORRES, R.A.; HYDE, J.R.; FREITAS, M.O.; FERREIRA, B.P.; HOSTIM-SILVA, M.; GERHARDINGER, L.C.; BERTONCINI, A.A.; ROBERTSON,

D.R. How many species of goliath grouper are there? Cryptic genetic divergence in a threatened marine fish and the resurrection of a geopolitical species. **Endangered Species Research**, v. 7, n. 3, p. 167-174, 2009. <https://doi.org/10.3354/esr00117>.

CRAIG, M.T.; SADOVY, Y.; HEEMSTRA, P.C. Groupers of the world: a field and market guide. **CRC Press**, 2012.

Diagnóstico e o Prognóstico das Condições de Uso da Água na Bacia Hidrográfica do rio São Mateus como Subsídio Fundamental ao Enquadramento e Plano de Recursos Hídricos, 2018.

DINNO A, 2022. Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums. 2022.

DUBETS, H. Feeding habits of the largemouth bass as revealed by a gastroscope. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 16, n. 3, p. 134-136, 1954.

ESPÍRITO SANTO. IEMA–Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instrução Normativa, n. 008, p. 2007.

FÉLIX-HACKRADT, F.C.; HACKRADT, C.W.; GARCÍA-CHARTON, J.A. (Eds.). Biology and Ecology of Groupers. **CRC Press**, 2022.

FREITAS, M.O.; ABILHOA, V.; GIGLIO, V.J.; HOSTIM-SILVA, M.; MOURA, R. L.; FRANCINI-FILHO, R.B.; MINTE-VERA, C.V. Diet and reproduction of the giant grouper, *Epinephelus itajara* (Actinopterygii: Perciformes: Serranidae), in eastern Brazil. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 45, n. 1, p. 1-11, 2015. <https://doi.org/10.3750/AIP2015.45.1.01>

FRIAS-TORRES, S. Habitat use of juvenile goliath grouper *Epinephelus itajara* in the Florida Keys, USA. **Endangered Species Research**, v. 2, p. 1-6, 2006.

FRIAS-TORRES, S. Should the Critically Endangered Goliath grouper *Epinephelus itajara* be culled in Florida? **Oryx**, v. 47 n. 1, p. 88-95, 2013. <https://doi.org/10.1017/S0030605312000361>.

FRY, B. Stable isotope diagrams of freshwater food webs. **Ecology**, v. 72, n. 6, p. 2293-2297, 1991.

FRY, B. Isotopes and their elements. 2006.

GARCIA, A.M.; HOEINGHAUS, D.J.; VIEIRA, J.P.; WINEMILLER, K.O. Isotopic variation of fishes in freshwater and estuarine zones of a large subtropical coastal lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 73: 399–408, 2007.

GARCIA, A.M.; CLAUDINO, M.C.; MONT'ALVERNE, R.; PEREIRA, P.E.R.; COPERTINO, M.; VIEIRA, J.P. Temporal variability in assimilation of basal food sources by an omnivorous fish at Patos Lagoon Estuary revealed by stable isotopes (2010–2014). **Marine Biology Research**, v. 13, n. 1, p. 98–107, 2016. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1206939>.

GARCIA, A.M.; OLIVEIRA, M.C.L.M.; ODEBRECHT, C., COLLING, A.L.; VIEIRA, J.P.; RODRIGUES, F.L.; BASTOS, R.F. Allochthonous versus autochthonous organic matter sustaining macroconsumers in a subtropical sandy beach revealed by stable isotopes. **Marine Biology Research**, v. 15, p. 241-258. 2019.

GERHARDINGER, L.C.; MARENZI, R.C.; BERTONCINI, A.A.; MEDEIROS R.P.; HOSTIM-SILVA, M. Local Ecological Knowledge on the Goliath Grouper *Epinephelus itajara* (Teleostei: Serranidae) in Southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 4, p.441-450, 2006.

GIGLIO, V.J.; ADELIR-ALVES, J.; GERHARDINGER, L.C.; GRECCO, F.C.; DAROS, F.A.; BERTONCINI, A.A. Habitat use and abundance of goliath grouper *Epinephelus itajara* in Brazil: a participative survey. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, p. 803-810, 2014.

HARMELIN-VIVIEN, M.; HARMELIN, J.G. Biologia Alimentar de Garoupas. Livro Biologia e Ecologia de Garoupas. 2022.

HEEMSTRA, P.C.; RANDALL, J.E. FAO species catalogue: Groupers of the world (Family Serranidae, subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. **FAO Fisheries Synopsis**, v.16, n. 125, p. 1–382, 1993.

HOSTIM-SILVA, M.; BERTONCINI, A.A.; GERHARDINGER, L.C.; MACHADO, L.F. The “Lord of the Rock’s” conservation program in Brazil: the need for a new perception of

marine fishes. **Coral Reefs**, v. 24, n. 1, p. 74, 2005. [https://doi.org/ 10.1007/s00338-004-0437-3](https://doi.org/10.1007/s00338-004-0437-3).

HSUEH, P.W.; McCLINTOCK, J.; HOPKINS, T. Population Dynamics and Life History Characteristics of the Blue Crabs *Callinectes similis* and *C. sapidus* in Bay Environments of the Northern Gulf of Mexico. **Marine Ecology**v. 14, n. 3, p. 239–257, 1993. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1993.tb00482.x>.

INOUE, L.A.K.A.; MORAES, G. Óleo de cravo: um anestésico alternativo para o manejo de peixes Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. 24 p. - (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos; 51).

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. Portaria Nº 13, 2 de outubro de 2015. Proíbe, nas águas jurisdicionais brasileiras, por um período de oito anos, a pesca direcionada, retenção a bordo e transbordo do mero (*Epinephelus itajara*) em águas jurisdicionais brasileiras, bem como o desembarque, armazenamento, transporte e a comercialização de exemplares dessa espécie em todo o território nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 2 out. 2015.

IUCN. 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. Disponível em: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Acesso em: 2 janeiro 2023.

GANNES, L. Z.; DEL RIO, C. M.; KOCK, P. Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiological ecology. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Oxford, v. 119a, n. 3, p. 725-737, 1998.

Grupo de especialistas em garoupas e bodiões da IUCN. 2018. *Epinephelus itajara* (dados espaciais). A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2022-2. <https://www.iucnredlist.org> . Acesso em 05 de janeiro de 2023.

JERNEJCIC, F. Use of emetics to collect stomach contents of walleye and largemouth bass. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 98, n.4, p. 698-702, 1969. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1969\)98\[698:UOETCS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1969)98[698:UOETCS]2.0.CO;2).

KAMLER, J.F.; POPE, K.L. Nonlethal Methods of Examining Fish Stomach Contents. **Reviews in Fisheries Science**, v. 9, n. 1, p. 1–11, 2001.

<https://doi.org/10.1080/20016491101663>.

KOENIG, C.C.; COLEMAN, F.; EKLUND, A.M.; SCHULL, J.; UELAND, J. Mangroves as essential nursery habitat for goliath grouper (*Epinephelus itajara*). **Bulletin of Marine Science**, v. 80, n. 3, p.567–586, 2007.

KOENIG, C.C.; COLEMAN, F.C.; KINGON, K.C. Recovery of the goliath grouper (*Epinephelus itajara*) population of the Southeastern U. S. **Proceedings of the 62nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute**, p. 219-223, 2010.

LAEGDSGAARD, P.E.; JOHNSON, C.R. Mangrove habitats as nurseries: unique assemblages of juvenile fish in subtropical mangroves in eastern Australia. **Marine Ecology Progress Series**, v. 126, n. 1-3, p. 67-81, 1995.

LARA, M.R.; SCHULL, J.; JONES, D. L.; ALLMAN, R. Early life history stages of goliath grouper *Epinephelus itajara* (Pisces: Epinephelidae) from Ten Thousand Islands, Florida. **Endangered Species Research**, v. 7, n. 3, p. 221–228, 2009. <https://doi.org/10.3354/esr001933>.

LINDE, M.; GRAU, A.M.; RIERA, F.; MASSUTI-PASCUAL, E. Analysis of trophic ontogeny in *Epinephelus marginatus* (Serranidae). **Société Française d'Ichtyologie**, v. 28, n.1, p.27-35, 2004. <https://doi.org/10.26028/cybium/2004-281-004>.

LOPES, C. A.; BENEDITO-CECILIO, E. Variabilidade isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) em produtores primários de ambientes terrestres e de água doce. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 2, p. 303-312, 2002.

MA, K.Y.; CRAIG, M.T. An Inconvenient Monophyly: An Update on the Taxonomy of the Groupers (Epinephelidae). **Copeia**, v. 106, n. 3, p. 443-456, 2018.

MARSHALL, J.D.; BROOKS, J.R.; LAJTHA, K. Sources of variation in the stable isotopic composition of plants. In: Mitchener R, Lajtha K (eds) *Stable isotopes in ecology and environmental science*. **Blackwell Scientific**, Oxford, p 22–60, 2007.

MARKUS, H.C. The extent to which temperature changes influence food consumption in largemouth bass (*Huro/loridana*). **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 62, p. 202-210, 1932.

MONT'ALVERNE, R. Uso de isótopos estáveis (c, n, s) no estudo de relações tróficas de peixes: variações ao longo de gradientes espaciais e salinos. **Tese do Programa de pós graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande – FURG**, 2016.

MORENO-SANTOS, R. A. O uso do hábitat por juvenis do mero *Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822) (Perciformes: Epinephelidae) no estuário do rio Cricaré, norte do Espírito Santo. **Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental**, 2022.

PAVANELLI, MOSSOLIN, E.; MANTELATTO, F. Reproductive strategy of the snapping shrimp *Alpheus armillatus* H. Milne-Edwards, 1837 in the South Atlantic: fecundity, egg features, and reproductive output. **Invertebrate Reproduction & Development**, v. 52, n. 3, p. 123-130, 2008. <https://doi.org/10.1080/07924259.2008.9652280>.

PEREIRA, L.A.; BENEDITO, E. Stable Isotopes in Ecological Studies: Methods, Applications and Perspectives. **Revista Biociências Taubaté**, v. 13, n. 1-2, p. 16-27, 2007.

POST, D.M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. **Ecology**, v. 833, n. 3, p. 703-718, 2002.

POST, D.M.; LAYMAN, C.A.; ARRINGTON, D.A.; TAKIMOTO, G.; QUATTROCHI, J.; MONTAÑA, C.G. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. **Oecologia**, v. 152, n. 1, p. 179–189, 2007. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0630-x> Epub 2007 Jan 16. PMID: 17225157.

R, CORE TEAM Core (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.Rproject.org/>.

REUSS-STRENZEL, G.M.; ASSUNÇÃO, M.F. Etnoconhecimento ecológico dos caçadores submarinos de Ilhéus, Bahia, como subsídio à preservação do mero (*Epinephelus itajara* Lichtenstein, 1822). **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 8, n. 2, p. 203-19, 2008. <https://doi.org/10.5894/rgci137>.

ROBERTS, K.; LUND, T.; HAYDEN, B.; POESCH, M. Season and species influence stable

isotope ratios between lethally and non-lethally sampled tissues in freshwater fish. **Journal of Fish Biology**, v. 100, n. 1, p. 229-241, 2021. <https://doi.org/10.1111/jfb.14939>.

SADOVY, Y.; CRAIG, M.; BERTONCINI, A.A.; CARPENTER, K.; CHEUNG, W.; CHOAT, J.; CORNISH, A.; FENNESSY, S.; FERREIRA, B.; HEEMSTRA, P.; LIU, M.; MYERS, R.; POLLARD, D.; RHODES, K.; ROCHA, L.; RUSSELL, B.; SAMOILYS, M.; SANCIANGCO, J. Fishing groupers towards extinction: A global assessment of threats and extinction risks in a billion dollar fishery. **Fish and Fisheries**, v. 14, n. 2, p. 119-136, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00455.x>.

SADOVY, Y.; EKLUND, A. Synopsis of biological data on the Nassau grouper, *Ephinephelus striatus*, and the Jewfish, *E. itajara* (Lichtenstein, 1822). **NOAA Technical Report NMFS**, v. 146, 1999.

SAKANO, H.; FUJIWARA, E.; NOHARA, S.; UEDA, H. Estimation of nitrogen turnover rate of *Oncorhynchus nerka*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 72, p.13-18, 2005. <https://doi.org/10.1007/s10641-004-4187-4>.

SANDERSON, B.; TRAN, C.; COE, H.; PELEKIS, V.; STEEL, E.; REICHERT, W. Nonlethal Sampling of Fish Caudal Fins Yields Valuable Stable Isotope Data for Threatened and Endangered Fishes. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 138, n. 5, p. 1166-1177, 2009. <https://doi.org/1166-1177>. 10.1577/T08-086.1.

SANTOS, E.; CONDINI, M.V.; CLISTENES, A.; ALVAREZ, H.; MORAES, L.; GARCIA, A.; GARCIA, A.M. Spatio-Temporal Changes in Basal Food Source Assimilation by Fish Assemblages in a Large Tropical Bay in the SW Atlantic Ocean. **Estuaries and Coasts**, v. 43, n. 4, p. 894-908, 2020. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00716-1>.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal ecossistema entre a terra e o mar São Paulo, **Caribbean Ecological Research**, 1995.

SEABURG, K. G. A stomach sampler for live fish. **The Progressive Fish-culturist**, v. 19, n. 3, p. 137-139, 1957. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1957\)19\[137:ASSFLF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1957)19[137:ASSFLF]2.0.CO;2)

SMITH, W.L.; CRAIG, M.T. Casting the Percomorph net widely: the importance of broad taxonomic sampling in the search. **Copeia**, p. 35-55, 2007. <https://doi.org/10.1643/0045->

8511(2007)7[35:CTPNWT]2.0.CO;2.

SWEETING, C.; POLUNIN, N.; JENNINGS, S. Effects of chemical lipid extraction and arithmetic lipid correction on stable isotope ratios of fish tissues. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v. 20, n. 4, p. 595-601, 2006. <https://doi.org/10.1002/rcm.2347>.

TIESZEN, L.L.; BOUTTON, T.W.; TESDAHL, K.G.; SLADE, N.A. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for  $\delta^{13}\text{C}$  analysis of diet. **Oecologia**, v. 57, n. 1-2, p. 32–37, 1983. <https://doi.org/10.1007/BF00379558>.

TOGNELLA-DE-ROSA, M.M.P.; LEOPOLDO, R.V.S. Diversidade estrutural das florestas de mangue da costa central e norte do espírito santo: contribuições para entendimento de funções ecossistêmicas. **Enciclopedia Biosfera**, v. 17, n. 33, 2020.

TZADIK, O.E.; GODDARD, E.A.; HOLLANDER, D.J.; KOENIG, C.C.; STALLINGS, C.D. Non-lethal approach identifies variability of  $\delta^{15}\text{N}$  values in the fin rays of Atlantic Goliath Grouper, *Epinephelus itajara*. **PeerJ**, v. 3, p. e1010, 2015.

VALE, C.C.; ROSS, J.L.S. As transformações morfológicas e fitogeográficas do estuário do Rio São Mateus, litoral norte do estado do Espírito Santo, entre 1970 e 2008. **Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo**, p. 3–23, 2011. <https://doi.org/10.7154/RDG.2011.0021.0001>.

VOINAROVICETT. Device for the extraction of stomach contents of predatory fishes, *Esox lucius*, *Stizostedionlu cioperca*, *Silurus glanis*, and others. Nauchn-Tekh. Byul. Vses. Nauchn-Issled. Inst. Ozernogo i Rechnogo Rybn. Khoz. 6/7. 108-109, 1958.

WIRTZ, P.; BINGEMAN, J.; BINGEMAN, J.; FRICKE, R.; HOOK, T.J.; YOUNG, J. The fishes of Ascension Island, central Atlantic Ocean - new records and an annotated checklist. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 97, n. 4, p. 783–798, 2017.