

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE BIOLÓGICA E
CONSERVAÇÃO NOS TRÓPICOS/PPG-DIBICT**

MARCIA FERREIRA DE SOUSA

**DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DA TAINHA *Mugil liza*
Valenciennes, 1836, NO SISTEMA LACUNAL COSTEIRO TROPICAL MUNDAU –
MANGUABA, ALAGOAS**

Maceió – AL

2013

MARCIA FERREIRA DE SOUSA

**DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DA TAINHA *Mugil liza*
Valenciennes, 1836, NO SISTEMA LACUNAL COSTEIRO TROPICAL MUNDAU –
MANGUABA, ALAGOAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

Orientadora: Dra. Nídia Noemi Fabré

Maceió - AL

2013

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

S725d Sousa, Marcia Ferreira de.
Determinação da idade e crescimento da tainha *Mugil liza* Valenciennes,
1936 no sistema lacunal costeiro tropical Mundaú – Manguaba, Alagoas / Marcia
Ferreira de Sousa. – 2013.
79 f. : il.

Orientadora: Nídia Noemi Fabré.
Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) –
Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde.
Maceió, 2013.

Inclui bibliografias.

1. Mugilidae. 2. Estuário tropical. 3. Otólitos. 4. Tainha – Crescimento sazonal. 5. Tainha – Crescimento populacional. I. Título.

CDU: 597.5:639.2.053.2

Folha de aprovação

Márcia Ferreira de Sousa

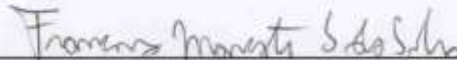
DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DA TAINHA
MUGIL LIZA VALENCIENNES, 1836, NO SISTEMA LACUNAL
COSTEIRO TROPICAL MUNDAU-MANGUABA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

Dissertação aprovada em 08 de fevereiro de 2013.

Prof.^a. Dr.^a. Nidia Noemi Fabré - UFAL

Orientadora



Prof. Dr. Francisco Marcante Santana da Silva – UFRPE
(membro titular)



Prof. Dr. Cláudio Luis Santos Sampaio – UFAL
(membro titular)



Prof. Dr. Richard James Ladle – UFAL
(membro titular)

MACEIÓ - AL
Fevereiro / 2013

*Aos meus amados pais, Antonio Ferreira e Maria de Fatima, por investirem na minha
educação e por me incentivarem a perseguir meus objetivos.
À minha amiga, Maria Dias, que com muito carinho e paciência me ajudou a
prosseguir, torcendo pelo meu sucesso a cada dia.*

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é fruto de muito esforço, trabalho e principalmente persistência. Alguns momentos foram especialmente difíceis, porém muitas pessoas se fizeram fundamentais, a essas pessoas, minha eterna gratidão.

Primeiramente a Deus, que tudo tem feito em minha vida desde os anos iniciais de minha jornada educacional.

Aos meus pais pela constante valorização e incentivo aos estudos, mesmo nos momentos de maiores dificuldades e que não foram poucos.

À professora Dra. Nídia Noemi Fabré, que apostou em mim, mesmo eu não sendo da área de peixes e que vem ao longo desses dois anos servindo de exemplo de como ser uma boa pesquisadora. São tenho a agradecer por todo apoio e compreensão.

Ao Professor Dr. Vandick da Silva Batista, que sempre me incentivou a ir mais longe, a superar as dificuldades e a compreender um pouco da estatística e seus modelos complexos e necessários para o mundo da ciência.

  Jordana Rangely, que me ajudou na aula de Pr -qualifica o, montagem do pré-projeto, identifica o das espécies de tainhas e na extra o de otólitos, muito obrigado mesmo.

A Marcelo Reis por ter me ensinado a pesquisar no Web of Knowledge e a pesquisar artigos de alto impacto e por todo aprendizado repassado nas atividades do LaEPP.

  Cynthia Diniz, Ruan Faquin, Carollinny Vilas Boas e Herick Santana por terem me ajudado com os c culos, gráficos e imagens.

  minha família que mesmo distante, sempre está torcendo por mim, mesmo sem entender muito do meu estudo, sempre incentivaram a persistir.

 s minhas amigas de longa data, Maria Dias de Brito e Larissa Vieira Silva, que me apoiaram sempre, sendo minhas psicólogas nos momentos difíceis e nos felizes.

Aos verdadeiros amigos que encontrei ao longo dessa jornada, que tornaram o trabalho do laboratório divertido e que apresentam uma qualidade tão difícil de encontrar – o companheirismo: Cynthia Diniz, Tayana Costa, Daniele Souto, Hiran Batista, Any Caroline, Nathallia Salvador, Victor Emanuel, Elizabeth Costa, Henrique Grande, Heverton Alencar, Aretha Cunha e Joyce Queiroz.

  Juliane Barreto por ter corrigido os erros gramaticais contidos no texto desta disserta o.

Aos professores doutores: Francisco Marcante Santana da Silva, Cláudio Luiz Santos Sampaio e Vandick da Silva Batista, que compuseram minha banca de avaliação continuada, apresentando sugestões essenciais para o bom andamento desta pesquisa.

À Professora Rosângela Paula Teixeira Lessa por ceder espaço de seu Laboratório (DIMAR/UFRPE) para a realização preparação de cortes dos otólitos.

Ao professor Dr. Francisco Marcante Santana da Silva, pelo acolhimento durante o período que estive cortando otólitos em Recife e por fazer parte da minha banca de Qualificação.

Aos professores do PPGDiBiCT - UFAL, pela dedicação, empenho e profissionalismo na condução das disciplinas do curso.

Aos professores: Dr. Cláudio Luis Santos Sampaio, Dr. Francisco Marcante Santana da Silva e Dr. Richard Ladle, por ter aceitado o convite de estar na minha banca de defesa da dissertação.

A todos os amigos do mestrado com quem compartilhei momentos de descontração e que, mesmo de forma pontual, me auxiliaram na construção deste trabalho.

Aos pescadores de tainha do Pontal e do Vergel, pessoas conhecedoras dos peixes que ocorrem no CELMM e que me ajudaram com as coletas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos – UFAL, pela oportunidade de estudo concedida e subir mais um degrau na minha escalada profissional.

Ao Laboratório de Ecologia, Peixes e Pesca/UFAL pelo fornecimento da infraestrutura e logística para a realização desta pesquisa.

À Melânia Pedrosa, secretária do PPGDiBiCT – UFAL, que com muito carinho sempre ajudou no que era solicitado.

À CAPES e à FAPEAL pela bolsa de estudo sem a qual possivelmente não teria condições de fazer o mestrado morando em Maceió.

A todos que contribuíram direta e indiretamente com a realização desse projeto.

RESUMO

Os ambientes tropicais têm a sazonalidade marcada pela pluviosidade. Nos estuários, essa variação é caracterizada por aumento da produtividade durante o período chuvoso, alterando todos os níveis da cadeia trófica e o ritmo de crescimento de peixes estuarinos. A tainha *M. liza* é uma das espécies estuarino-dependentes mais explorada pela pesca em Alagoas. A ausência de parâmetros populacionais inviabiliza a gestão do recurso com bases técnico-científicas. Dessa forma os objetivos da presente dissertação são: a) identificar qual fator biótico ou abiótico está relacionado ao ritmo de crescimento sazonal de *M. liza* no estuário da Lagoa Mundaú; b) estimar os parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy, a longevidade e a mortalidade natural (M). Para tanto, coletas mensais foram realizadas (julho/2011 a junho/12) no estuário da Lagoa Mundaú, Alagoas, Brasil. Foram coletados 553 indivíduos com comprimento total (Ct) entre 7 e 78 cm. As fêmeas foram menores que os machos. A análise do incremento marginal relativo (IMR) indica uma diminuição significativa no ritmo de crescimento em agosto, como consequência ocorre a deposição de uma marca anual de crescimento lento, coincidindo com o período reprodutivo dos adultos, alta pluviosidade e baixa salinidade. Nos peixes jovens o ritmo de crescimento diminui durante a estação seca (dez-fev) provocada por baixa disponibilidade de oxigênio. Os parâmetros aqui estimados constituem os primeiros valores para a espécie em regiões tropicais: $L_{\infty} = 71$ cm; $k = 0,28$; $t_0 = -0,14$ anos (grupos de idade de 1-8 anos); longevidade ($A_{0,95} = 10,6$ anos), mortalidade natural de 0,28 e mortalidade de Pauly de -0,50. *M. liza* pode ser considerada como uma espécie com taxa de crescimento moderado e os resultados corroboram o obtidos para a mesma espécie em outras regiões tropicais, mas difere dos parâmetros obtidos em regiões temperadas. Neste contexto, o presente estudo pode servir como base para planos de manejo da espécie no referido estuário.

Palavras-chave: Mugilidae. Estuário tropical. Otólitos. Tainha – Crescimento sazonal.

ABSTRACT

Seasonality in tropical environments is mainly characterized by changes in rainfall. In tropical estuaries is primarily characterized by seasonal variations in chlorophyll-*a* and suspended matter, these are more abundant in the rainy season, increasing the productivity of these ecosystems and, more specifically, providing food for mullet species. The lebranche *M. liza* is one of the most species exploited by fisheries in Alagoas. Added to these factors the dearth of studies on age and growth in tropical regions, makes resource management based on technical and scientific bases hindered. The main objectives of this thesis are: a) identify which biotic and abiotic factor is related to the seasonal rhythm of growth of *M. liza* on Lagoon estuary and Mundaú; (b) to estimate the parameters of von Bertalanffy growth, age limit ($t_{0.95}$) natural mortality (M) and understand the dynamics of the life cycle of *M. liza* in the estuary of Lagoa Mundaú - Alagoas, Brazil. For this purpose, monthly samples were taken (between July/11 Jun/12) in the estuary of Lagoa Mundaú. We collected 553 individuals with total length (Lt) between 7 and 78 cm. The females were lower ($L_{t_{mean}}=45.69 \pm 12.65$ cm) than males ($L_{t_{mean}}= 47.86 \pm 9.54$). Analysis of relative marginal increment (RMI) in the marks deposited in otoliths of *M. liza* indicates a significant decrease in the growth rate in August, consequence of a slow-growing brand year, coinciding with the period reproductive adults, high rainfall (211 ± 94) and low salinity ($3.49 +0.05$) in a estuary. Young fish in the growth rate decreases during the dry season (Dec-Feb) caused by low oxygen availability. The growth parameters estimated to *M. liza*, constitute the first estimated values for the species in the tropics as: L_{∞} (cm) = 71 cm; $k = (\text{years}^{-1}) = 0.28$; t_0 (years) = -0.14 (age groups of 1-8); longevity ($A_{0, 95} = 10.6$) years and $M = 0.28$. *M. liza* is therefore regarded as a species of moderate to rapid growth rate, with a relatively low longevity and a high natural mortality rate, compared to other species of Mugilidae. These results corroborate with obtained for the same species in subtropical regions, but differ from the parameters obtained in temperate regions. In this context, this study can serve as a basis for management of the species in that estuary.

Key-words: Mugilidae. Estuary tropical. Otoliths. Mullet. Seasonal growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da área de estudo de <i>M. liza</i> , Lagoa Mundaú, Nordeste do Brasil.....	25
Figura 2. Espécime de <i>Mugil liza</i> coletado no estuário da Lagoa Mundaú, Alagoas, Brasil....	26
Figura 3. Otólito de <i>M. liza</i> com as indicações do início de cada marca de crescimento lento seguido por zonas opacas representantes de crescimento rápido.....	28
Figura 4. Frequência relativa dos comprimentos da tainha <i>M. liza</i> coletadas no estuário da Lagoa Mundaú na estação seca e chuvosa.....	32
Figura 5. Proporção sexual de tainha <i>M. liza</i> por classe de comprimento no estuário da Lagoa Mundaú.....	34
Figura 6. Frequência de indivíduos por mês e por estágio de maturação gonadal de <i>M. liza</i> : I - imaturo, II – em maturação, III- maduro, IV – pós-desova, V – em repouso.....	35
Figura 7. Variação mensal do índice gonadossomático (IG) da tainha <i>M. liza</i> na Lagoa Mundaú, de julho de 2011 a 2012	35
Figura 8. Variação mensal do índice de condição (IC) da tainha <i>M. liza</i> capturada na Lagoa Mundaú, de julho de 2011 a 2012.....	36
Figura 9. Variação mensal do índice hepatossomático (IH) da tainha <i>M. liza</i> capturada na Lagoa Mundaú, de julho de 2011 a 2012.....	37
Figura 10. Variação mensal do índice alimentar (IA) da tainha <i>M. liza</i> capturada na Lagoa Mundaú, de julho de 2011 a 2012.....	37
Figura 11. Relação peso- comprimento total (a) (n=553), de fêmeas (n=155) e machos (n=173) da tainha <i>M. liza</i> coletada na Lagoa Mundaú entre julho de 2011 a junho de 2012.....	38
Figura 12. Diminuição das distâncias das marcas de crescimento com o aumento do número de marcas em otólitos de <i>M. liza</i>	39
Figura 13. Distribuição da frequência relativa dos raios dos anéis primeiro a quinto dos otólitos <i>Sagittae</i> de <i>M. liza</i> na Lagoa Mundaú	40
Figura 14. Variação mensal dos valores médios do incremento marginal relativo IMR com seus correspondentes erros padrões: total (a), adultos (b) e jovens (c) <i>versus</i> a pluviosidade.....	41
Figura 15. Curva de crescimento de <i>Mugil liza</i> , estabelecidas de acordo com o modelo de von Bertalanffy. Total (a), fêmeas (b) machos (c)	45
Figura 16. Comprimento de primeira maturação sexual (L_{50}) para sexos combinados, fêmeas, machos de <i>M. liza</i>	47

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Frequência dos tamanhos das marcas de crescimento nos otólitos onde x = média; Sd= desvio padrão; S= coeficiente assimetria; D = teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; p-crítico (probabilidade de significância; n= amostra)..... 40
- Tabela 2. Correlação de Pearson entre as variáveis bióticas e abióticas que influenciam o crescimento de adultos de *M. liza* no estuário da Lagoa Mundaú. Valores em negrito são significativos ($p < .05$). IGS (Índice gonadossomático); IC (índice de condição); IA (índice alimentar); IH (índice hepatossomático); IMR (incremento marginal relativo); Sal(salinidade); Pluv (pluviosidade); Temp (temperatura)..... 42
- Tabela 3. Coeficientes da correlação de Pearson entre as variáveis bióticas e abióticas que influenciam o crescimento de jovens de *M. liza* no estuário da Lagoa Mundaú. Valores em negrito são significativos ($p < 0,05$)..... 43
- Tabela 4. Valores estimados para os parâmetros do modelo de regressão múltipla de Morita; Matsuishi (2001) 43
- Tabela 5. Média do comprimento total e desvio padrão por idade retrocalculados para *M. liza* no estuário Lagoa Mundaú..... 43
- Tabela 6. Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy calculados para machos e fêmeas da tainha *M. liza*, na Lagoa Mundaú 44
- Tabela 7. Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_{∞} = comprimento teórico máximo; k =taxa de crescimento; t_0 = idade teórica do peixe no comprimento zero) estimados para *M. liza* (M=machos e F=fêmeas) em diferentes regiões 50

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	17
2 INTRODUÇÃO	19
3 REVISÃO DA LITERATURA	21
3.1 A sazonalidade nos ambientes tropicais.....	21
3.2 Família Mugilidade.....	22
3.3 Idade e crescimento em Mugilideos.....	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Área de estudo.....	25
4.2 Coletas	25
4.3 Procedimentos em Laboratório (LaEPP/ LabMar).....	26
4.4 Observações dos otólitos inteiros em microscópio estereoscópico.....	27
4.5 Análise qualitativa e quantitativa do padrão de marcação dos anéis sazonais de crescimento.....	28
4.6 Periodicidade de formação das marcas de crescimento.....	29
4.7 Fatores sazonais cíclicos.....	29
4.7.1 Época de desova.....	29
4.7.2 Estado ou condição	29
4.7.3 Ritmo de alimentar.....	29
4.8 Estimativas dos parâmetros populacionais.....	30
4.8.1 Relação comprimento do peixe e raio total do otólito e idade	30
4.8.2 Mortalidade natural (M) e Longevidade (A ₉₅).....	31
4.8.3 Comprimento de primeira maturidade sexual (L ₅₀).....	31
4.8.4 Idade de primeira maturidade sexual (T ₅₀).....	31
5 RESULTADOS	32
5.1 Aspectos biológicos da tainha <i>Mugil liza</i> no estuário da Lagoa Mundaú ao longo do ano.....	32
5.1.1 Estrutura de comprimentos.....	32
5.1.2 Proporção sexual.....	34
5.1.3 Ciclo reprodutivo	34
5.1.4 Índice de condição	36
5.1.5 Índice alimentar	37
5.1.6 Relação peso –comprimento	38
5.3 Padrão de marcação de anéis de crescimento em otólitos de <i>M. liza</i>	39

5.3.1 Análise qualitativa do padrão de marcação nos otólitos.....	39
5.3.2 Análise quantitativa dos otólitos inteiros	39
5.3.3 Periodicidade de formação das marcas de crescimento.....	41
5.4 Estimativa dos parâmetros de crescimento.....	43
5.4.1 Mortalidade natural (M) e longevidade ($A_{0.95}$).....	45
5.4.2 Idade de primeira maturidade sexual (T_{50}).....	46
5.4.3 Comprimento da primeira maturidade sexual (L_{50}).....	46
6 DISCUSSÃO	48
7. CONSIDERAÇÕES GERAIS	52
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
Parte 2 (artigo): Growth and life history of <i>Mugil liza</i> Valenciennes, 1836 Lebranche (Mugilidae: Perciformes) in a tropical estuary	62

1 APRESENTAÇÃO

Os peixes da Família Mugilidae habitam regiões tropicais, subtropicais e temperadas de todos os continentes (MENEZES, 1983; HARRISON; HOWES, 1991; NELSON, 2006), entretanto, a grande maioria habita regiões tropicais e subtropicais. São peixes euritérmicos e eurihalinos (OKUMUS; BASÇMAR, 1997; SANTANA DA SILVA, 2007), em geral, são estuarino dependentes utilizando o estuário como áreas de alimentação e crescimento (VIEIRA; SCALABRIN, 1991). Quando atingem a maturidade sexual, migram para ambientes marinhos costeiros para desovar, retornando ao estuário após a desova (VIEIRA; SCALABRIN, 1991; WHITFIELD et al., 2012).

A Família Mugilidae possui cerca de 17 gêneros descritos (NELSON, 2006) e 72 espécies (HARRISON, 2003). No Brasil ocorre apenas o gênero *Mugil* (MENEZES, 1983), representado por seis espécies conhecidas popularmente por “tainhas e curimãs” (Menezes, 2003). Este grupo é tradicionalmente explorado pela pesca artesanal na costa brasileira, representando 2,8% do total das capturas em 2007 (IBAMA, 2009). Em Alagoas as tainhas compõem 13% dos desembarques acompanhados pelo Ibama (2007) e apesar da importância econômica ainda carece de estudos que possibilite a compreensão de seu ciclo de vida o que dificulta a criação de plano de manejo pesqueiro.

Dentre as espécies do gênero *Mugil*, *Mugil liza* é a mais explorada pela pesca no Brasil por atingir maior tamanho, peso e preço e ser a mais utilizada em projetos de piscicultura (MENEZES, 1983; OKAMOTO et al., 2006). A espécie pode alcançar 1m de comprimento total e 8 kg de peso (MENEZES, 1983; OLIVEIRA; BEMVENUTI, 2006). No Atlântico Sul Ocidental esta espécie tem sido alvo de diversos estudos de taxonomia (COUSSEAU et al., 2005; MENEZES et al., 2010), hábito alimentar (OLIVEIRA; SOARES, 1996), reprodução (ALBIERI; ARAÚJO, 2010; ESPER et al., 2001), dentre outros. Estudos sobre a idade e crescimento, foram realizados em Cuba (região tropical) por Alvarez-Lajonchere (1981) e na Argentina (região temperada) por González Castro et al. (2009).

A ampla distribuição desta espécie pode implicar na existência de subpopulações com características locais distintas que impliquem em medidas de conservação e manejo diferenciadas. Dessa forma, o presente trabalho se propõe contribuir com o conhecimento do ciclo de vida e aspectos da dinâmica populacional de *M. liza*, em Alagoas, definindo fatores bióticos e abióticos que explicam o ciclo sazonal da espécie em ambiente estuarino tropical e determinando parâmetros populacionais de interesse para o manejo e conservação. Para tal, se

tomaram como base as estimativas da idade absoluta conduzida a partir da interpretação quali e quantitativa de anéis de crescimento presentes nos otólitos.

No formato dissertativo tradicional são apresentados os resultados relativos a aspectos da dinâmica populacional da espécie no estuário tropical Lagoa Mundaú do litoral alagoano, entando que aspectos do ciclo de vida e sua relação com a sazonalidade determinada pelos ciclos pluviométricos são apresentados como anexo na forma de artigo científico.

2 INTRODUÇÃO

Os Mugilídeos, comumente conhecidos como tainhas, curimãs e paratis, incluem 17 gêneros e aproximadamente 72 espécies que habitam regiões tropicais, subtropicais e temperados de todos os continentes (HARRISON; HOWES, 1991). São peixes estuarinos dependentes, que utilizam o estuário como áreas de berçários e crescimento (VIEIRA; SCALABRIN, 1991). A família está representada no litoral brasileiro por seis espécies: *Mugil curvidens* Valenciennes, 1836; *M. liza* Valenciennes, 1836; *M. hospes* Jordan; Cuvier in Jordan 1895; *M. incilis* Hancock, 1830; *M. trichodon* Poey, 1875 e *M. curema* Valenciennes, 1836 (MENEZES, 2003; MENEZES *et al.* 2010).

O grupo tem sido muito estudado no que diz respeito à determinação da idade e crescimento (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1980a, 1981a; CARDONA, 1999a, 2000; IBÁÑEZ-AGUIRRE; GALLARDO-CABELLO, 1996; NJOKU; EZEIBEKEKWE, 1996; IBÁÑEZ-AGUIRRE *et al.*, 1999; MARIN; DODSON, 2000; IBÁÑEZ-AGUIRRE; GALLARDO-CABELLO, 2004; ESPINO-BARR *et al.*, 2005; GONZÁLEZ CASTRO *et al.*, 2009a; SANTANA *et al.*, 2009; VINCENT; WHALEN, 2010; HOTOS; KATSELIS, 2011), período reprodutivo (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1980b; IBÁÑEZ-AGUIRRE; GALLARDO-CABELLO, 2004; YEGANEH *et al.*, 2008; ALBIERI *et al.*, 2010; ALBIERI; ARAÚJO, 2010), hábito alimentar (BLABER, 1977; DE SILVA; WIJEYARANTNE, 1977; OLIVEIRA; SOARES, 1996) dentre outros.

Os estudos de determinação da idade e crescimento em Mugilídeos têm sido realizados pela identificação das marcas de crescimento depositadas em estruturas rígidas como escamas (HSU; TZENG, 2009), espinhos (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1981), e otólitos (SANTANA *et al.*, 2009; RANGELY, 2011) sendo os otólitos as estruturas mais utilizadas para estimação e validação da idade em peixes de quase todos os ambientes (STAUNTON-SMITH *et al.*, 2004; SANTANA *et al.*, 2007). Diversos fatores estão associado à diminuição do ritmo de crescimento, tais como a baixa disponibilidade de alimento (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1981), gasto energético direcionado para a osmorregulação (CARDONA, 2000), período reprodutivo (SANTANA *et al.*, 2009) e as baixas temperaturas do inverno (GONZÁLEZ CASTRO *et al.*, 2009), dessa forma, tanto fatores bióticos quanto os abiótico afetam o crescimento dos Mugilídeos.

A espécie *Mugil liza* conhecida popularmente como tainha ou curimã, esta distribuída desde o Caribe à Argentina (MENEZES *et al.*, 2010). É uma das mais explorada pela pesca (SILVA; ARAÚJO, 2000), principalmente na região sul do Brasil. Em Alagoas o grupo

representou 13% do total de capturas (IBAMA, 2007). Trata-se de uma espécie detritívora, com o ciclo de vida adaptado a fase estuarina e uma fase no ambiente marinho, pois realiza migrações reprodutivas entre o estuário e o mar (VIEIRA; SCALABRIN, 1991), e tem sido alvo de estudos relacionados com a biologia reprodutiva (ESPER et al., 2001; ALBIERI; ARAÚJO, 2010), migração reprodutiva (VIEIRA; SCALABRIN, 1991), taxonomia (MENEZES et al., 2010) e hábitos alimentares (OLIVEIRA; SOARES, 1996).

Considerando sua ampla distribuição cabe se perguntar sobre a existência de subpopulações de *M. liza* com características do ciclo de vida diferenciado entre os ambientes tropicais, subtropicais e temperados. No momento se dispõe de evidências sobre diferenças no período reprodutivo de *M. liza* presente no Atlântico Sul ocidental. Em regiões tropicais e temperado, a reprodução ocorre no inverno (VIEIRA; SCALABRIN, 1991; GONZÁLEZ CASTRO et al., 2009), já em regiões de clima tropical, a reprodução ocorre no período de estiagem (ALBIERI et al., 2010). Menezes et al. (2010) concluíram que há uma única espécie, *M. liza*, distribuída desde o Caribe ao norte da Argentina ocupando ecossistemas tropicais, subtropicais e temperados.

Padrões de sazonalidade do crescimento e de processos biológicos cíclicos, bem como parâmetros de crescimento permitem caracterizar subgrupos populacionais, pois o tamanho dos indivíduos da população em função da idade representa a base da tradicional avaliação de estoques (JACOBSON et al., 2005). De acordo com Mohr (1921 apud LONGHURST; PAUL, 2007), a determinação da idade é muito importante, pois possibilita a identificação da composição etária das populações e determina em que grau as várias classes estão sendo utilizadas pela pesca e assim deduzir a aplicabilidade ou a necessidade de medidas para o manejo adequado do recurso.

O objetivo deste trabalho é determinar o período de formação das marcas de crescimento nos otólitos de *M. liza* do estuário tropical da Lagoa Mundaú e correlaciona-lo com fatores bióticos e abióticos, bem como, estimar os parâmetros populacionais de *M. liza* da lagoa Mundaú com outras estudadas no Atlântico.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Sazonalidade nos ambientes tropicais

Os ecossistemas aquáticos tropicais como os oceanos pelágicos, as lagoas temporárias, os estuários, os riachos de água doce, as lagoas e os corpos d'água hipersalinos (MORALES-NIN; PANFILI 2005), apresentam menor oscilação anual de temperatura que em regiões temperadas, possuindo maior estabilidade climática e tendo a sazonalidade marcada pela pluviosidade (LOWE-McCONNELL, 1999). A variação no regime de chuvas define em geral duas estações sazonais: seca e chuvosa (FIGUEROA; NOBRE, 1990). Assim, a sazonalidade nos rios é induzida pelas mudanças no nível da água, já nas zonas pelágicas marinhas, a sazonalidade ocorre por ressurgências induzidas pelos ventos e nas plataformas continentais e estuários tem-se mudança sazonal na salinidade (LOWE-McCONNELL, 1999).

Durante a estação chuvosa, uma série de alterações ocorre nos sistemas aquáticos tropicais (GILSON, 2011) desencadeando diferentes respostas dos peixes a essas alterações. Os peixes de água doce tendem a mostrar um padrão sazonal quanto à alocação de tempo e recursos para a reprodução (CHELLAPPA et al., 2009) e diminuem o ritmo de crescimento mediante o aumento e a diminuição do nível da água nos rios (PÉREZ; FABRÉ, 2009). Esse fluxo de água doce que entra nos estuários aumenta a produtividade biológica devido à entrada de nutrientes e sedimentos, disponibiliza alimento e afeta todos os níveis da cadeia trófica, favorece o crescimento e a sobrevivência dos peixes estuarinos (SALEN-PICARD et al. 2002; ROBINS et al. 2006; GILSON, 2011), por aumentar também os teores de clorofila-*a* durante o período chuvoso (GREGO et al., 2004).

Assim, as espécies destes ambientes apresentam amplas variedades de estratégias de vida, e cada nível (reprodução, crescimento e condição etc.) é influenciado pela sazonalidade, especialmente a reprodução e o crescimento (MORALES-NIN; PANFILI, 2005). Essa influência sazonal pode ser observada no ciclo de vida de espécies estuarino dependentes como o dos Mugilídeos, o qual está estreitamente associado com áreas estuarinas (GONZÁLEZ CASTRO et al., 2009), pois os jovens (>30 mm) são recrutados para lagoas e estuários, após a migração reprodutiva dos adultos para a desova em ambiente marinho (BLABER, 2000).

3.2. Família Mugilidae

Os mugilídeos são encontrados em áreas marinhas pelágicas costeiras, estuarinas e podem entrar ocasionalmente em água doce (MENEZES; FIGUEIREDO, 1985). Pequenos exemplares são comuns e abundantes em águas de pouca profundidade nas praias arenosas, principalmente próximos às desembocaduras dos rios (MENEZES; FIGUEIREDO, 1985). Em estuários tropicais, os juvenis da família Mugilidae estão entre os grupos mais abundantes e utilizam a parte mais externa dos estuários para alimentação, como observado por Araújo et al. (1998) na Baía de Sepetiba, onde *M. liza* esteve entre as cinco espécies mais abundante, na região sul e sudeste do Brasil, representando 99,2% do total de peixes capturados, seguido de *M. curema* com 0,5%, uma indicação que a área estudada trata-se de berçário para *M. liza* (SILVA; ARAÚJO, 2000). De acordo com Vieira e Scalabrin (1991) a distribuição dos alevinos de *M. platanus* (= *M. liza*) no estuário da Lagoa dos Patos não depende da salinidade e nem da temperatura, entretanto, outras espécies como *M. curema* e *M. gaimardianus* estiveram associadas com águas quentes e mais salinas.

As espécies desta família são morfologicamente muito semelhantes, sendo as características morfológicas e morfométricas comumente empregadas para distinguir as espécies, o que tem gerado algumas identificações errôneas ou ambíguas (COUSSEAU et al., 2005), como *M. liza* e *M. platanus* que eram descritas como espécies distintas, mas a partir dos estudos moleculares de Heras et al. (2008) e a confirmação merística e morfométrica de Menezes et al. (2010), uma única espécie foi reconhecida como ocorrendo no Atlântico Sul, sendo *M. liza* o nome escolhido, por ter sido descrita primeiro, assim, o número total de taxa válidas para a Família Mugilidae podem mudar, à medida que novos estudos forem sendo realizados (HARRISON et al., 2007).

Em geral, são peixes gonocóricos e de alta fecundidade (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1980a; ALVAREZ-LAJONCHERE, 1982; FAZLI et al., 2008). A fecundidade esta relacionada com o tamanho do peixe, assim, indivíduos com 32 cm de comprimento total possuem cerca de 1.082.200 ovos como foi observado em *M. cephalus* por Lawson e Jimoh (2010) e 2.632.000 ovos foram encontrados em indivíduos com 54 cm de comprimento total (WHITFIELD; BLABER, 1978). De acordo com Okumus e Başçmar (1997), a maturidade sexual em Mugilídeos ocorre entorno de 3-4 anos nos machos, e as fêmeas alcançam entre 4-5 anos, e o tamanho total de maturidade sexual depende da espécie, no caso de *M. liza* na Baía de Sepetiba, o tamanho varia de 55 a 57 cm.

Os Mugilídeos são eurihalinos e euritêrmicos que passam grande parte do seu ciclo de vida em ambientes estuarinos, realizam movimentos migratórios reprodutivos onde as

espécies costeiras estuarinas migram para o ambiente marinho costeiro para desovar (OLIVEIRA; SOARES, 1996), e às dulcícolas migram para águas mais salobras, comportamento que exige destas espécies adaptações para suportar variações de salinidades e temperatura. A migração reprodutiva nos Mugilídeos pode durar sete meses como na espécie *Liza ramada* e cerca de dois meses na espécie *Chelon labrosus* (LEBRETON et al., 2011) provocando alterações no hábito alimentar e no crescimento das espécies. Blaber (1977) estudou cinco espécies de Mugilídeos em estuários africanos e observou que todas as espécies estudadas realizam migração reprodutiva, pois todos os adultos desovam no mar e os juvenis entram nos estuários com um comprimento de 10 mm. Ao entrarem nos estuários, os juvenis sofrem uma sequência de mudanças no hábito alimentar passando de zooplancctônicos de meio bentos para alimentos particulados (15-25 mm) (BLABER, 1977).

De acordo com Oliveira e Soares (1996) há variação na composição da dieta alimentar de *M. liza* entre jovens e adultos e entre as estações do ano, sendo a dieta dos jovens predominantemente composta por cianofíceas, algas e detritos, enquanto os adultos se alimentam predominantemente de diatomáceas e detritos. Em ambientes temperados, os alimentos predominantes de jovens de *M. liza* são diatomáceas e cianofíceas (VIEIRA, 1991). Apesar da estratégia alimentar limno-bentófaga dos Mugilídeos possibilitar a ingestão de uma grande variedade de itens alimentares disponíveis de diferentes graus de digestibilidade, os itens principais são algas e detritos (LEBRETON et al., 2011).

3.3. Idade e crescimento em Mugilídeos

O crescimento individual em peixes da Família Mugilidae é rápido, eles podem alcançar de 17 a 23 cm de comprimento total no primeiro ano de vida (Yáñez-Arancibia, 1976). O crescimento pode ser do tipo alométrico negativo como observado na espécie *M. cephalus* ou isométrico como observado na espécie *M. curema*, e pode variar significativamente entre machos e fêmeas (IBÁÑEZ-AGUIRRE; LLEONART, 1996). Estudos de idade e crescimento com espécies desta Família têm sido realizados em diversas regiões, entretanto os métodos empregados não têm sido uniformemente aplicados para estimar a idade e o crescimento dificultando as comparações globais entre as espécies (WHITFIELD et al., 2012).

Em geral, a idade em indivíduos adultos tem sido estimada usando escamas e otólitos inteiros (IBÁÑEZ-AGUIRRE; GALLARDO-CABELLO, 1996; GONZÁLEZ CASTRO et al., 2009), análises de micro e macroestruturas em otólitos (SANTANA et al., 2009), espinhos da nadadeira dorsal (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1981a) e frequências de comprimento

(KRALJEVIC et al., 2011), usa-se também o modelo de crescimento de von Bertalanffy para estimar os parâmetros de comprimento teórico máximo alcançado pela espécie (L_{∞}), taxa de crescimento (k) e comprimento do peixe quando o mesmo tinha zero idade (t_0). Além da avaliação do crescimento, outros parâmetros vêm sendo estimados juntos aos trabalhos de idade e crescimento em Mugilideos, para conhecimento da dinâmica das populações de peixes desta Família como o comprimento de primeira maturidade sexual (L_{50}), a mortalidade natural (M), a longevidade ($A_{0,95}$) e a abundância numérica de cada uma das classes de tamanhos que compõe a população.

Dessa forma, muitos estudos relacionados à idade e crescimento preveem informações que podem ser aplicados para a aquicultura, como por exemplo, identificar o crescimento máximo das espécies em relação à temperatura e a salinidade como observado por Okamoto et al. (2006), onde *M. liza* apresenta maior crescimento e rendimento numa temperatura de 30 °C. Em *M. cephalus*, o crescimento dos indivíduos jovens é negativamente afetado pela salinidade (CARDONA, 2000) e o maior crescimento, conversão alimentar e atividade enzimática ocorrem numa salinidade de 10, reforçando a importância da salinidade estuarina para otimizar o crescimento destas espécies (BARMAN et al., 2005).

Não há um método universal para estimação e validação da idade em *M. liza* na literatura. Entretanto, estruturas rígidas como o primeiro espinho da nadadeira dorsal foi utilizado por Alvarez-Lajonchere (1981) para estimar a idade e o crescimento de *M. liza* em Cuba e González Castro et al. (2009) utilizou otólitos *sagittae* inteiros para estimar a idade e crescimento de *M. liza* na Lagoa de Mar Chiquita, Argentina.

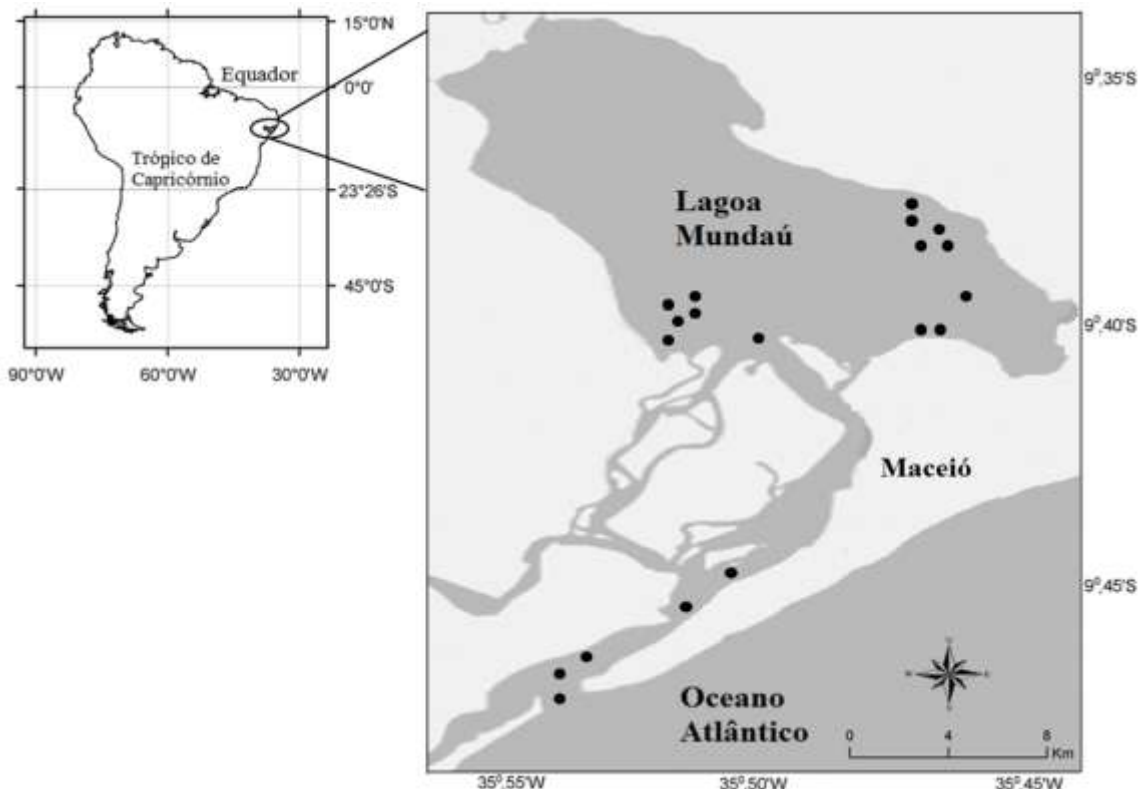
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O litoral alagoano possui 230 km de extensão e divide-se, de acordo com a disposição dos acidentes geográficos, em três partes: norte, centro e sul. A área do referido estudo situa-se no litoral central, no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba-CELMM (09° 37' 59,8" S 035° 46,10" W), Alagoas, Região Nordeste do Atlântico Sul Ocidental (Fig. 1).

As amostragens foram realizadas na Lagoa Mundaú que possui conexão permanente com o mar, e uma área de 36 km², com uma profundidade média de $3,14 \pm 0,24$ m. A pluviosidade média anual de $143,2 \pm 105,1$ mm. A temperatura média anual da água $27,4 \pm 0,05$ °C. O fundo lagunar é caracterizado por áreas de vasas salientes e croas arenosas (CALADO; SOUSA, 2003).

Figura 1. Mapa da área de estudo de *M. liza*, Lagoa Mundaú, Nordeste do Brasil, com pontos de coletas marcados em preto.



Fonte: Google maps (editado pela autora)

4.2. Coletas

Coletas experimentais foram realizadas mensalmente entre julho de 2011 e junho de 2012. Os peixes foram coletados com malhadeiras operadas à deriva, como rede de cerco.

Duas malhadeiras foram utilizadas. Uma de nylon monofilamento com 1600m de comprimento, 3m de altura e malhas de 40, 50 e 60 mm entre nós opostos. A segunda de nylon monofilamento de 700m de comprimento, malha de 30 e 40 mm entre nós opostos, respectivamente. Uma tarrafa com malha 15 mm entre nós oposto foi utilizada para a captura de juvenis, durante oito vezes, ao longo do ano. Durante todas as coletas, foram registrados a salinidade, profundidade (m), temperatura da água (°C) e oxigênio dissolvido (%), utilizando uma sonda Hanna modelo HI 9828. Valores diários de pluviosidade (mm) foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Pernambuco.

4.3 Procedimentos em Laboratório (LaEPP/ LabMar)

Os indivíduos coletados foram identificados seguindo a chave de identificação de Menezes (1983) e Menezes et al.(2010).

Figura 2. Espécime de *Mugil liza* coletado no estuário da Lagoa Mundaú, Alagoas, Brasil.



Fonte: Autora da dissertação, 2013.

De cada exemplar foram registrados o comprimento total (Ct) em centímetro e o peso total e eviscerado do peixe (P_{Evic}), sexo, estágio de desenvolvimento gonadal segundo escala macroscópica Vazzoler (1996) modificada, devido não ser observado ovócitos nos estágios Imaturo e Em maturação e também ao acréscimo de mais um estágio de maturação gonadal: Em repouso, resultando em cinco estágios:

I – Imaturo: ovários pequenos, ocupando menos de 1/3 da cavidade celomática, pouco desenvolvidos, acoplados à parede ventral da bexiga natatória e de aspecto filiforme, translúcidos, sem sinais de vascularização, o oviduto apresenta-se como uma lâmina delgada, em forma de tubo, transparente e vazia, também não se observam ovócitos a olho nu.

II – Em maturação: ovários mais volumosos que chegam a ocupar 1/3 a 2/3 da cavidade abdominal. Apresentam aspecto mais variável desde filiformes a fusiformes. A

coloração varia de rósea acentuado a avermelhada, podendo variar, também, ao longo do comprimento da gônada. Ovócitos não visíveis a olho desarmado.

III – Maturados: ovários ocupam praticamente toda a cavidade abdominal. Sua coloração é amarelada forte. Vascularização evidente. A cápsula ovariana é muito delgada, rompendo-se a leve pressão e liberando os ovócitos, estes são visíveis a olho nu.

IV – Desovado: ovários alongados, porém de pequeno volume e flácidos com membranas distendidas de tamanho relativamente grande, com aparência arroxeadas, sanguinolenta e hemorrágica, a olho nu é possível observar poucos ovócitos que não foram liberados durante a desova.

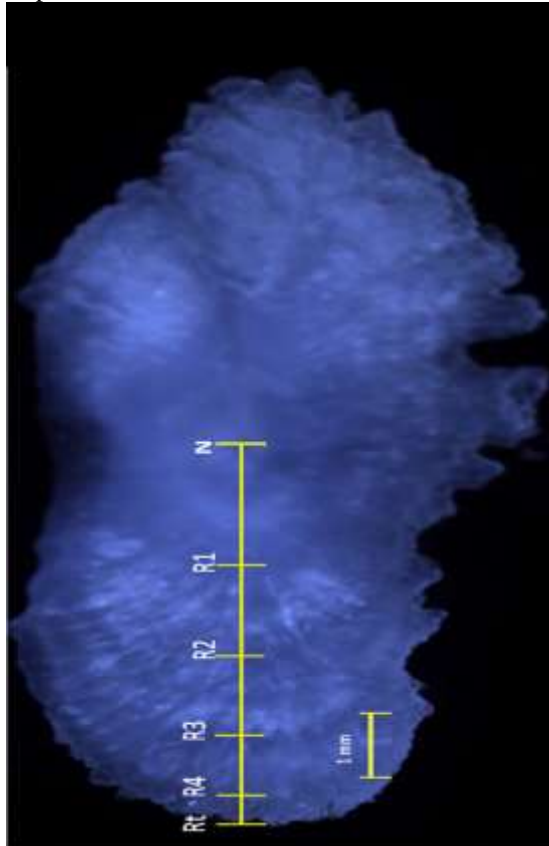
IV – Em repouso: reconhecido pela presença de uma membrana ovariana sem elasticidade e rígida, de coloração bege ou rósea. Internamente, a massa ovariana encontra-se firme, compacta e avermelhada. Ovários pouco volumosos, ocupando cerca de 1/3 da cavidade abdominal.

Os otólitos *sagittae* de cada exemplar foram extraídos, limpos e armazenados para posterior observação.

4.4. Observações dos otólitos inteiros em microscópio estereoscópico

Os otólitos foram observados inteiros, tratados com álcool (P. A.), por 72 horas, para descalcificação. Posteriormente, os otólitos foram observados submersos em álcool, sobre fundo escuro, com luz refletida, por dois leitores independentes e as leituras foram comparadas pelo teste t. A imagem de cada otólito foi capturada e armazenada para registro das distâncias entre o núcleo e cada anel sazonal e o núcleo e a borda do otólito (mm), medidas utilizando o software Leica LAS EZ, v 2.1.0 (Fig. 3)

Figura 3. Otólito de *M. liza* com as indicações do início de cada marca de crescimento lento seguido por zonas opacas representante de crescimento rápido



Fonte: Autora da dissertação, 2013

4.5. Análise qualitativa e quantitativa do padrão de marcação dos anéis sazonais de crescimento

Para a análise qualitativa das marcas de crescimento foi avaliada a nitidez de marcação segundo as categorias: boa, regular ou ruim, e o tipo de marca considerando: completa, simples, dupla ou bifurcada. Para a análise quantitativa dos otólitos foram utilizadas as distâncias a cada marca (Fig. 3) para avaliar a estabilidade de identificação e marcação de cada um dos anéis observados. Dois critérios quantitativos foram utilizados. Critério 01: tendo como base a distribuição da frequência do tamanho de cada marca, foram avaliada a unimodalidade, a sobreposição das distribuições, o espaço entre as modas e o ajuste à distribuição normal (LOZANO, 2005). Este último foi testado por Kolmogorov-Smirnov (ZAR, 1996). Critério 02. O ajuste dos valores médios de cada anel ao modelo esperado de crescimento identificado nos padrão de marcação como diminuição do espaçamento entre os anéis conforme aumenta o número de anéis.

4. 6. Periodicidade de formação das marcas de crescimento

Para determinar o período de formação das marcas de crescimento, foi utilizado o método do incremento marginal relativo IMR (FABRÉ; SAINT PAUL, 1998), calculado por:

$$\text{IMR} = ((R_t - R_n) * 100) / R_n - R_{n-1}$$

Onde:

R_t = raio total da estrutura,

R_n = distância do foco da estrutura até a última marca;

R_{n-1} = distância do foco até a penúltima marca.

O teste estatístico utilizado para determinar a ocorrência de diferenças significativas da velocidade do IMR entre os meses do ano e a consequente formação do anel anual de crescimento lento foi o ANOVA simples, tendo como variável o IMR e como fator o mês.

4.7. Fatores sazonais cíclicos

4.7.1. Época de desova

Para caracterizar o período reprodutivo foi calculada a frequência relativa mensal dos estádios de maturidade gonadal, bem como a média por mês do Índice Gonodossomático (IG), sendo:

$$\text{IGS} = (\text{Peso da gônada}) / (\text{Peso eviscerado})$$

4.7.2 Estado ou condição

Valores médios mensais do índice de condição (IC) e hepatossomático (IH) foram calculados para verificar variações sazonais na condição dos indivíduos. As equações utilizadas foram:

$$\text{IC} = (\text{peso eviscerado observado}) / (\text{peso eviscerado estimado})$$

sendo o peso estimado calculado a partir da relação peso comprimento utilizando o total de indivíduos coletado no ano.

$$\text{IH} = (\text{peso do fígado}) / (\text{peso eviscerado observado})$$

4.7.3 Ritmo alimentar

Variações mensais do ritmo alimentar foram avaliadas mediante o índice alimentar (IA), sendo:

$$\text{IA} = (\text{peso do estômago}) / (\text{peso eviscerado})$$

4.8. Estimativas dos parâmetros populacionais

4.8.1 Relação comprimento do peixe, raio total do otólito e idade

Os comprimentos retrocalculados por idade foram utilizados para estimar os parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy. O método utilizado para o retrocálculo foi o proposto por Morita e Matsuishi (2001). Este método foi escolhido, por considerar que o otólito cresce acompanhando tanto os incrementos em tamanho do corpo quanto em idade do peixe, sendo assim, parte da estimativa dos coeficientes da regressão múltipla descrita a seguir:

$$C_t = \alpha + \beta * R_t + \gamma * T$$

Onde:

C_t = Comprimento do peixe no momento da captura

R_t = raio total do otólito

T = idade do peixe

α = constante da regressão (intercepto da ordenada)

β = coeficiente de regressão para R_t

γ = coeficiente de regressão para T

Tendo como base os coeficientes da regressão múltipla o método de Morita e Matsuishi (2001) retrocalcula os comprimentos a cada idade com a seguinte expressão:

$$C_{r_i} = -\alpha/\beta + (C_t + \alpha/\beta + \gamma/\beta * T) * R_i / R_t - \gamma/\beta * T$$

Onde:

C_{r_i} = comprimento retrocalculado à idade i

C_t = comprimento do peixe no momento da captura

R_i = distância do centro da estrutura até a marca de crescimento i

R_t = raio total do otólito

T = idade do peixe no momento da captura

i = idade da marca de crescimento i

α =intercepto da reta de regressão múltipla entre o comprimento do peixe com o raio total do otólito e a idade do peixe.

β =coeficiente de regressão para R_t da regressão múltipla entre o comprimento do peixe com o raio total do otólito e a idade do peixe.

γ =coeficiente de regressão para T da regressão múltipla entre o comprimento do peixe com o raio total do otólito e a idade do peixe.

A partir dos comprimentos retrocalculados foi ajustado o modelo von Bertalanffy,

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Onde:

L_∞ é comprimento máximo esperado do peixe;

k = constante de crescimento;

t_0 = idade teórica do peixe no comprimento zero

t = idade t do peixe no comprimento L_t .

4.8.2. Mortalidade natural (M) e Longevidade ($A_{0,95}$)

Para a mortalidade natural (M) foram utilizados dois métodos: Taylor (1958) (SPARRE et al., 1989), a partir dos parâmetros de crescimento K e t_0 e a longevidade.

$$A_{0,95} = t_0 + \frac{2,996}{k}; \quad M = \frac{-\ln(1 - 0,95)}{a_{0,95}}$$

Onde:

$A_{0,95}$ = Longevidade

K = Taxa de crescimento de von Bertalanffy

t_0 = Idade teórica do peixe no comprimento zero

M = Mortalidade natural

O segundo método foi a relação empírica proposta por Pauly (1983), que relaciona a mortalidade natural em peixes com a temperatura d'água em função do crescimento em comprimento por meio da relação:

$$\log M = -0,0066 - 0,279 * \log L_{\infty} + 0,6543 * \log k + 0,4634 * \log T$$

Onde:

L_{∞} e k = Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy

T = Temperatura média anual da água em graus centígrados

4.8.3 Comprimento de primeira maturidade sexual (L_{50})

O comprimento no qual 50% dos indivíduos estão aptos a se reproduzirem (L_{50}) foi estimado para o total e por sexo. Foi calculada a proporção de indivíduos adultos por estádios gonadal por classe de comprimento de 1 cm e ajustado a uma curva logística proposta por King (1995) a partir da equação:

$$L_{50} = 1/[1 + \exp(-b(L_i - (-a/b)))]$$

Onde:

L_{50} = comprimento na primeira maturação sexual

L_i = comprimento

a e b = são as constante do ajuste linear entre comprimento padrão (L_i) e o logaritmo da proporção do número de fêmeas maduras/número de indivíduos na amostragem $\ln((1-P)/P)$. Sendo, P= número de fêmeas maduras /número total de fêmeas.

4.8.4 Idade de primeira maturidade sexual (T_{50}).

Este parâmetro foi estimado mediante transformação da equação de crescimento em comprimento de von Bertalanffy para a idade (SPARRE; VENEMA, 1995; KING, 1995):

$$T_{50} = t_0 - (1/K) \ln [1 - L_{50} / L_{\infty}]$$

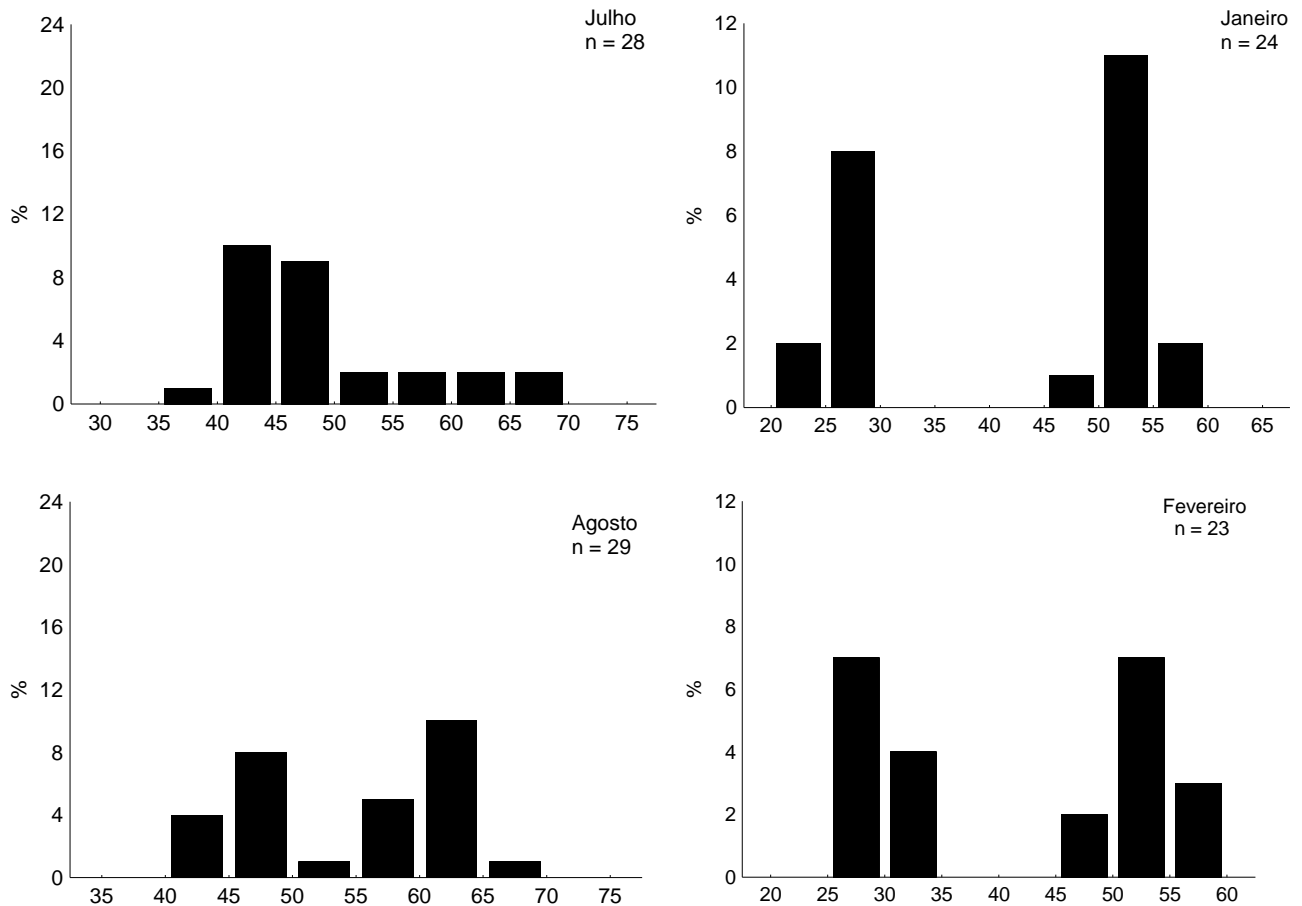
5 RESULTADOS

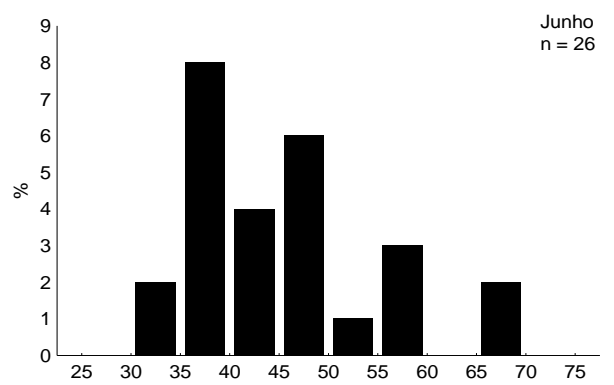
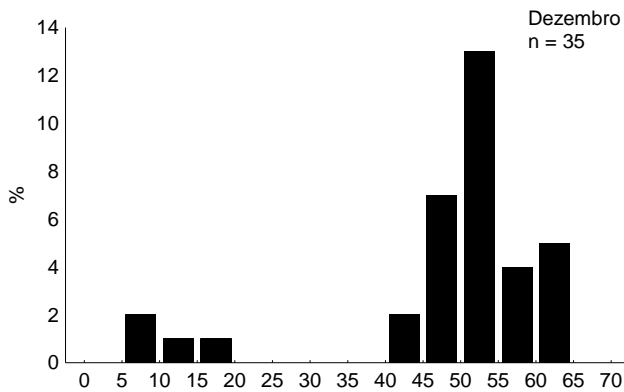
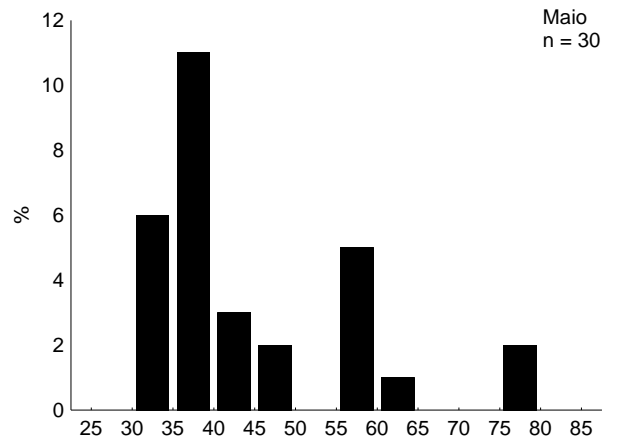
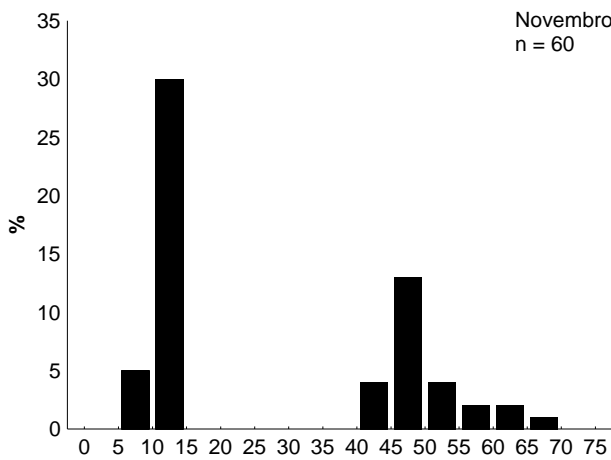
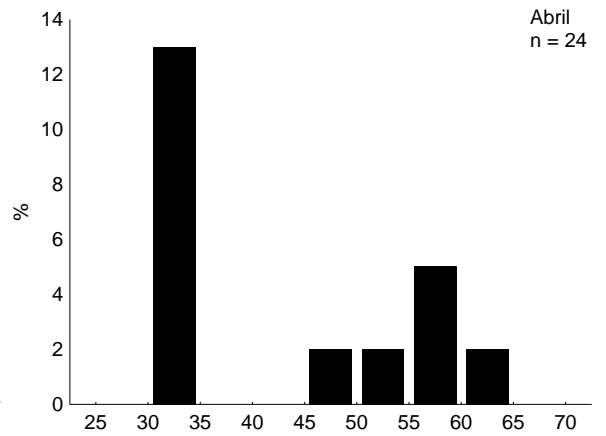
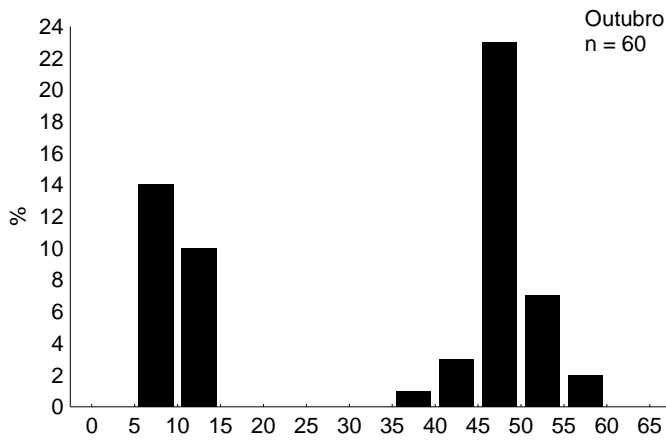
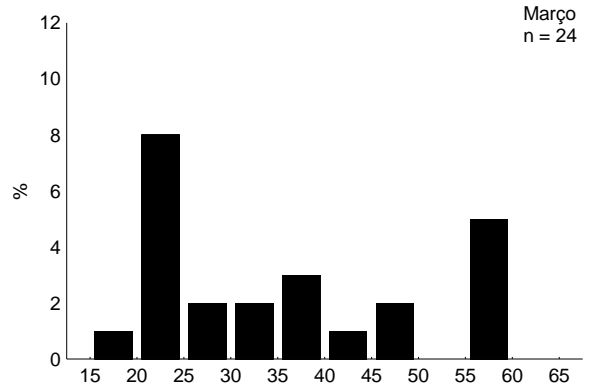
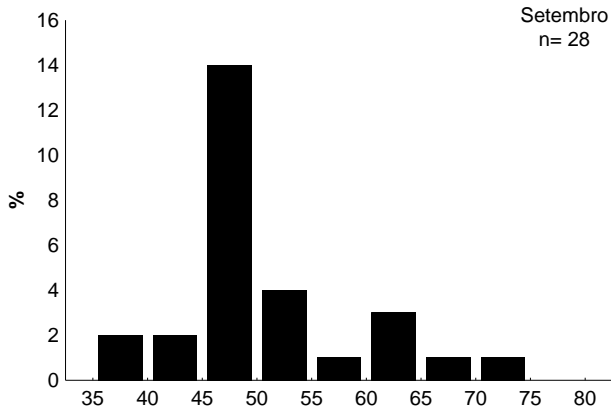
5. 1. Aspectos biológicos da tainha *Mugil liza* no estuário da Lagoa Mundaú

5.1.1 Estrutura de comprimentos

A distribuição de tamanhos de *Mugil liza* na Lagoa Mundaú variou entre o período de estiagem e de chuvas. Nos meses chuvosos (maio-agosto) o comprimento total variou entre 33 a 78 cm, sendo a média e desvio padrão $49 \pm 9,5$ cm (Fig. 4). No período de estiagem (setembro-abril) foram capturados exemplares com tamanho variando entre 07 e 69 cm, média e desvio padrão de 38 ± 17 cm (Fig. 4). O período de recrutamento de *M. liza* na Lagoa Mundaú foi observado na estação seca, pois indivíduos com tamanho variando de 7 a 20 cm de comprimento total começaram a ser capturados no mês de outubro e estiveram presente até dezembro.

Figura 4. Frequência relativa dos comprimentos da tainha *M. liza* coletadas no estuário da Lagoa Mundaú na estação seca e chuvosa



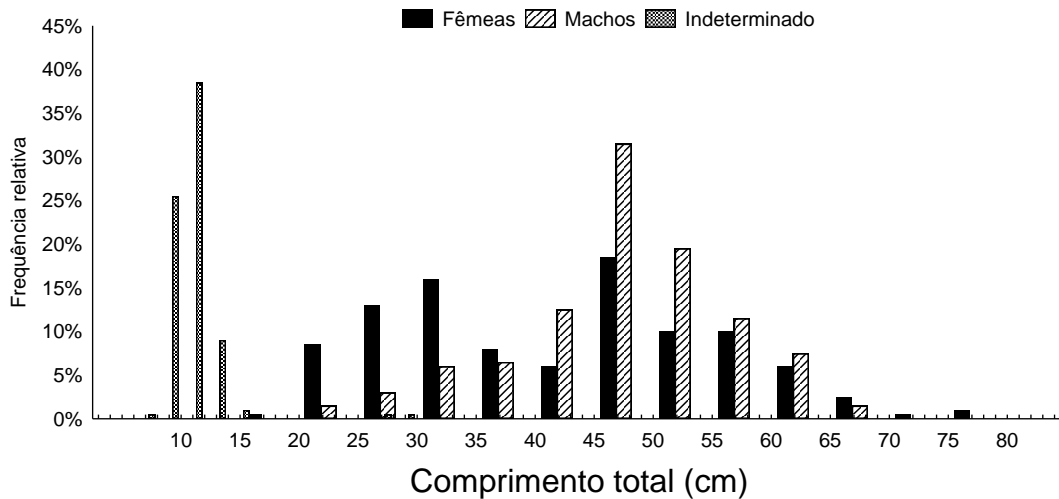


Fonte: Autora da dissertação, 2013.

5.1.2 Proporção sexual

Do total de peixes coletados (n=553), 37% foram fêmeas, 36% machos, e 27% juvenis (Fig. 5). A proporção sexual difere por classe de comprimento, nas classes de tamanhos entre 20 a 40 cm de comprimento total, há predomínio de fêmeas, entre os 40 e 60 cm, há predomínio de machos, e na classe de tamanho de 65 a 78 cm, há predomínio de fêmeas (Fig. 5). Entretanto, o teste t mostrou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sexos, sendo os machos ($48,6 \pm 8,88$ cm) maiores que as fêmeas ($45,7 \pm 12,84$ cm).

Figura 5. Proporção sexual de tainha *Mugil liza* por classe de comprimento no estuário da Lagoa Mundaú.

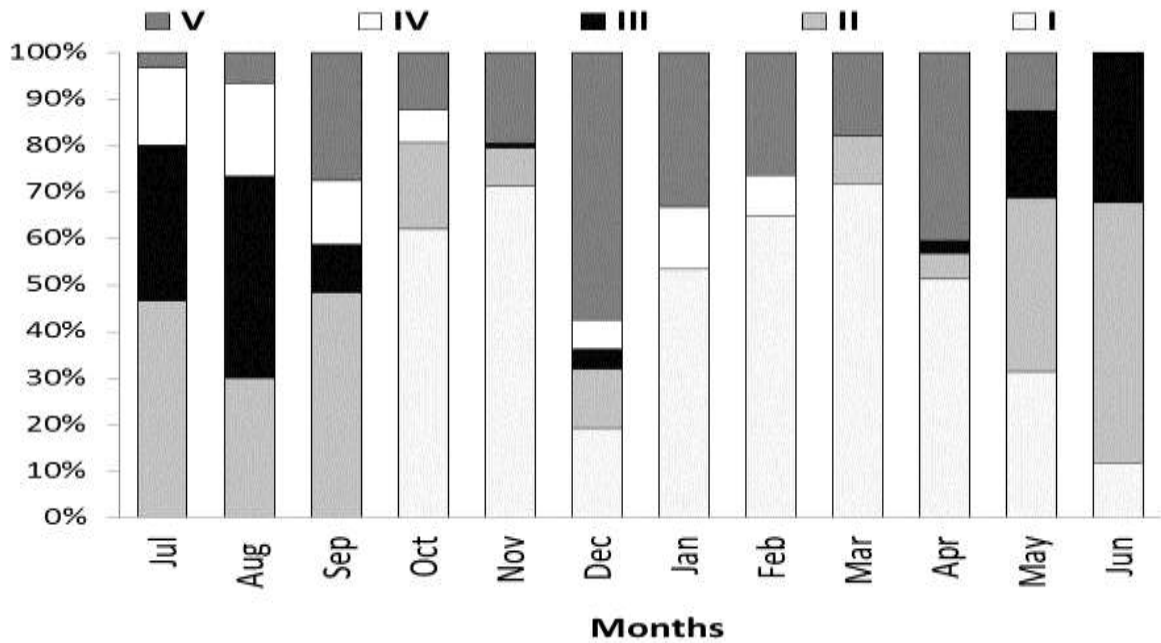


Fonte: Autora da dissertação, 2013.

5.1.3 Ciclo reprodutivo

No período da seca (setembro-março), predominaram indivíduos imaturos (estágio I), em processo de maturação gonadal (estágio II) e em repouso (V) (Fig.6). Na estação chuvosa (maio-agosto), houve predominância de peixes em avançado estágio de maturação gonadal (estágio III) e desovado (estágio IV), indicando que a espécie se reproduz na estação chuvosa (Fig. 6).

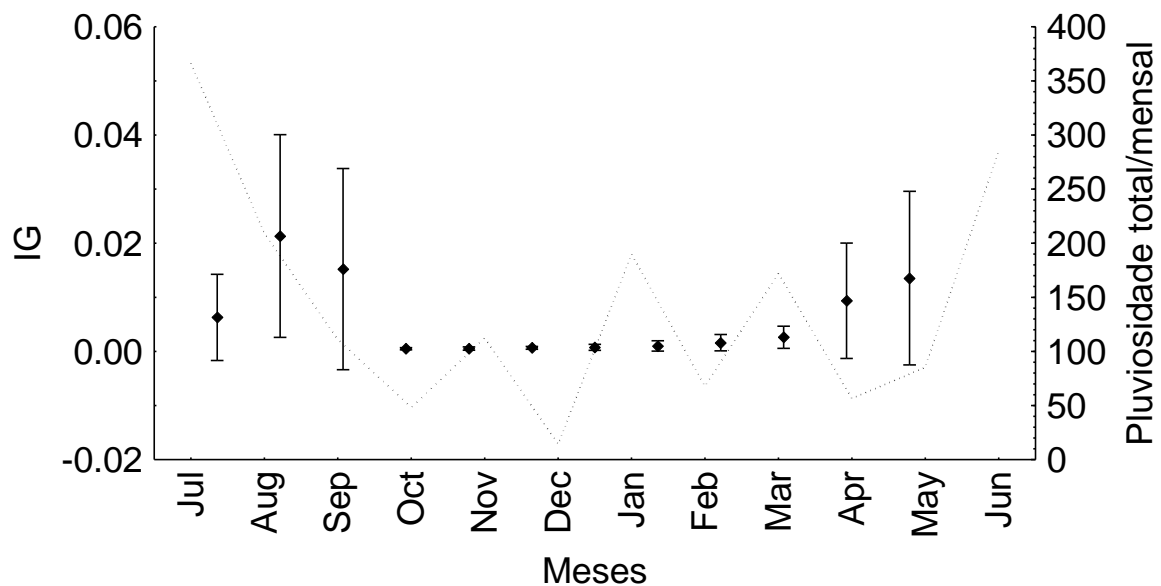
Figura 6 Frequência de indivíduos por mês e por estágio de maturação gonadal de *M. liza*: I - imaturo, II – em maturação, III- maduro, IV – pós-desova, V – em repouso.



Fonte: Autora da dissertação, 2013.

A frequência relativa mensal dos estádios de maturidade gonadal (Fig. 6), e os altos valores médios mensais do IG (Fig.7) confirmam que o período reprodutivo da espécie no estuário da Lagoa Mundaú, ocorre durante as chuvas entre maio a setembro, sendo o pico em agosto.

Figura 7. Variação mensal do índice gonadossomático (IG) da tainha *M. liza* na Lagoa Mundaú, de julho de 2011 a 2012

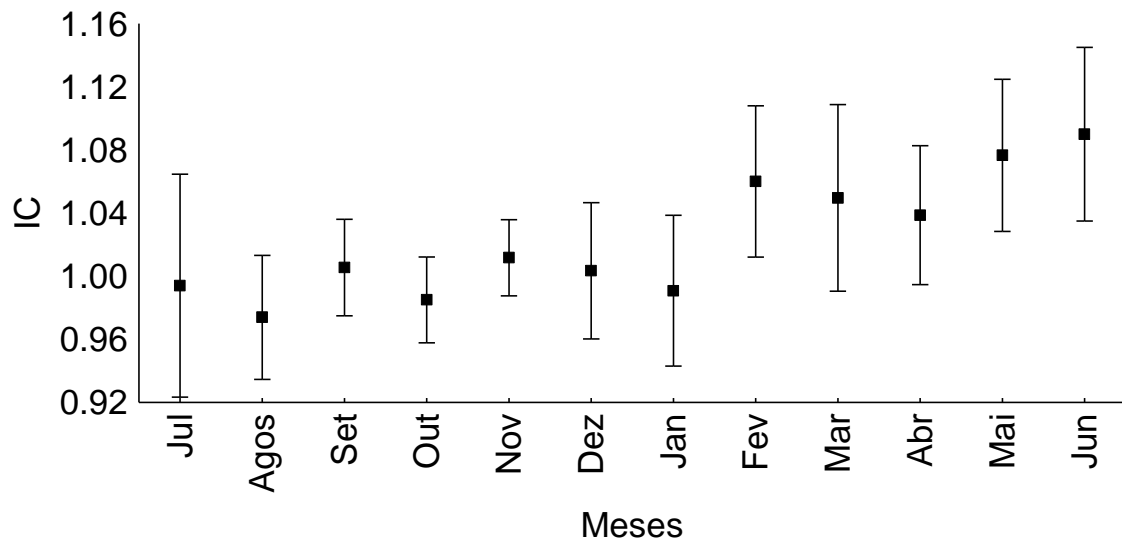


Fonte: Autora da dissertação, 2013

5.1.4. Índice de condição

O índice de condição avalia o grau de bem-estar dos peixes, considerando a variação do peso observado em relação ao comprimento esperado, nesse estudo o peso eviscerado estimado foi calculado pela relação peso eviscerado/comprimento total pela equação ($W_{Est} = (0,0113*(L_t)^{2,9212}$, $n = 402$, $r^2 = 0,98$). O Índice de condição resultou alto ao longo do ano, sendo mais elevado nos meses da estação chuvosa (abril-junho) (Fig. 8), coincidindo com o período reprodutivo. o teste t não detectou diferença significativa no IC entre machos e fêmeas.

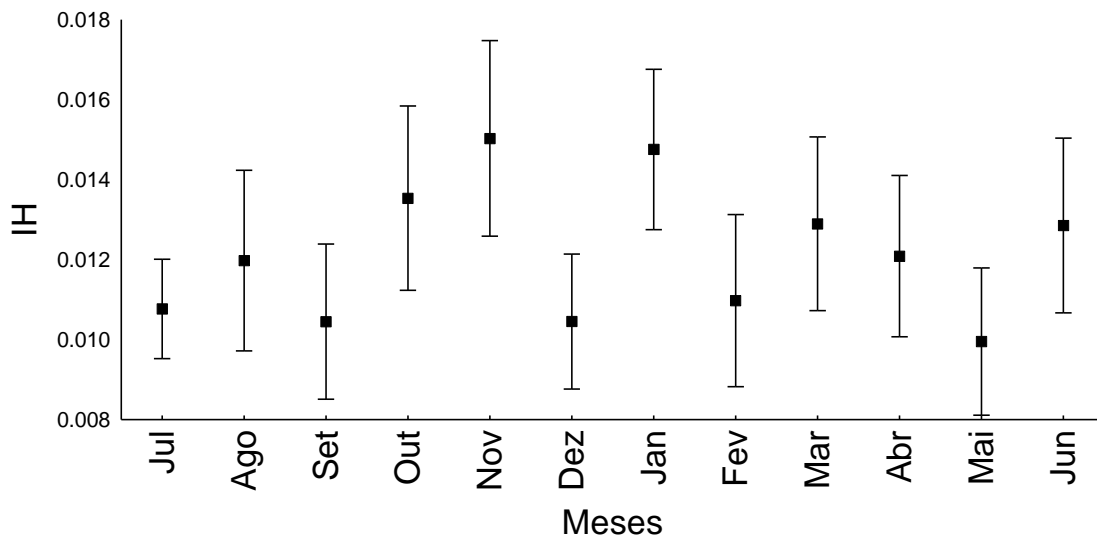
Figura 8. Variação mensal do índice de condição (IC) da tainha *M. liza* capturada na Lagoa Mundaú, de julho de 2011 a 2012.



Fonte: Autora da dissertação, 2013

O índice hepatossomático apresentou uma variação sazonal significativa ($p < 0,05$). Em ambos os sexos, os maiores valores do IH ocorreram durante a estação seca (Fig. 9). O teste t não detectou diferença significativa no IC entre machos e fêmeas.

Figura 9. Variação mensal do índice hepatossomático (IH) para *M. liza* capturados na Lagoa Mundaú, de julho de 2011 a 2012.

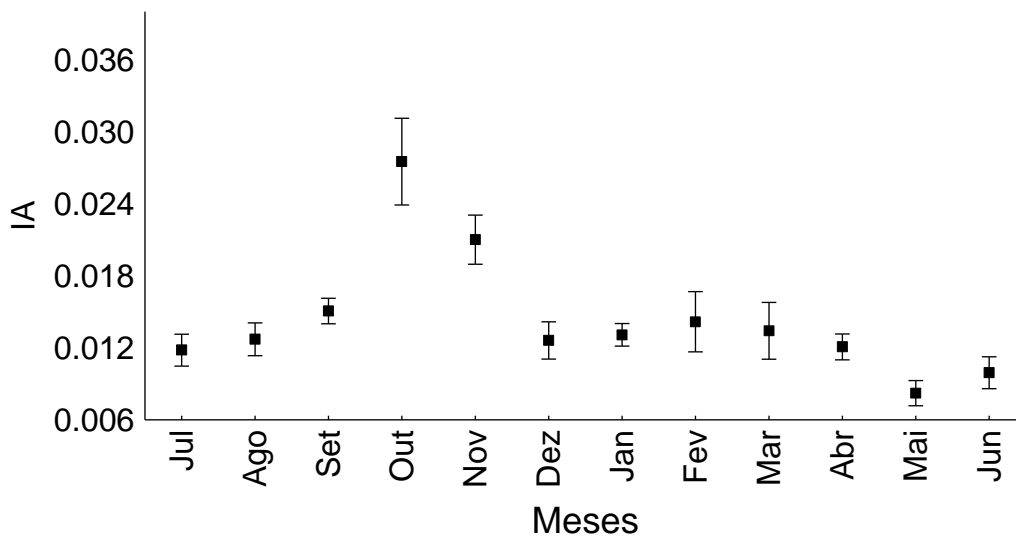


Fonte: Autora da dissertação, 2013

5.1.5. Índice alimentar

As variações mensais no IA indicam que o ritmo alimentar varia significativamente ($p < 0.05$) ao longo do ano. O ritmo alimentar começa a aumentar gradualmente a partir do fim da estação chuvosa, se mantém elevado durante o início da estação seca e em seguida começa a diminuir alcançando seus valores mais baixos no início da estação chuvosa (Fig. 10). Desta forma os resultados indicam que o período de maior alimentação corresponde à estação chuvosa (outubro-março) em ambos os sexos.

Figura 10. Variação mensal do índice alimentar (IA) para *M. liza* capturados na Lagoa Mundaú, de julho de 2011 a 2012.

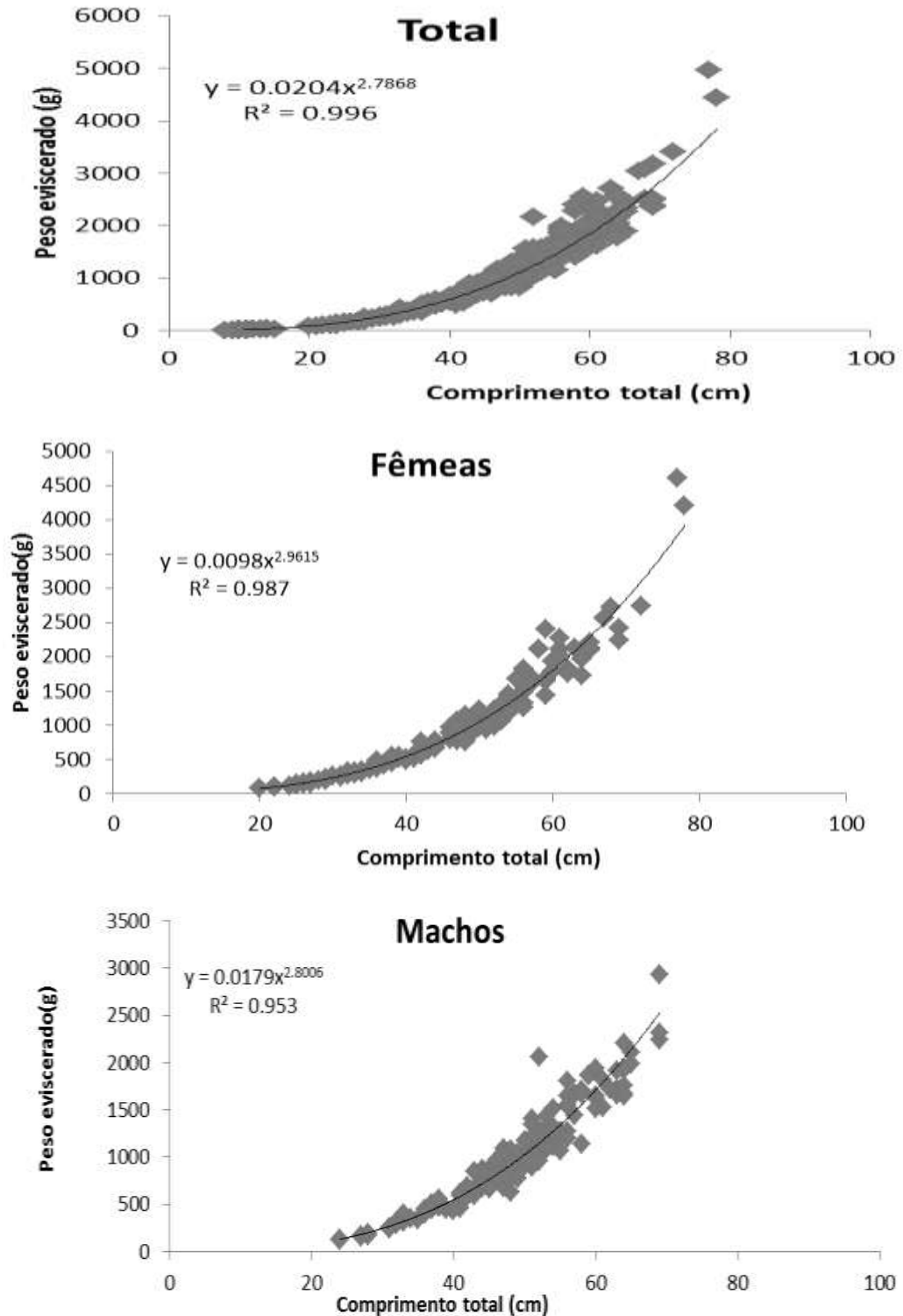


Fonte: Autora da dissertação, 2013

5.1.6 Relação peso-comprimento

A relação peso eviscerado (g) e comprimento total (cm) foi aplicada separadamente para sexos combinados, fêmeas e machos, em todos os casos houve uma relação linear positiva (Fig. 11).

Figura 11. Relação peso- comprimento total (a) (n=553), de fêmeas (n=155) e machos (n=173) da tainha *M. liza* coletada na Lagoa Mundaú entre julho de 2011 a junho de 2012.



Fonte: Autora da dissertação. 2013.

5.3. Padrão de marcação de anéis de crescimento em otólitos de *M. liza*

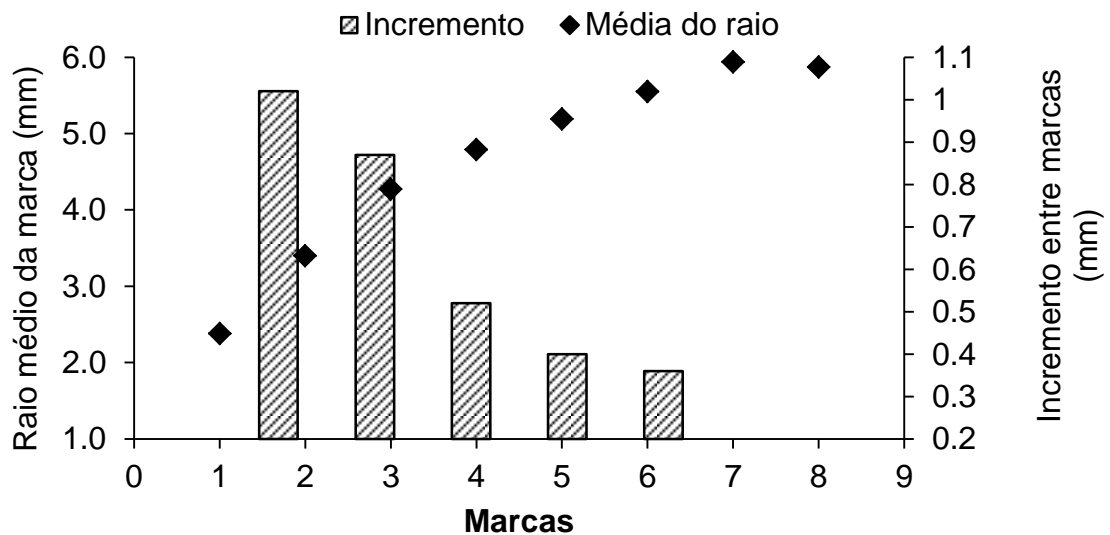
5.3.1 Análise qualitativa do padrão de marcação nos otólitos

Foram identificadas oito marcas sazonais ou macro-incrementos nos otólitos *sagittae* de *M. liza*. As marcas duplas são mais frequentes nos primeiros anos de vida e as simples são mais frequentes a partir da quarta marca anual depositada. A primeira marca anual depositada é dupla (96% dos otólitos observados). A segunda marca dos otólitos também é dupla (82%), entretanto, a partir do terceiro anel aumenta a frequência de marcas simples, 66,8% no caso da terceira e 53%, no caso da quarta, a partir da quinta todas as marcas depositadas são simples.

5.3.2. Análise quantitativa dos otólitos inteiros

Os valores médios do raio de cada marca e o incremento entre as marcas seguem o padrão esperado de diminuição dos incrementos conforme aumenta o número de marcas (Fig.12).

Figura 12. Diminuição das distâncias das marcas de crescimento com o aumento do número de marcas em otólitos de *M. liza*



Fonte: Autora da dissertação, 2013

O segundo critério, refere-se ao pressuposto sobre a distribuição de tamanho das marcas (raios dos anéis), as quais devem ser unimodais, ocorrer deslocamento das modas de cada marca conforme aumenta o número de marcas e se ajustarem à curva normal de distribuição de probabilidades. O desvio padrão e coeficiente de variação de cada marca foram baixos (Tabela 1). O ajuste à distribuição normal foi testado para todas as marcas, todas

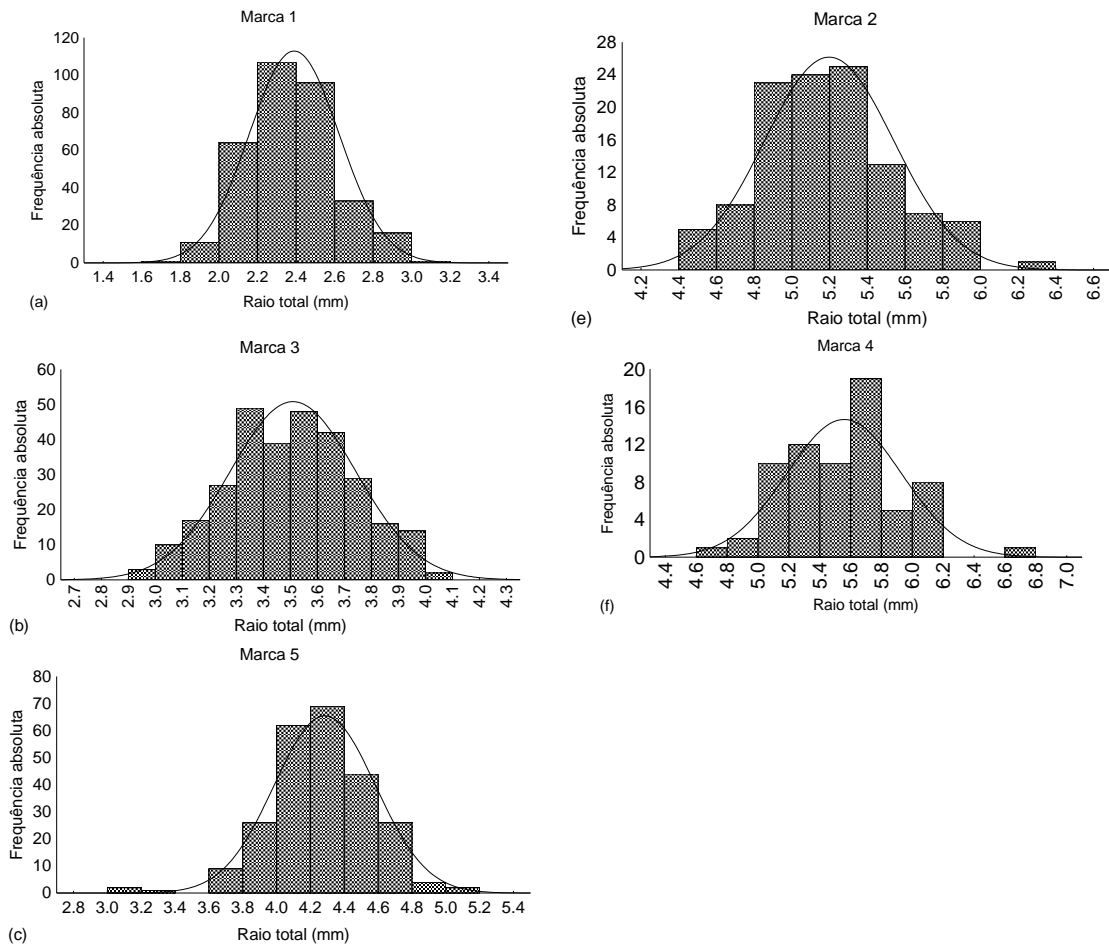
as marcas apresentaram ajuste a normal como mostrado na tabela 1 e figura 13. Entretanto, da primeira à quinta marca teve melhor ajuste à normal, o que pode ser atribuído ao tamanho amostral, visto que as 5 primeiras idades representaram 89% do total das idades observadas.

Tabela 1. Frequência dos tamanhos das marcas de crescimento nos otólitos onde \bar{x} = média; Sd = desvio padrão; S = coeficiente assimetria; D = teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; p-crítico (probabilidade de significância; n = amostra).

Marcas	Média	Sd	C.V. (%)	D	p-crítico	N
1	2,38	0,23	9,66	0,06	<0,10	329
2	3,4	0,23	6,76	0,03	>0,20	296
3	4,27	0,29	6,79	0,04	>0,20	245
4	4,79	0,47	9,81	0,14	<0,01	177
5	5,19	0,34	6,55	0,08	>0,20	112
6	5,55	0,37	6,67	0,07	>0,20	68
7	5,94	0,44	7,41	0,09	>0,20	16
8	5,87	0,02	0,34	0,26	>0,20	2

Fonte: Autora da dissertação, 2013

Figura 13. Distribuição da frequência relativa dos raios dos anéis primeiro a quinto dos otólitos *Sagittae* de *M. liza* na Lagoa Mundaú.



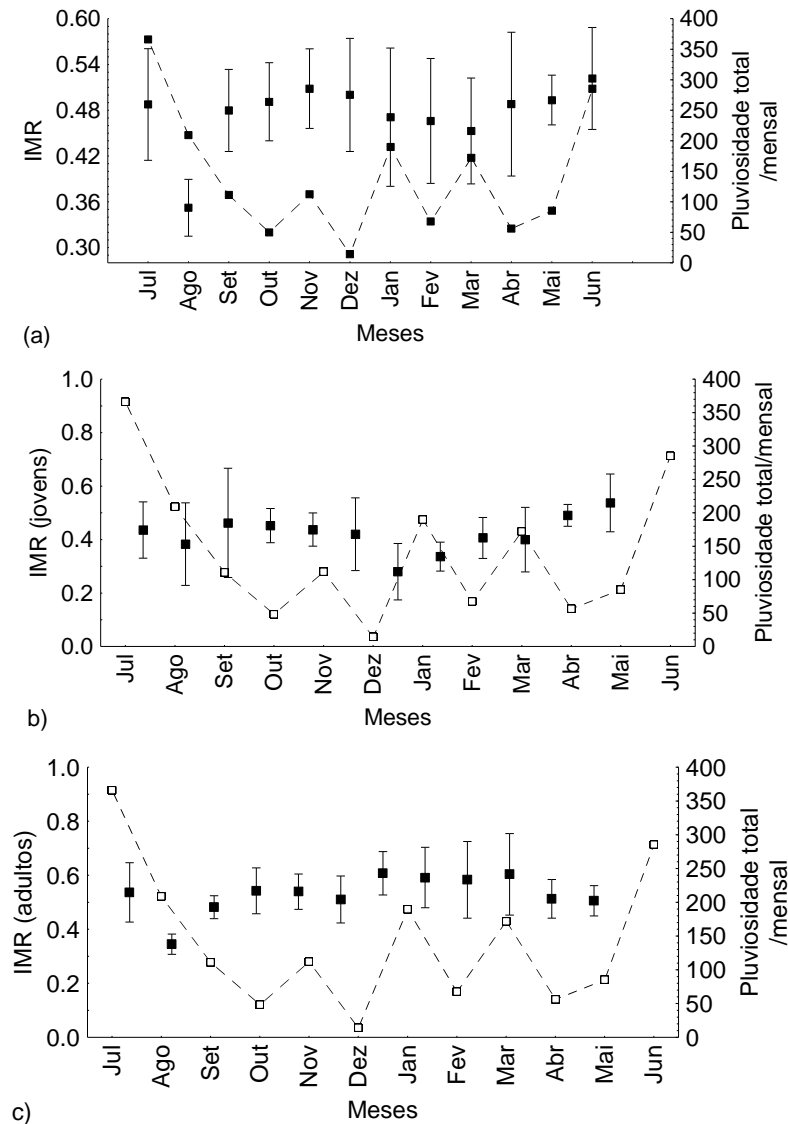
Fonte: Autora da dissertação, 2013

O ajuste normal dos valores médios mensurados de cada marca apresentou uma diminuição dos espaçamentos conforme aumento do número de anéis nos otólitos (Fig. 13).

5.3.3 Periodicidade de formação das marcas de crescimento

A avaliação do crescimento sazonal de *M. liza* na Lagoa Mundaú, analisada por meio da variação do IMR durante 12 meses, possibilitou a validação da formação das marcas. Uma ANOVA simples utilizando o mês como fator, revelou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os meses de julho – agosto nos valores do incremento marginal relativo (IMR) com a consequente formação do anel de crescimento lento durante este período (Fig.14).

Figura 14. Variação mensal dos valores médios do incremento marginal relativo IMR com seus correspondentes erros padrões: total (a), adultos (b) e jovens (c) versus a pluviosidade.



Fonte: Autora da dissertação, 2013

Dessa forma, ao longo do ano *M. liza* apresenta uma diminuição de seu ritmo de crescimento durante o final da estação chuvosa e início da seca, formando uma marca de crescimento por ano, em adultos. Em peixes jovens (estágios I e II) o ritmo de crescimento diminui na estação seca (dezembro-fevereiro), possivelmente associado a baixa disponibilidade de alimentos no estuário.

Nos indivíduos adultos, a correlação entre IMR e o IGS ($r = -0,84$), O_2 dissolvido ($r = 0,66$) e a salinidade ($r = -0,85$) foi muito mais elevada do que contra a temperatura ($r = -0,67$), também há uma forte correlação entre o IA e o IH ($r = -0,77$) é mais elevado que entre o IH e o IC ($r = 0,77$).

Além do IG, a variação do IMR esta também associado a salinidade, pois foi observado que a diminuição do crescimento é afetada pelo período reprodutivo e também ocorre durante a estação chuvosa.

Tabela 2. Correlação de Pearson entre as variáveis bióticas e abióticas que influenciam o crescimento de adultos de *M. liza* no estuário da Lagoa Mundaú. Valores em negrito são significativos ($p < .05$). IGS(Índice gonadossomático); IC(índice de condição); IA (índice alimentar); IH (índice hepatossomático); IMR (incremento marginal relativo); Sal(salinidade); Pluv (pluviosidade); Temp (temperatura). Valores em negrito estão significativos correlacionados

	IGS	IC	IA	IH	IMR	Sal.	Oxig.	Pluv.	Temp.
IGS	1								
IC	-0.29	1							
IA	-0.20	-0.55	1						
IH	0.19	0.71	-0.77	1					
IMR	-0.84	0.57	0.09	0.13	1				
Sal.	-0.85	0.46	0.03	0.01	0.77	1			
Oxig.	0.66	-0.06	-0.09	0.13	-0.48	-0.57	1		
Pluv.	0.40	-0.08	-0.29	0.35	-0.24	-0.48	0.36	1	
Temp.	-0.68	0.27	0.29	0.00	0.67	0.70	-0.31	-0.47	1

Fonte: Autora da dissertação, 2013

Nos peixes jovens (estágios I e II) que ainda não atingiram a maturidade sexual, o IMR está associado com o oxigênio dissolvido e o IC ($r = 0.61$) e menos associado com a temperatura ($r = -0.54$). A variação do IC esta fortemente associada com o oxigênio ($r = 0.74$) (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes da correlação de Pearson entre as variáveis bióticas e abióticas que influenciam o crescimento de jovens de *M. liza* no estuário da Lagoa Mundaú. Valores em negrito são significativos ($p < 0,05$).

	IMR	IC	IA	IH	IGS	Temp.	Sal.	Oxig.	Pluv.
IMR	1.00								
IC	0.61	1.00							
IA	-0.57	-0.50	1.00						
IH	-0.26	-0.17	0.17	1.00					
IGS	0.39	-0.34	0.15	-0.07	1.00				
Temp.	-0.58	-0.35	0.32	0.40	-0.38	1.00			
Sal.	-0.23	-0.40	-0.17	0.08	-0.14	0.70	1.00		
Oxig.	0.61	0.74	-0.12	0.03	0.12	-0.31	-0.57	1.00	
Pluv.	0.15	0.22	-0.06	0.11	0.27	-0.47	-0.48	0.36	1.0

Fonte: Autora da dissertação, 2013

5.4. Estimativa dos parâmetros de crescimento

Tendo como base os resultados do modelo de Morita e Matsuishi (2001) foram estimados para machos, fêmeas e total (Tabela 4), os comprimentos retrocalculados para o total e por sexo (Tabela 5).

Tabela 4. Valores estimados para os parâmetros do modelo regressão múltipla Morita; Matsuishi (2001)

	α (intercept)	β (Rt-mm)	γ (idade)	R^2	p-level	n
Total	-0.793	7.66	2.98	.945	P<0.400	261
Machos	17.47	3.16	3.9	.812	p<0.000	173
Fêmeas	7.26	5.04	4.2	.903	p<0.00	153

Fonte: Autora da dissertação, 2013

Tabela 5. Média do comprimento total e desvio padrão por idade retrocalculados para *M. liza* no estuário Lagoa Mundaú.

Idade (anos)	Ct total	Sd total	Ct fêmeas	Sd fêmeas	Ct machos	Sd machos
1	24,7	2.69	20.79	3.19	18.03	3,5
2	37.1	3.17	33.63	3.93	31.88	3,7
3	44.4	3.70	43.56	4.38	41.33	4,2
4	53,3	2.65	49.92	5.03	47.57	4.4
5	58.7	3,11	55.03	5.12	52.72	4.6
6	63.7	2.84	59.36	5.56	57.00	4.8
7	69.6	1,83	66.62	5.79	64.96	2.4
8	76.4	0,51	76.35	0.49	-	-

Fonte: Autora da dissertação, 2013

Conforme o tamanho retrocalculado *M. liza* apresenta crescimento rápido nos três primeiros anos de vida alcançando mais de 43 cm e a partir do terceiro ano de vida o ritmo de crescimento começa a diminuir.

O ajuste dos comprimentos retrocalculados por idade ao modelo de crescimento de von Bertalanffy, forneceu os seguintes parâmetros (Tabela 6).

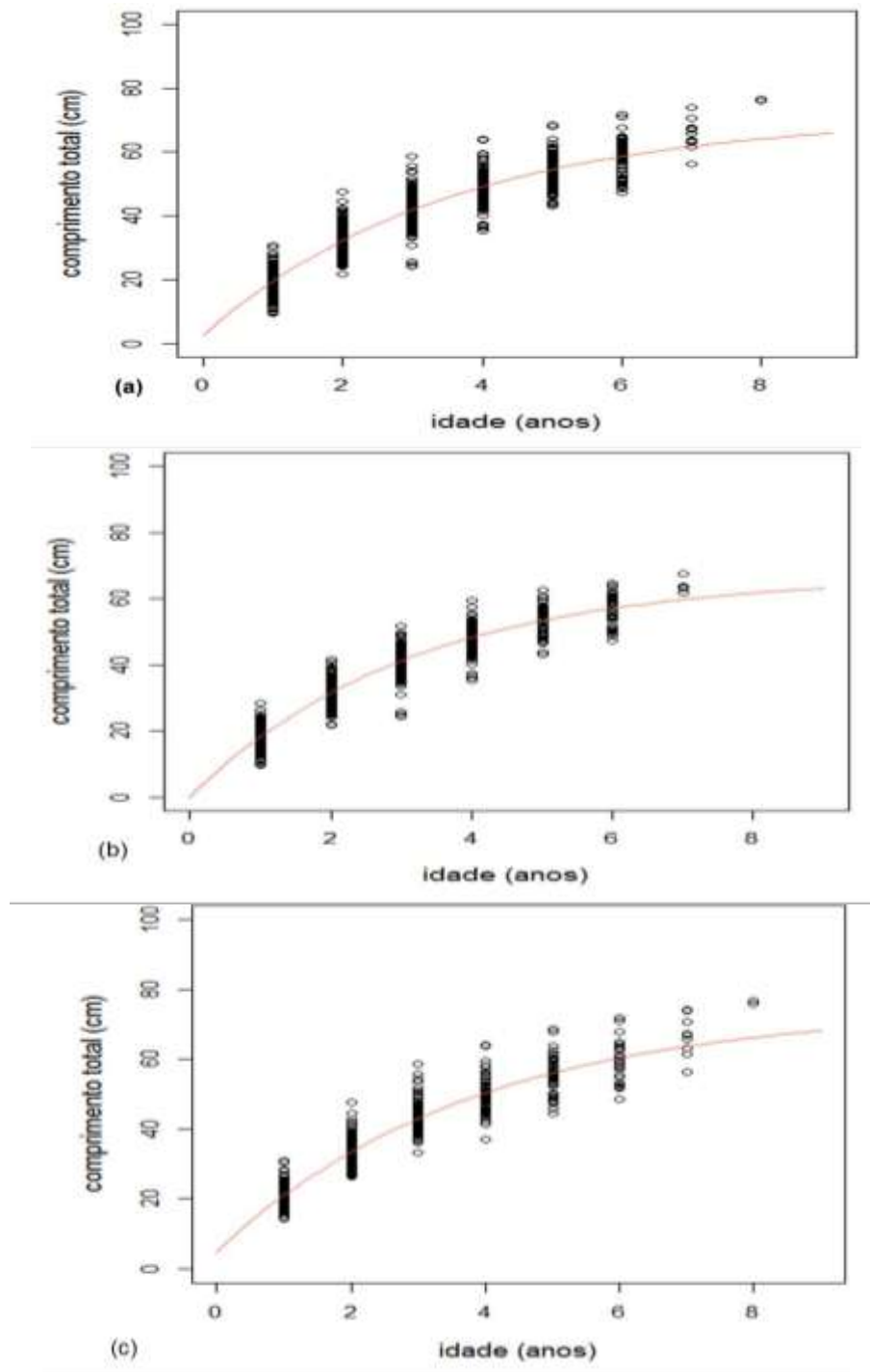
Tabela 6. Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy calculados para machos e fêmeas da tainha *M. liza*, na Lagoa Mundaú

Parâmetros	Total	Machos	Fêmeas
K	0,28	0,32	0,26
L_{∞}	71	66,93	74,64
t_0	-0,14	0,001	-0,248
N	403	201	202

Fonte: Autora da dissertação, 2013

A estimativa dos parâmetros do modelo de von Bertalanffy e sugerem que *M. liza* tem crescimento rápido, havendo dimorfismo sexual na taxa de crescimento e tamanho máximo esperado. As fêmeas têm uma taxa de crescimento anual menor ($k=0,26$) que os machos ($k=0,318$) (Tabela. 6), e alcançam maior tamanho corporal (Fig.15).

Figura 15. Curva de crescimento de *Mugil liza*, estabelecidas de acordo com o modelo de von Bertalanffy. Total (a), fêmeas (b) machos (c).



Fonte: Autora da dissertação, 2013

5.4.1 Mortalidade natural (M) e Longevidade (A_{95})

A mortalidade natural estimada pelo método de Taylor foi de 0,28. Os machos apresentaram uma mortalidade natural maior do que as fêmeas ($M= 0,32$ e $0,26$

respectivamente). O cálculo destes parâmetros populacionais foram baseados nas estimativas k e t_0 obtidas a partir do modelo de von Bertalanffy.

Os valores utilizados para estimar a mortalidade natural pelo método empírico de Pauly (1980) foram: $L_{\infty} = 71$ cm (comprimento total); $K = 0,22 \text{ ano}^{-1}$; $T = 27,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura média anual da água no referido estuário). O resultado obtido foi de $-0,50 \text{ ano}^{-1}$. Para os machos, os valores utilizados foram: $L_{\infty} = 66$ cm (comprimento total); $K = 0,31 \text{ ano}^{-1}$; $T = 27,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e o resultado obtido foi de $-0,39 \text{ ano}^{-1}$, para as fêmeas os valores utilizados foram: $L_{\infty} = 76$ cm (comprimento total); $K = 0,26 \text{ ano}^{-1}$; $T = 27,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. O resultado obtido foi de $-0,56 \text{ ano}^{-1}$.

A idade máxima ou longevidade estimada para o total foi de 10 anos ($A_{0,95} = 10,6$) anos. Os machos tem uma longevidade de 9 anos ($A_{0,95} = 9,4$), enquanto as fêmeas resultaram em dois anos a mais que os machos ($A_{0,95} = 11,5$)

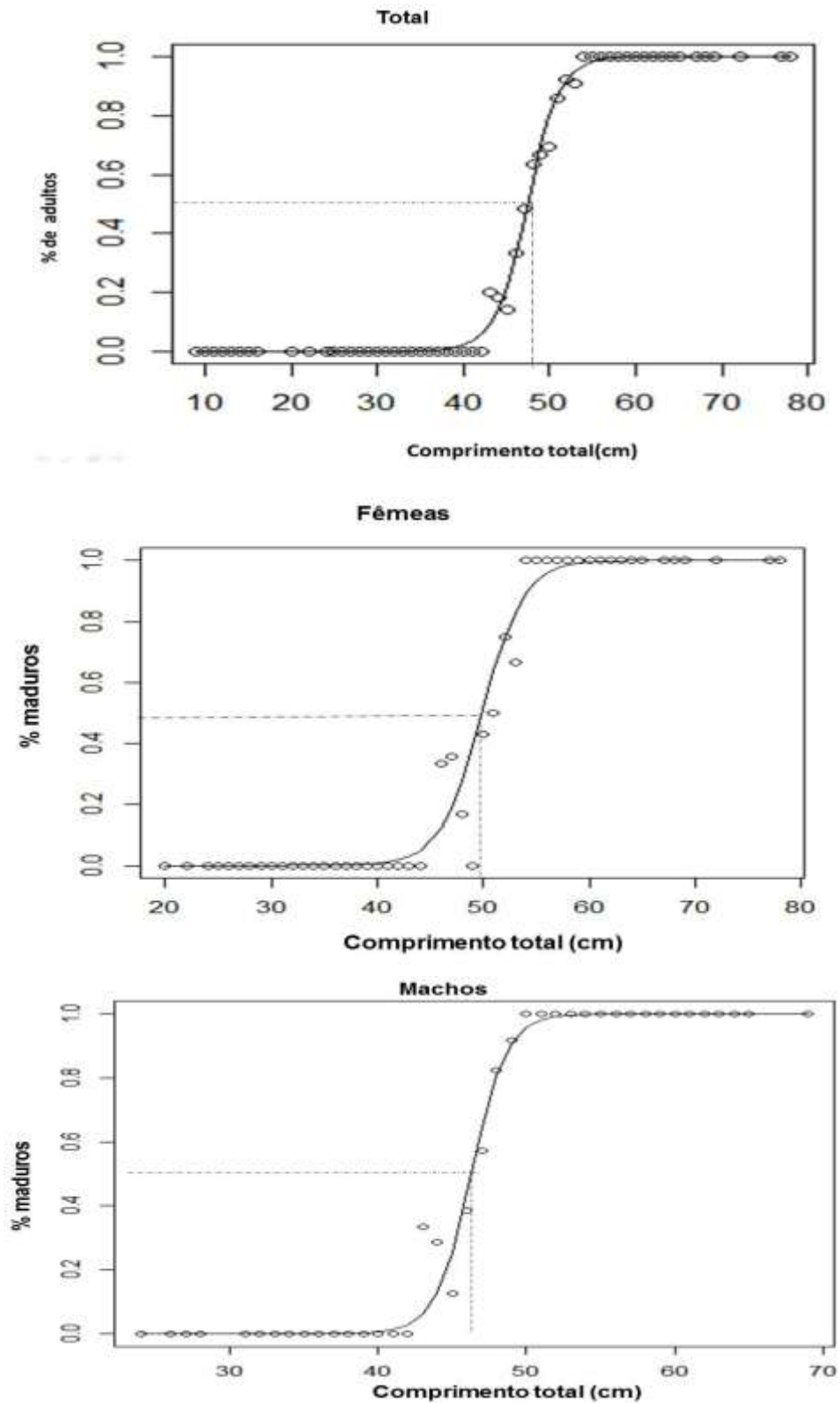
5.4.2 Idade de primeira maturidade sexual (T_{50}).

A idade estimada para a primeira maturação sexual (t_{50}) foi de quatro anos ($T_{50} = 3,96$). As fêmeas maturam com três anos ($T_{50} = 3,7$) e os machos maturam aos quatro anos ($T_{50} = 4$).

5.4.3 Comprimento da primeira maturidade sexual (L_{50})

O ponto de inflexão da curva logística ajustado na proporção de adultos em função do comprimento total indicou que o tamanho da primeira maturidade sexual, no qual 50% da população estão aptos a se reproduzirem, foi estimado em 48,5 cm de comprimento total (Fig. 16). O tamanho no qual os machos amadurecem é menor do que comprimento das fêmeas, 46,9 cm e 50,9 cm, respectivamente.

Figura 16. Comprimento de primeira maturação sexual (L_{50}) para sexos combinados, fêmeas, machos de *M. liza*



Fonte: Autora da dissertação, 2013

6 DISCUSSÃO

A maioria dos trabalhos sobre a idade e o crescimento de espécies da Família Mugilidae se baseiam na interpretação de macroestruturas (anéis) encontradas nos espinhos, escamas e otólitos (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1980b, 1981; IBAÑEZ-AGUIRRE; LLEONART, 1996; GONZÁLEZ CASTRO et al., 2009; SANTANA et al., 2009; HOTOS; KATSELIS, 2011). A determinação da idade da tainha *M. liza* do estuário da Lagoa Mundaú feita no presente estudo, assim como em vários estudos feitos com outras espécies do gênero *Mugil* (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1980a, 1981a; SANTANA et al., 2009; RANGELY, 2011) em regiões tropicais, confirmam que as marcas nas estruturas calcificadas podem ser utilizadas como indicadoras da idade e do ritmo de crescimento o que corrobora o obtido no presente estudo.

O método de validação de marcas de crescimento denominado de Incremento Marginal Relativo (IMR) tem sido muito utilizado nos trabalhos de idade e crescimento em Mugilideos (ESPINO-BARR et al., 2005; SANTANA et al., 2009; RANGELY, 2011) neste a validação é determinada pelo tempo transcorrido entre duas observações em que a periodicidade da formação das marcas de crescimento pode ser confirmada, sendo assim, é um dos métodos de validação mais exato conhecido (LOZANO, 2005).

A análise do incremento marginal relativo (IMR) indicou um mês com diminuição significativa no ritmo de crescimento, tendo como consequência à formação de um anel opaco em Agosto. Muitas espécies da Família Mugilidae formam um anel de crescimento lento no período reprodutivo, pois nesta época, o metabolismo do peixe abaixa e ocorre a formação de um anel (SANTANA et al., 2009; RANGELY, 2011), com a disponibilidade energética empenhada para a maturação das gônadas, ritmo alimentar, acúmulo de cálcio dentre outros influenciam as taxas de crescimento durante o período reprodutivo, principalmente em peixes que migram durante este período, sendo a migração, um estresse a mais para o organismo. A redução do IC durante o período reprodutivo (maio – agosto) corroboram com estudos anteriores em *M. liza* (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1981b; GONZÁLEZ CASTRO et al., 2009) e com outras espécies congêneras como *M. curema* (IBAÑEZ-AGUIRRE; GALLARDO-CABELLO, 1996; SANTANA et al. 2009) e *M. cephalus* (IBAÑEZ-AGUIRRE; GALLARDO-CABELLO, 1996).

No presente estudo, a população de *M. liza* do estuário da Lagoa Mundaú utiliza o período de seca (setembro-abril) para recrutamento, alimentação e crescimento e no período chuvoso (maio-agosto), ocorre uma redução significativa no ritmo de crescimento (IMR)

devido a época reprodutiva que consiste em maturação gonadal, migração reprodutiva e desova em ambientes pelágicos costeiros.

Em Mugilideos, os altos valores do índice gonadossomático (IG) e a presença de indivíduos em avançado estágio de maturação ovariana são fortes evidências de maturação gonadal e período reprodutivo. Em *M. liza*, estas características ocorreram entre maio e setembro, indicando que a maturação gonadal ocorre nesse período, coincidindo com a estação chuvosa e dura cerca de cinco meses, esses resultados corroboram o observado também em outros estudos de áreas tropicais como em Albieri e Araújo (2010) na Baía de Sepetiba, onde o ciclo produtivo também ocorre de maio-agosto, porém em período seco, dessa forma, a estratégia reprodutiva de *M. liza* varia de acordo com características sazonais de cada ambiente.

Os indivíduos estão melhores alimentados no período pós-desova, que ocorre o início da estação seca. O menor valor do índice alimentar (IA), em maio, pode ser um indicativo de que a espécie parou de se alimentar e iniciou o processo migratório da região estuarina para o mar, uma vez que a diminuição do IA é resultado de um alto custo energético, que se reflete nas taxas de crescimento (IBAÑEZ-AGUIRRE; GALLARDO-CABELLO, 2004). Este padrão também foi encontrado por González Castro et al. (2009) ao estudar o ciclo de vida de *M. platanus* (= *M. liza*) na Lagoa Costeira do Mar Chiquita. Os maiores valores do índice hepatossomático (IH) e o índice de condição (IC) ocorreram no período que antecede a época reprodutiva e se manteve baixo durante o período reprodutivo. O IC se manteve acima de 1 (para os machos) durante seis meses, o que indica um estado de bem estar intermediário dos indivíduos. Visto que, biologicamente este índice apresenta como valor isométrico $K=1$, sendo que os valores acima de 1 representam uma condição ótima de bem estar do peixe (PÉREZ, 2005).

O comprimento total retrocalculado mostrou que *M. liza* tem um crescimento rápido nos primeiros anos de vida atingindo mais de 24 cm no primeiro ano de vida, mantém o crescimento rápido durante os três primeiros anos de vida e reduz o ritmo de crescimento a partir do quarto ano de vida provavelmente associado ao primeira maturação gonadal.

Os parâmetros de crescimento de uma mesma espécie, em diferentes áreas podem variar (Tabela 7), de acordo com as características do ambiente no qual a população está inserida, dessa forma, o tamanho máximo retrocalculado no presente estudo é menor que o de fêmeas estudadas por Alvarez-Lajonchere (1981) em Cuba (Tabela 7) pode ser o atribuído as mudanças sazonais particulares em cada estuário.

Tabela 7. Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_{∞} = comprimento teórico máximo; k =taxa de crescimento; t_0 = idade teórica do peixe no comprimento zero) estimados para *M. liza* (M=machos e F=fêmeas) em diferentes regiões

Autor(es)	Região	Sexo	L_{∞}	K	Amplitude de tamanhos	Idade máx.
Presente estudo	Tropical	Machos	66,9	0,32	24 - 69	7
		Fêmeas	74,64	0,26	20 - 78	8
		Total	71	0,28	7 - 78	8
Alvarez-Lajonchere (1981)	Tropical	Machos	55,4	0,10	25 - 47	5
		Fêmeas	88,8	0,11	25 - 37	4
Gonzáles Castro (2009)	Temperada	Total	56,8	0,30	13 - 54	9

Fonte: Autora da dissertação, 2013.

Em comparação com os valores dos parâmetros populacionais obtidos por Alvarez-Lajonchere (1981), o comprimento assintótico foi similar, mas o k e t_0 encontrados nesse estudo são relativamente mais alto. A taxa de crescimento obtida no presente estudo foi mais elevada do que a apresentada por Gonzáles Castro et al. (2009). Vale ressaltar que as diferenças encontradas entre os parâmetros de crescimento para *M. liza* (Tabela 4) também pode estar associada aos diferentes estruturas para a determinação de idade, pois Alvarez-Lajonchere (1981) utilizou espinhos e Gonzáles Casto et al. (2009) utilizou otólitos inteiros tratados com água e neste estudo foi utilizado álcool puro absoluto (P.A), ou seja, três métodos de visualização das marcas de crescimento foram empregadas, uma por estudo.

Os parâmetros aqui apresentados constituem os primeiros valores para a espécie em regiões tropicais, sugerimos que e apresenta uma taxa de crescimento moderado, semelhante a taxa de crescimento observada em regiões temperadas, entretanto o comprimento teórico máximo estimado no presente estudo é maior do que o estimado para população de região temperada. Neste contexto, o presente estudo é fundamental e espera-se que os resultados obtidos possam subsidiar projetos de manejo, pois a população aqui estudada apresenta parâmetros populacionais distintos do obtido para outras espécies, logo não pode ser manejada de forma igual à população de regiões subtropicais e temperadas, por se tratar de regiões com características particulares no que diz mudanças sazonais que influencia diretamente o ciclo de vida de espécies estuarinas como *M. liza*. De acordo com Menezes et al. (2010), há uma variação no número de escamas (32 a 38) na série lateral de *M. liza* de acordo com o aumento da latitude, isso pode estar associado à diminuição da temperatura da água do Norte para o Sul.

O comprimento de primeira maturidade sexual (L_{50}) estimado foi menor para os machos (46,9 cm) e maior nas fêmeas (50,9 cm), isso corrobora o obtido por Albieri e Araújo (2010) na Baía de Septiba para indivíduos da mesma espécie, onde o tamanho em que todos

os indivíduos estão aptos a se reproduzirem é de 55 cm para os machos e 57 para as fêmeas, entretanto, os valores aqui estimados para o L_{50} de *M. liza* diferem do obtido por Esper et al., (2001) que estudaram o desenvolvimento gonadal de *M. platanus* (= *M. liza*) e observaram que 50% da população de fêmeas inicia o desenvolvimento gonadal com 41,2 cm, enquanto 100% das fêmeas são adultas com comprimento aproximado de 49,6 cm. Neste contexto, o presente estudo é fundamental e espera-se que os resultados obtidos possam subsidiar planos de manejo adequado para a espécie no referido estuário.

O plano de manejo adequado para a população de *M. liza* da Lagoa Mundáu, deverá considerar o período reprodutivo, quando deve ser proibida a captura (maio-setembro), também realizar atividades de educação ambiental e conscientização dos pescadores para não capturarem indivíduos nos meses referente ao período reprodutivo, o que consiste no período de defeso da espécie e não capturar indivíduos com tamanho mínimo de 48,5 cm de comprimento total, ou comprimento de primeira maturidade sexual (L_{50}), isso permite que todos os indivíduos capturados tenham desovado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento de *M. liza* é afetado por fatores bióticos e abióticos, sendo diferente entre jovens e adultos e entre machos e fêmeas, pois os adultos apresentam uma diminuição do crescimento e a conseqüente formação da marca de crescimento durante o período reprodutivo (junho-setembro), coincidindo com baixo índice alimentar (IA) e índice de condição (IC) (julho-setembro), esses resultados corroboram com o observado em outras espécies congênicas como *M. curema* (IBAÑEZ-AGUIRRE; GALLARDO-CABELLO, 2004; ESPINO-BARR et al., 2005; SANTANA et al., 2009). Enquanto, os peixes jovens têm o crescimento afetado pela diminuição do oxigênio dissolvido na água durante a estação seca (dezembro-fevereiro), dessa forma o ritmo de crescimento sazonal de *M. liza*, no estuário tropical da Lagoa Mundaú, pode ser associado a eventos biológicos cíclicos impostos pelo ciclo de vida (adultos) ou por mudanças sazonais que caracterizam ecossistemas estuarinos tropicais (jovens).

A diminuição do ritmo de crescimento dos jovens (estágio I e II) está possivelmente associada à escassez de alimento no estuário durante a estação seca, pois o IC também é baixo durante a diminuição do crescimento. De acordo com Melo-Magalhães et al. (2009) a densidade máxima de cianofíceas (alimento dos jovens) na Lagoa Mundaú foi registrada no período chuvoso, e a densidade máxima de diatomáceas (alimento dos adultos) ocorre em setembro, coincidindo com o início da estação seca. Isso pode ser observado pelo IA dos jovens, que é mais alto no período chuvoso, no entanto, entre o fim da estação chuvosa e início da estação seca ocorre uma aumento significativo IA tanto em jovens quanto em adultos (setembro-outubro).

Apesar da estratégia alimentar limno-bentófica dos Mugilídeos possibilitar a ingestão de uma grande variedade de itens alimentares disponíveis de diferentes graus de digestibilidade (LEBRETON et al., 2011), o IA dos indivíduos adultos caiu significativamente no fim da estação chuvosa (entre maio e julho), coincidindo com as maiores pluviosidade e período reprodutivo.

As mudanças sazonais podem influenciar o ciclo de vida de espécies estuarino-dependentes como o dos Mugilídeos, o qual está estreitamente associado com áreas estuarinas (González Castro et al. 2009). De acordo com Marin e Quintero (2003), o período reprodutivo dos Mugilídeos inicia-se quando apenas os indivíduos adultos em avançado estágio de maturação gonadal, migram para zonas costeiras para desovar, nesse período poucos indivíduos adultos são encontrados nos estuários. Na Venezuela, esse período de migração e

desova, em geral, está associado ao período de afloramento das corrente oceânicas, como é observado em *Mugil curema*, e coincide com o fim da estação chuvosa.

Em *M. liza*, após à migração e desova em ambiente marinho, 2 a 4 meses depois da migração dos adultos maduros, os juvenis (<30mm) são encontrados em águas costeiras do estuário (VIEIRA; SCALABRIN, 1991). O período de recrutamento coincide com o período de maior disponibilidade de alimentos, assim, os jovens utilizam o estuário como área de crescimento e sobrevivência (VIEIRA; SCALABRIN, 1991). O tamanho total de maturidade sexual em *M. Liza* ocorre em indivíduos de 55 a 57 cm (ALBIERI; ARAÚJO, 2010), esses resultados diferem do observado nesse estudo, pois a primeira maturidade gonadal ocorre em indivíduos com 54 cm.

De acordo com Cardona (2000) o padrão de crescimento e ocupação de habitat em Mugilideos, como *M. cephalus*, é diferenciado entre jovens e adultos, sendo afetado sazonalmente pela salinidade, assim os adultos realizam migração reprodutiva para a desova e preferem águas eurialinas, enquanto os jovens preferem águas doces e oligohalinas, onde apresentam maior crescimento. Esses resultados corroboram o observado no presente estudo, pois os jovens apresentam maior crescimento na estação chuvosa com menor salinidade, enquanto os adultos se reproduzem durante a estação chuvosa e mostram maior crescimento na estação seca, período de maior salinidade (Fig.3b). Em *Liza saliens* (Risso, 1810), o crescimento de juvenis também ocorre em épocas distintas dos adultos (CARDONA, 1999), enquanto os juvenis atingem a maior taxa de crescimento na metade do verão, a taxa de crescimento dos adultos diminui drasticamente. Em estuários temperados, como a Lagoa dos Patos, a intrusão de água salgada no estuário e a queda na temperatura induz a tainha *M. liza* a iniciar sua migração reprodutiva (VIEIRA; SCALABRIN, 1991).

No que diz respeito ao estudo de idade e crescimento, *M. liza* apresenta um crescimento rápido, alcançando mais de 37 cm de comprimento total nos primeiros dois anos de vida e diminui o ritmo de crescimento conforme aumento da idade, em geral, diminuem o ritmo de crescimento ao atingir a primeira maturidade sexual (IBÁÑEZ-AGUIRRE et al., 1999). Os machos têm um ritmo de crescimento diferente das fêmeas, pois a taxa de crescimento dos machos ($k=0,32$) é maior que a taxa de crescimento das fêmeas ($k=0,26$), entretanto, o comprimento teórico máximo estimado (L_{∞}) foi maior nas fêmeas ($L_{\infty} = 74,64$ cm) que nos machos ($L_{\infty}=66,93$ cm), entretanto o comprimento estimado foi menor do que o crescimento observado (78 cm para fêmeas e 66 cm para os machos). Observou-se que as fêmeas também alcançam maior idade que os machos. Isso corrobora com os resultados de estudos de espécies congênicas como *M. curema* e *M. cephalus*, em que a diferença de

crescimento entre machos e fêmeas também foi observada por Ibáñez-Aguirre e Gallardo-Cabello (1996) no Golfo do México, e a formação de anéis de crescimento foi atribuída à migração reprodutiva.

O comprimento de primeira maturidade (L_{50}) também foi diferente entre os sexos, sendo maior para as fêmeas ($L_{50}=50,9$ cm) que para os machos ($L_{50}= 46,9$ cm).

No presente estudo propomos que os indivíduos jovens (estágio I e II), não migram com os adultos durante a migração reprodutiva, baseado no IG, pois apenas os adultos apresentaram gônadas em avançado estágio de maturação gonadal.

Os valores médios mensais de IMR indicam que o crescimento dos adultos diminui durante o período reprodutivo, na estação chuvosa, enquanto nos jovens, o baixo crescimento ocorre no período de estiagem, associado com o baixo IC e baixa disponibilidade de oxigênio. Assim, o ciclo de vida de *M. liza* do estuário estudado é afetado por fatores sazonais abióticos (salinidade, oxigênio dissolvido) e índices biológicos cíclicos como IG, diferindo entre jovens e adultos e o crescimento é diferenciado entre machos e fêmeas.

Os parâmetros aqui estimados constituem os primeiros valores para a espécie em regiões tropicais, e apresenta uma taxa de crescimento moderado e os resultados corroboram os obtidos para a mesma espécie em regiões subtropicais, mas difere dos parâmetros obtidos em regiões temperadas. Neste contexto, o presente estudo é fundamental e espera-se que os resultados obtidos possam subsidiar projetos de manejo na área de estudo (como plano de manejo) e avaliar o impacto da exploração pesqueira sobre sua produção, em ambiente natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBIERI, R. J., ARAÚJO, F. G. Reproductive biology of the mullet *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in a tropical Brazilian bay. **Zoologia**, 27(3), 331–340, 2010.
- ALBIERI, R. J., ARAÚJO, F. G., RIBEIRO, T. P. Gonadal development and spawning season of white mullet *Mugil curema* (Mugilidae) in a tropical bay. **Journal of Applied Ichthyology**, 26(1), 105–109, 2010.
- ALVAREZ-LAJONCHERE, L. Determinacion de la edad y el crecimiento de *Mugil hospes* y *Mugil trichodon* (Pisces: Mugilidae) en Tunas de Zaza, Cuba. **Rev. Invest. Mar.**, 2: 142–162, 1980a.
- ALVAREZ-LAJONCHERE, L. Estudio de algunos aspectos sobre la reproducción de *Mugil trichodon* (Pisces: Mugilidae) en Tunas de Zaza, Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 1: 3-27. 1980b
- ALVAREZ-LAJONCHERE, L. Age and growth determination in *Mugil liza*, *M. curema*, *M. hospes* and *M. trichodon* (Pisces: Mugilidae) in Cuban waters. **Rev. Invest. Mar.**, 2(1): 142–162. 1981a.
- ALVAREZ-LAJONCHERE, L. 1981b. Determinación de la edad y el crecimiento de *Mugil liza*, *M. curema*, *M. hospes* y *M. trichodon* (Pisces: Mugilidae) en aguas cubanas. **Rev. Invest. Mar.**, 2(1).
- ALVAREZ-LAJONCHERE, L. The fecundity of mullets (Pisces: Mugilidae) from Cuban waters. **Journal Fish Biology**, 21: 607–613. 1982.
- ANDRADE-TALMELLI, E. F., ROMAGOSA, E., NARAHARA, M. Y., GODINHO, H. M. Características reprodutivas da tainha *Mugil platanus* (Teleostei: Perciformes: Mugilidae), da região estuarino -lagunar de Cananéia, São Paulo. **Rev. Ceres**, 43:165–185. 1996.
- ARAÚJO, F. G., CRUZ-FILHO, A. G. D. A., CRISTINA, M., AZEVÊDO, C. D. E., CLÍSTENES, A., SANTOS, D. E. A. Estrutura da comunidade de peixes demersais sa Baía de Septiba, RJ. **Rev. Brasil. Biol.**, 58(3): 417–430. 1998.
- BARMAN, U. K.; et al. Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): Field and laboratory studies. **Aquaculture International**, 13(3):241–256. 2005.
- BATISTA, V. S., SILVA, T. C. Age and growth of juveniles of junteiro shark *Carcharhinus porosus* in the coast of Maranhão, Brazil. **Rev. Brasil. Biol.**, 55(1), 25–32. 1995.
- BLABER, S. J. M. The feeding ecology and relative abundance of mullet (Mugilidae) in Natal and Pondoland estuarines. **Biological Journal of the Linnean Society**, 9: 259–275. 1977
- BLABER, S. J. M. Fish and Fisheries of Tropical Estuaries. First. Edit., p. 490. London: Chapman; Hall. 1997.

- CALDOW, C., WELLINGTON, G. M. Patterns of annual increment formation in otoliths of pomacentrids in the tropical western Atlantic: implications for population age-structure examination. **Marine Ecology Progress Series**, 265: 185–195. 2003.
- CARDONA, L. Age and growth of leaping grey mullet (*Liza saliens* Risso, 1810) in Minorca (Balearic Islands). **Scientia Marina** 63: 93–99. 1999a.
- CARDONA, L. Seasonal changes in the food quality, diel feeding rhythm and growth rate of juvenile leaping grey mullet *Liza saliens*. **Aquatic Living Resources**, 12(4), 263–270. 1999b.
- CARDONA, L. Effects of salinity on the habitat selection and growth performance of mediterranean flathead grey mullet *Mugil cephalus* (Osteichthyes: Mugilidae). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 50: 727–737. 2000.
- CARDONA, L. Habitat selection by grey mullets (Osteichthyes: Mugilidae) in Mediterranean estuaries: the role of salinity. **Scientia Marina**, 70: 443–455. 2006.
- CHELLAPPA, S., BUENO, R. M. X., CHELLAPPA, T., CHELLAPPA, N. T., ALMEIDA E VAL, V. M. F. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. **Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters**, 39(4), 325–329. 2009.
- CHOAT, J. H., ROBERTSON, D. R., ACKERMAN, J. L., POSADA, J. M. An age-based demographic analysis of the Caribbean stoplight parrotfish *Sparisoma viride*. **Marine Ecology Progress Series**, 246: 265–277. 2003.
- COUSSEAU, M. B., GONZÁLEZ CASTRO, M., FIGUEROA, D. E.; GOSZTONYI, A., E. Does *Mugil liza* Valenciennes 1836 (Teleostei: Mugiliformes) occur in Argentinean waters? *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 40(2), 133–140. 2005.
- CUTRIM, L.; BATISTA, V. S. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, 35(1), 85–92. 2005.
- DE SILVA, S. S.; WIJEYARANTNE, M. J. S. Studies on the biology of young grey mullet, *Mugil cephalus* L. II food and feeding. **Aquaculture**, 12:157–167. 1977.
- ESPER, M. L. P., MENEZES, M. S., ESPER, W. Época reprodutiva de *Mugil platanus* (Günther, 1880) Pisces Mugilidae da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). **Acta Biol. Par., Curitiba**, 30, 5–17. 2001.
- ESPINO-BARR, E., CABRAL-SOLÍS, E. G., GALLARDO-CABELLO, M., IBAÑEZ-AGUIRRE, A. L. Age determination of *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Pisces: Mugilidae) in the Cuyutlán Lagoon, Colima, México. **International Journal of Zoological Research**, 1: 21–25. 2005.
- FABRÉ, N. N., SAINT-PAUL, U. Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian anostomid *Schizodon fasciatus*. **Journal of Fish Biology**, 53: 1–11. 1998.

- FAZLI, H., JANBAZ, A. A., TALESHEAN, H., BAGHERZADEH, F. Maturity and fecundity of golden grey mullet (*Liza aurata* Risso, 1810) in Iranian waters of the Caspian Sea, 24: 610–613. 2008.
- FIGUEROA, S. N., NOBRE, C. A. Precipitation distribution over Central and Western Tropical South America. **Climanálise**, 5(6), 36–45. 1990.
- GALVÃO, M. S. N., FENERICH-VERANI, N., YAMANAKA, N., OLIVEIRA, I. R. Histologia do sistema digestivo da tainha *Mugil platanus*. **B. Inst. Pesca**, 24: 91–100. 1997.
- GILLSON, J. freshwater flow and fisheries production in estuarine and coastal systems: where a drop of rain is not lost. **Reviews in Fisheries Science**, 19(3), 168–186. 2011.
- GONZÁLEZ CASTRO, M., ABACHIAN, V., PERROTTA, R. G. Age and growth of the striped mullet, *Mugil platanus* (Actinopterygii: Mugilidae), in a southwestern Atlantic coastal lagoon (37°32'S-57°19'W): a proposal for a life-history model. **Journal of Applied Ichthyology**, 25(1): 61–66. 2009.
- GREGO, C. K. S., KELLY, C., HONORATO, M., SILVA, D. A., JESUS, M., MONTES, F. Distribuição espacial e sazonal da clorofila-*a* fitoplanctônica e hidrologia do estuário do Rio Timbó (Paulista – PE). **Tropical Oceanography**, 32: 181–199. 2004.
- HARRISON, I. J.,; HOWES, G. J. The pharyngobranchial organ of mugilid fishes; its structure, variability, ontogeny, possible function and taxonomic utility. **Bulletin of the British Museum, Natural History. Zoology**, 57(2): 111–132. 1991.
- HARRISON, I. J., NIRCHIO, M., OLIVEIRA, C., RON, E., GAVIRIA, J. A new species of mullet (Teleostei: Mugilidae) from Venezuela, with a discussion on the taxonomy of *Mugil gaimardianus*. **Journal Fish Biology**, 71: 76–97. 2007.
- HERAS, S., ROLDÁN, M. I.,; CASTRO, M. G. Molecular phylogeny of Mugilidae fishes revised. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, 19(2): 217–231. 2008.
- HOAR, W. S., RANDALL, D. J.,; BRETT, J. R. Fish Physiology. Academic Press, New York, VIII, 786 pp. 1979.
- HOTOS, G. N., KATSELIS, G. N. Age and growth of the golden grey mullet *Liza aurata* (Actinopterygii: Mugiliformes: Mugilidae), in the Messolonghi-Etoliko Lagoon and the Adjacent Gulf of Patraikos, Western Greece. **Acta Ichthyologica Et Piscatoria**, 41(3): 147–157. 2011.
- HSU, C., TZENG, W. Validation of annular deposition in scales and otoliths of flathead mullet, 48(5): 640–648. 2009.
- IBAÑEZ-AGUIRRE, A., GALLARDO-CABELLO, M., CARRARA, X. C. Growth analysis of striped mullet, *Mugil cephalus*, and white mullet, *M. curema* (Pisces: Mugilidae), in the Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, 97: 861–872. 1999.

- IBÁÑEZ-AGUIRRE, A. L.; GALLARDO-CABELLO, M. Reproduction of *Mugil cephalus* and *M. curema* (Pisces: Mugilidae) from a Coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 75(1), 37–49. 2004.
- IBÁÑEZ-AGUIRRE, A. L., GALLARDO-CABELLO, M. Determinación de la edad de lisa *Mugil cephalus* L. y la lebranche *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. *Ciencias Marinas*, 22: 329–345. 1996.
- IBÁÑEZ-AGUIRRE, A. L., LLEONART, J. Relative growth and comparative morphometrics of *Mugil cephalus* L. and *M. curema* V. in the Gulf of México.pdf. *Scientia Marina*, 60: 361–368. 1996.
- JEPSEN, D. B., WINEMILLER, K. O., TAPHORN, D. C., OLARTE, D. R. Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela. *Journal Fish Biology*, 55: 433–450. 1999.
- KATSELIS, G., KOUTSIKOPOULOS, C.,; KASPIRIS, P. Age determination and growth of leaping mullet, (*Liza saliens* R. 1810) from the Messolonghi Etoliko lagoon (western Greece). *Mediterranean Marine Science*, 3, 147–158. 2002.
- KING, M. Fisheries biology, assessment and management. **Fishing News Books**. London., 341p. 1995.
- KRALJEVIC, M., DULCICI, J., PALLAORO, A., MATIC-SKOKO, S. Age and growth determination of the golden grey mullet, *Liza aurata* (Risso, 1810) from the Adriatic Sea by using scale readings and length frequency analysis. *Acta Adriat.*, 52(2): 223–234. 2011.
- LAWSON, E. O., JIMOH, A. A. Aspectos of the biology of grey mullet, *Mugil cephalus* in Lagos lagoon, Nigeria. *AAFL*, 3(3), 181–194. 2010.
- LEBRETON, B., RICHARD, P., PARLIER, E. P., GUILLOU, G., BLANCHARD, G. F. Trophic ecology of mullets during their spring migration in a European saltmarsh: a stable isotope study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91(4): 502–510. 2011.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. Estudos Ecologicos de Comunidades de peixes tropicais (Universida., p. 566). São Paulo. 1999.
- LOZANO, A. P. Ciclo de vida e dinâmica populacional do capari *Pseudoplatystoma tigrinum* Valenciennes 1840 Pisces: Pimelodidae), no rio Apure, bacia do rio Orinoco. *Universidade Federal do Amazonas – UFAM Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA*. 2005.
- MARIN, E. B. J., DODSON, J. J. Age and growth fecundity of the silver mullet *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae), in coastal areas of Northeastern Venezuela. **Revista de Biología Tropical**, 48(1980), 1–16. 2000.
- MARIN, E. M. J., QUINTERO, A. Reproduction and recruitment of white mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. **Fishery Bulletin**, 101: 809–821. 2003.

- MELO-MAGALHÃES, E. M., MEDEIROS, P. R. P., LIRA, M. C. A., KOENING, M. L., MOURA, A. N. Determination of eutrophic areas in Mundaú/Manguaba lagoons, Alagoas-Brazil, through studies of the phytoplanktonic community. **Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia**, 69(2): 271–80. 2009.
- MENEZES, N. A. Guia prático para conhecimento e identificação das tainhas e paratis (Pisces: Mugilidae) do litoral brasileiro. **Rev. Brasi. de Zoologia**, 2(1): 1–12. 1983.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. I. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. **Museu de Zoologia da USP-São Paulo**, V.Teleoste, 1–10. 1985.
- MENEZES, N. A., OLIVEIRA, C., NIRCHIO, M. An old taxonomic dilemma: the identify of the western south Atlantic lembranche mullet(Teleostei: Perciformes: Mugilidae). **Zootaxa**, 68: 59–68. 2010.
- MORALES-NIN, B.; PANFILI, J. Seasonality in the deep sea and tropics revisited: what can otoliths tell us? **Marine and Freshwater Research**, 56(5): 585– 598. 2005.
- NELSON, J. S. Fishers of the world. (H. Jonh Wiley; Sons., Ed.) (4th ed., p. 622). New Jersey. 2006.
- NETO, J. C. F.,; SPACH, H. L. Morfologia e ultraestrutura de arcos branquiais de juvenis de *Mugil platanus* Günther (Pisces, Mugilidae). **Rev. Bras. Zool**, 16(2): 489–500. 1999.
- NEWMAN, S. J., CAPPO, M., WILLIAMS, D. M. Age, growth and mortality rates and correspondind yield estimates using otoliths of the tropical red snappers, *Lutjanus erythropterus*, *L. malabaricus* and *L. sebae*, from the central Great Barrier Reef. **Fisheries Research**, 48: 1–14. 2000.
- NEWMAN, S. J., WILLIAMS, D. M., RUSS, G. R. Age validation, growth and mortality mates of the tropical snappers (Pisces:Lutjanidae) *Lutjanus adetii* (Castelnau, 1873) and *L. quinquelineatus* (Bloch, 1790) from the Central Great Barrier Reef, Australia. **Mar. Freshwate Res.** 47: 575-584. 1996.
- NJOKU, D. C., EZEIBEKEKWE, I. O. Age composition and growth of the large-scaled mullet, *Liza grandisquamis* (Pisces: Mugilidae) Valenciennes 1836 on the New Calabar Estuary, off the Nigerian coast. **Fisheries Research**, 26: 67–73. 1996.
- OKAMOTO, M. H., SAMPAIO, L. A.,; MAÇADA, A. D. E. P. Efeito da temperatura sobre o crescimento e a sobrevivência de juvenis da tainha *Mugil platanus* Gunther, 1880. **Atlântica, Rio Grande**, 28: 61–66. 2006.
- OKUMUS, I., BASÇMAR, N. Population structure, growth and reproduction of introduced Pacific mullet , *Mugil so-iuy* , in the Black Sea. **Fisheries Research**, 33: 131–137. 1997.
- OLIVEIRA, A. F., BEMVENUTI, M. A. O ciclo de vida de alguns peixes dao estuário da Lagoa dos Patos, RS, informações para o ensino fundamental e médio. **Cadernos de Ecologia Aquática** 1 (2): 16–29. 2006.

- OLIVEIRA, I. R., SOARES, L. S. H. Food habits of the mullet *Mugil platanus* Gunther, 1880 (Pisces: Mugilidae), from Cananeia lagoon estuarine region, São Paulo, Brazil). **Boletim Inst. Pesca**, 23, 95–104. 1996.
- PANELLA, G. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. **Science (New York, N.Y.)**, 173(4002), 1124–7. 1971.
- PANFILI, J., MBOW, A., DURAND, J., DIOP, K., DIOUF, K., THIOR, D., NDIAYE, P. Influence of salinity on the life-history traits of the West African black-chinned tilapia (*Sarotherodon melanotheron*): Comparison between the Gambia and Saloum estuaries. **Aquat. Living Resour.**, 17: 65–74. 2004.
- PANFILI, J., THIOR, D., ECOUTIN, J.-M., NDIAYE, P., ALBARET, J.-J. Influence of salinity on the size at maturity for fish species reproducing in contrasting West African estuaries. **Journal of Fish Biology**, 69(1): 95–113. 2006.
- PÉREZ, A., FABRE, N. N. Seasonal growth and life history of the catfish *Calophysus macropterus* (Lichtenstein, 1819) (Siluriformes: Pimelodidae) from the Amazon floodplain. **Journal of Applied Ichthyology**, 25: 343–349. 2009.
- PESSANHA, A. L. M., ARAUJO, F. G., AZEVEDO, M. C. C.; GOMES, I. D. Variações temporais e espaciais na composição e estrutura da comunidade de peixes jovens da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. **Rev. Bras. de Zoologia**, 17(1), 251–261. 2000.
- RANGELY, J. Ciclo de vida de *Mugil curema* Valenciennes, 1936 em estuário tropical do Brasil: análise dos fatores relacionados à sua co-ocorrência com *Mugil curvidens* Valenciennes, 1936. *Programa de Pós- Graduação em Diversidade Biológica e conservação dos Trópicos-PPG-DiBiC*, 1-89. 2011.
- ROBINS, J., MAYER, D., STAUNTON-SMITH, J., HALLIDAY, I., SAWYNOK, B., SELLIN, M. 2006. Variable growth rates of the tropical estuarine fish barramundi *Lates calcarifer* (Bloch) under different freshwater flow conditions. **Journal of Fish Biology**, 69(2), 379–391.
- SALEN-PICARD, C., DARNAUDE, A., ARLHAC, D.; HARMELIN-VIVIEN, M. Fluctuations of macrobenthic populations: a link between climate-driven river run-off and sole fishery yields in the Gulf of Lions. **Oecologia**, 133(3), 380–388. 2002.
- SÁNCHEZ-DE ITA, J. A. I., VELÁZQUEZ, C. Q., MAGAÑA, F. G., CASTILLO, N. B.; URAGA, R. F. Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* from the west coast of Baja California Sur, Mexico. **Journal of Applied Ichthyology**, 27(1), 20–24. 2011.
- SANTANA DA SILVA, F. M. Biologie, Pêche et Dynamique de la Population de Mulet Blanc (*Mugil curema*, Valenciennes, 1836) de Pernambuco – Brésil. **Universite de Bretagne Occidentale**. 2007.
- SANTANA, F. M., MORIZE, E., CLAVIER, J., LESSA, R. Otolith micro- and macrostructure analysis to improve accuracy of growth parameter estimation for white mullet *Mugil curema*. **Aquatic Biology**, 7: 199–206. 2009.

- SCHAWAMBORN, S. H. L.; FERREIRA, B. P. Age structure and growth of the dusk damselfish, *Stegatus fuscus*, from Tamandaré reefs, Pernambuco, Brazil. **Environ. Biol. of Fishes**, 63: 79–88. 2002.
- SILVA, M. A., ARAÚJO, F. G. Distribuição e abundância de tainhas e paratis (Osteichthyes: Mugilidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, 17(2), 473–480. 2000.
- SIMKISS, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. *In The Ageing of Fish (Bagenal, T. B., ed.)*. England: Unwin Brothers Limited., pp. 1–12.
- VIEIRA, J. P. Juvenile mullets (Pisces Mugilidae) in the Estuary of Lagoa dos Patos, RS, Brazil. **Copeia**, 2:409–418. 1991.
- VIEIRA, J. P.; SCALABRIN, C. Migração reprodutiva da tainha (*Mugil platanus* Gunther, 1980) no Sul do Brasil. **Atlântica, Rio Grande**, 13: 131–141. 1991.
- VINCENT, M.; WHALEN, P. Growth rate of *Mugil cephalus* from two isolated Ponds in Huntington Beach State Park ., **Marine Science Biology**, 1–27. 2010.
- WHITFIELD, A. K., PANFILI, J.; DURAND, J. D. A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. **Rev. Fish Biol. Fisheries**, 22(3): 641–681. 2012.
- WHITFIELD, A. K., BLABER, S. J. M. Feeding ecology of piscivorous birds at lake ST Lucia. **Journal of African Ornithology**, 49(4): 185–198. 1978.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. Observaciones sobre a *Mugil curema* Valenciennes en áreas naturales de crianza, México: alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. **An. Inst. Cienc. Mar. Limnol., Univ. Nac. Autón. Méx.**, 3, 1–35. 1976.
- YEGANEH, S., AMIRI, B. M., ALAVI, S. M. H. Motility of *Mugil cephalus* L. spermatozoa in coelomic fluid, seminal fluid and saline media. **Journal of Applied Ichthyology**, 24(4): 517–518. 2008.

Parte 2:

Seasonal growth and life history of *Mugil liza* Valenciennes, 1836 Lebranche (Mugilidae: Perciformes) in a tropical estuary**M. F. de Sousa¹, N. N. Fabr e² & V. S. Batista**

^{1,2} Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Laboratório de Ecologia, Peixes e Pesca. Rua Aristeu de Andrade 452, Farol, Maceió, Alagoas, 57051-090, Brasil.

³ correspondence address. Tel.: +55 82 3221 1580; fax: +55 82 3223 4951; email: nidia.fabre@pq.cnpq.br

Summary

Seasonality in tropical environments is mainly characterized by changes in rainfall. Increased freshwater in estuaries due to seasonal increases in precipitation may improve growth, survival of juveniles and adult fish. However, there are few empirical studies assessing the seasonal dynamics of tropical estuarine fish. Here, we investigate the factors causing seasonal fluctuations in the growth of *Mugil liza*, a catadromous mullet whose life cycle is characterized by distinct partitioning by juveniles and adults. The study was carried at the Mundaú-Manguaba Estuarine Lagoon Complex (CELMM), Northeast Region of the Western Atlantic Region. A total of 402 individuals were sampled and *sagittae* otoliths were extracted. Otoliths were first decalcified in alcohol (P.A.) for 72 hours and seasonal growth rings were measured. Mean monthly values and the respective confidence intervals of biometric indices (RMI, FI, GSI and CI) were calculated. The mean monthly values of these indices and several abiotic factors (salinity, rainfall and temperature) were then used to calculate a Pearson correlation matrix. The analysis indicates that the seasonal growth rate of *M. liza* in the CELMM tropical estuary is associated with both cyclical reproductive events and the seasonal changes estuarine water chemistry caused by seasonal increases in precipitation.

Introduction

Tropical environments have often been considered as aseasonal because photoperiod and temperature are relatively constants throughout the year. This supposed lack of seasonal variation was initially linked to the observed lack of variation in the growth rates of tropical fish and a presumed absence of seasonal macro-increments in otoliths (Pannella, 1971). However, this view has changed in recent decades as increasing numbers of fish otolith studies from different tropical environments (Morales-Nin and Panfili, 2005). Such variations in fish growth rates have led researchers to reassess the potential sources of seasonal variation in abiotic and biotic factors in tropical environments. One clear candidate is the manifold changes in the hydrographic regime associated with seasonal increases in rainfall (the wet season) in tropical rivers. Such abiotic changes, when combined with seasonal migrations, the use of different habitats and cyclical biological processes have the would be to produce strongly cyclical patterns of growth (Fabr e and Saint-Paul, 1998; Jepsen et al., 1999; Panfili et al., 2004; Cutrim and Batista, 2005; Panfili et al., 2006; P erez and Fabr e, 2009). In tropical coastal environments with slight temperature changes during the year fish exhibit seasonal otolith rings associated with variations in rainfall, reproductive cycle, food, photoperiod and salinity (Batista and Silva, 1995; Newman et al., 1996; 2000; Schawamborn and Ferreira, 2002; Choat et al., 2003; Caldow and Wellington, 2003; Marriott and Mapstone, 2006; S anchez et al., 2011).

The fish of tropical estuaries, though less well studied may also have seasonal growth patterns. Changes in salinity and nutrient availability in the estuary are controlled by the flow of fresh water, tides and sea level (Blaber, 1997; Barletta et al., 2009), providing considerable scope for seasonal impacts on fish growth. For example, some studies suggest that influxes of freshwater into estuaries can improve growth, as well as juvenile, adolescent and adult survival (Robins et al., 2006).

Mullet (family Mugilidae) are especially well suited for investigating seasonal effects in tropical estuaries: they are common, frequently catadromous, with well documented life cycles. One of the most in depth studies was performed in temperate estuaries by Cardona (2000; 2006), who studied the effect of salinity on habitat selection and mugilid growth, the latter being strongly affected by energy expenditure for osmoregulation. In the case of *Mugil cephalus*, juveniles differed in their response to salinity, achieving higher growth rates in oligohaline environments, while adults were polyhaline.

The Lebranche mullet (*Mugil liza*) is distributed from the Caribbean to Northern Argentina, occupying tropical, subtropical and temperate ecosystems (Menezes et al., 2010). The species is widely fished in all the regions where it occurs, primarily in Southern Brazil (Silva and Araújo, 2000). In subtropical and temperate ecosystems are known aspects about its ecology, reproductive migration, feeding, reproduction and growth (Andrade-Talmelli et al. 1996; Oliveira and Soares, 1996; Vieira and Scalabrin, 1999; Esper et al., 2001; González Castro et al., 2009; Albieri and Araújo 2010). Difference in its spawning time can be detecting between subtropical and temperate estuaries along Atlantic coast of South America. Studies about reproduction evidenced differences in spawning season of the species between regions. Whitfield et al. (2012) in their review of *M. cephalus*, mentioned a lack of uniformity in the world in the life history traits, highlighting different reproductive season, nursery areas and migratory behaviour. These authors conclude that these facts may be indicating that *M. cephalus* is a single species or a species complex within its wide distribution area.

Assuming that the fish growth is a trait life-history dependent of local climate characteristics, food resources and availability, migratory movements, population density, among others (Hoar and Randall (1979), Ibañez and Gallardo-Cabello, 1996b; Fabré and Saint-Paul, 1998; Fabré and Perez, 2009; Whitfield et al., 2012). In this study we investigate the seasonality variation of life history traits - growth rate, spawning season, feeding and

condition timing – of a lebranche mullet and its relationship with local climate and abiotic characteristic in Atlantic tropical estuary.

Materials and methods

The study was carried out between July 2011 and June 2012 at the Mundaú-Manguaba Estuarine Lagoon Complex (CELMM), Alagoas, Brazil (9° 37' 59.8" S 35° 46.10" W), in the Western Atlantic Region (Fig. 1). The Mundaú Lagoon covers an area of 36 km² and has a permanent connection with the sea. Mean depth was 3.14 ± 0.24 m, monthly rainfall 143.2 ± 105.1 mm and mean annual water temperature was 27.4 ± 0.05 °C.

Fish were collected monthly by nylon monofilament gillnet with 1600 m long and 3 m high and different mesh sizes (40, 50 and 60 mm). Salinity, depth (m), water temperature (°C) and dissolved oxygen (%) was measured using a Hanna HI 9828 probe. Daily rainfall values (mm) were obtained from the National Institute of Meteorology - INMET. A total of 402 individuals were sampled. For each specimen total length (L_t) was measured (cm) and recorded weight of the gutted fish (g) (W_{obs}), stomach weight (W_{stom}), liver weight (W_{liv}) and gonads weight (W_{gon}), all expressed in grams (g). The maturity stage was assigned for both sexes using macroscopic gonadal examination, the stage were: I – Immature, II – Developing virgin, III - Mature, IV – Post-spawning and V - Spent- resting. *Sagittae* otoliths were extracted from each specimen, washed and stored for subsequent observation. To observe seasonal rings (macro-increment), otoliths were first decalcified using alcohol (P.A.) for 72 hours. Whole otoliths were observed submerged in alcohol on dark bottom with reflected light. An image of each otolith was captured and stored; then seasonal rings were identified and counted by two independent observers. The distance (mm) between the nucleus and each seasonal ring (R_n) and the otolith edge (R_t) was measured using Leica LAS EZ, v 2.1.0 software (Fig. 2).

Relative Marginal Increment (RMI) was calculated to determine seasonal growth rate, through $RMI = (R_t - R_n) / (R_n - R_{n-1})$, where R_t is the total radius of the otolith; R_n , the distance between the nucleus and last ring and R_{n-1} , the distance between the nucleus and next-to-last ring formed. To relate seasonal variations in the estuary with the cyclical biological processes of the species and seasonal growth rate, the following biological indices were estimated by month: Gonadosomatic Index- $GSI = W_{gon} / W_{obs}$; Feeding Index- $FI = W_{stom} / W_{obs}$; and Condition Index - $CI = W_{obs} / W_{est}$. Estimated weight (W_{est}) was calculated by the gutted weight and total length relationship ($W_{est} = (0.0113(L_t)^{2.9212}$, $n=402$, $r=0.98$). Length at first sexual maturity was calculated by fitting a logistic curve to the relation between percentage to mature fish as function of total length centimetres class.

Seasonal variation in youth and adults was assessed through mean monthly values and the respective confidence intervals ($p < 0.05$) of the biometric indices (RMI, FI, GSI and CI). Monthly differences were compared by ANOVA, with time (month of the year) a fixed factor, after test the heteroscedasticity by the Bartlett test and normality by Kolmogoroff-Smirnoff test. Pearson correlation matrix was calculated for the monthly biometric indices and abiotic factors: salinity, rainfall, oxygen dissolved and water temperature. The monthly mean and standard deviation of the biometric and abiotic indices were used for a multiple regression model having as response variable the monthly growth rates (RMI), in order to detect the biotic or abiotic factors to explain seasonal growth patterns in the estuary. All the data were log transformed and the normality of residue distribution was verified by Kolmogorov-Smirnov test.

Results

The total length of the specimens ranged between 20 and 78 cm, mean length was 47.2 ± 11 cm. The proportion of mature individuals by the total length indicates that size at first

sexual maturity was 48.5 cm, 46% were juveniles and 54% adults. Immature individuals were more frequent between October and April (Fig. 3), this period is the dry season in the estuary (rainfall mean of the period $100.7 \text{ mm} \pm 63.9 \text{ mm}$). The reproductive season, related to the higher frequency of mature (stage III) and post-spawning individuals (stage IV) and mean gonadosomatic index (GSI) occurred between May and September (Fig. 3 and 4b), this period corresponds to the rainy season (mean monthly rainfall of $242.9 \text{ mm} \pm 94.2 \text{ mm}$). The GSI of juveniles remained low throughout the year (Fig. 4a), while for adults it was significantly higher in August -indicating the spawning period-, followed by a significant decline ($p < 0.05$) in the subsequent months (Fig. 4b). After spawning at the onset of the dry season ($93.3 \text{ mm} \pm 61.2 \text{ mm}$), a significant increase ($p < 0.05$) in the feeding index (FI) was observed in juveniles and adults. This was followed by a gradual decrease in food intake in adults, reaching the minimum level in May when salinity fell from 13 to 7. In juveniles this period was between December and February when mean salinity was 11 ± 1.2 (Fig. 4e).

The lowest growth rate (RMI) in adults, indicating reduced seasonal growth, was observed between April and September, with a significant drop in August coinciding with the spawning period and rainy season (Fig. 3b). In the case of juveniles, the period of decelerated seasonal growth was in the dry season (December-January). The condition index, which also varied seasonally, indicated differences between juveniles and adults. In December and January (dry season), juveniles exhibited poor condition. In contrast, adults displayed low CI in the rainy season, primarily during the spawning and reproductive season (Fig. 3e).

The correlation between the eight variables, four coefficients were significant ($p < 0.05$): condition factor versus marginal relative increment (0.63), dissolved oxygen *v.* marginal relative increment (0.65), gonadal index *v.* marginal relative increment (-0.81), salinity *v.* marginal relative increment (0.75). All these correlations were inverse.

Among the biotic and abiotic factors studied, the multiple regression model obtained indicated: the Condition index (IC) and rainfall affected the growth rate of juvenile fish (Table 1). The CI and salinity affected growth rate of adults (Table 2). :

Discussion

Understanding cyclical biological processes of fish in tropical ecosystems is frequently a challenge due to the complex interaction between physiological (e.g. growth, reproductive cycles) and environmental factors (e.g. temporal patterns of habitat use, seasonal changes in abiotic habitat characteristics). Particularly in subtropical and tropical estuaries environment where the condition are extremely rigorous. This is partially caused by daily and seasonal changes that occurs in tropical estuaries but that usually are not well comprehended. Estuaries researches have been tendency to consider salinity as the causal factor of the daily and seasonal estuarine dynamics, however, this would not be suitable for tropical regions, unlike expected to temperate zone (Blaber, 2002).

The relationship between rainfall and salinity or depth must be the main factors to be considered. Salinity affects osmoregulation and depth affects the volume available to the biota and particularly to fishes. These variables can explain the seasonal dynamics of species in the estuary and its reproductive behaviour. Those aspects were considered as essential to understand the fish ecology in the tropics that uses estuaries permanently or not.

Mugilids are estuarine-dependent species that are strongly influenced by seasonal changes in the coastal ecosystem (Menezes and Figueiredo 1985). There are tropical and subtropical mullets that growth in the sea and breed in estuaries. According to Blaber (2002), the circum-tropical *Mugil cephalus* is a marine migrants of the sea and both juveniles as adults may occurs in the estuaries. In the West Atlantic the subtropical estuary of Lagoa dos Patos, juveniles of *M. liza* are typically found in the lagoon during periods of high food availability. In contrast, only adult in advanced stage of gonadal maturation migrate to coastal zones to spawn. Two to four months after migration of mature adults juveniles (< 30mm) are found in the coastal waters of the estuary (Vieira and Scalabrin 1991). In tropical Mundaú lagoon, young and adults we recorded, including mature adults on the wet season. This may

mean that *M. liza* have more estuarine dependency in tropical estuaries, can show an estuarization itself compared (according to Blaber classification). So, *M. liza* in Mundaú lagoon be have similarly to the circuntropical *M. cephalus*, but differs to *M. liza* from subtropical estuaries, where it would be a marine migrate. On this way, it is expect that *M. liza* have developed seasonal strategies to growth and reproduce in a closest link with the rain cycle that characterized the tropical estuaries.

The seasonal growth rate of *M. liza* in Mundáu Lagoon provides evidence of the influence of both cyclical biological events imposed by life cycle characteristics and predictable seasonal changes in abiotic factors of tropical estuarine ecosystems. The reproductive period occurs in the rainy season, when salinity is low (2.8 ± 1.8). The formation of growth rings in adult otoliths is probably related to spawning, since during this period adults reduce growth rate forming an annual hyaline ring as observed in other mugilid species (Espino-Barr et al., (2005), Ibañez-Aguirre and Gallardo-Cabello (2004), Santana et al., 2009). However, this result is in contrast to the findings of a recent study of *M. liza* in a temperate lagoon (Mar Chiquita, South Atlantic), where annual rings were related to low winter temperatures (González Castro et al., 2009).

Loss of growth during reproductive periods is a consequence of adult fish feeding for gonadal maintenance and development rather than somatic growth (Hoar et al. 1979). In contrast, loss of growth due to falls in temperature are a consequence of a fall in calcium metabolism that slows deposition in calcificated structures during cold spells in temperate regions (Simkiss, 1974). However, it should be noted other (non-temperature related) factors can alter calcium metabolism such as food shortages (Alvarez-Lajonchere, 1981), low salinity (Batista and Silva, 1995) and reproduction (Welcomme, 1992; Santana et al. 2009; Fabré and Saint-Paul, 1998; Perez & Fabré, 2009). If these latter factors have predictable cyclical patterns in the tropics they could also induce seasonal changes in growth.

The highest frequency of occurrence of juveniles *M. liza* in the Mundaú Lagoon was associated with the dry season, four – five months after spawning. In dry season was observed the formation of an annual ring in December and January. Given that juveniles (stage I and II) do not undergo reproductive migration, decreased growth in this case may be attributed to low levels of dissolved O₂ during the dry season and the decreased depth and consequently the availability of habitat. These stressful conditions are indicated by low CI. Young fish need O₂ levels above 5% and, since they are well nourished, exhibit good growth (Hoar et al., 1979). Thus, juveniles and adults develop annual growth rings on their otoliths, albeit at different periods.

Growth pattern and habitat occupation in mugilids, such as *M. cephalus*, is different between juveniles and adults, and seasonally affected by salinity (Cardona 2000). Adults undergo reproductive migration to spawn, preferring euryhaline waters, whereas juveniles prefer fresh and oligohaline waters, where they exhibit greater growth. This is observed in the present study, with juveniles displaying higher growth in the rainy season when salinity is low and adults reproducing during the rainy season and showing greater growth in the dry season (Fig. 3b). In *Liza saliens* (Risso, 1810), juveniles and adults reach maximum growth at different times (Cardona, 1999), with the former exhibiting maximum growth rates in midsummer and adults displaying drastically reduced rates during this period. In *M. liza* a lower RMI in adults occurs due to the reproductive period, whereas juvenile growth declines in the dry season and is associated to the CI and low O₂ availability. Thus, the life cycle of *M. liza* in the study estuary is affected by biological cycles reflected in indices such as GSI and CI and abiotic factors such as salinity, rainfall and dissolved O₂. Seasonal temperature variation is low (Lowe-McConnell, 1999) in the study system and is therefore unlikely to affect growth in *M. liza*.

Bibliography

- Albieri, R. J.; Araújo, F. G., 2010: Reproductive biology of the mullet *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in a tropical Brazilian Bay. *Zoologia* **27**, 331–340.
- Alvarez-Lajonchere, L., 1981: Age and growth determination in *Mugil liza*, *M. curema*, *M. hospes* and *M. trichodon* (Pisces: Mugilidae) in Cuban waters. *Rev. de Investig. Marinas* **2**, 142–162.
- Andrade-Talmelli, E. F.; Romagosa, E.; Narahara, M. Y.; Godinho, H. M., 1996: Características reprodutivas da tainha *Mugil platanus* (Teleostei: Perciformes: Mugilidae), da região estuarino -lagunar de Cananéia, São Paulo. *Rev. Ceres* **43**, 165–185.
- Batista, V. S.; Silva, T. C., 1995: Age and growth of juveniles of junteiro shark *Carcharhinus porosus* in the coast of Maranhão, Brazil. *Rev. Brasil. Biol.* **55**, 25–32.
- Blaber S. J. M. 1997: Fish and Fisheries of Tropical Estuaries (Fish and Fisheries Series, 22). Chapman and Hall, London. pp. 367
- Blaber, S. J. M.; Cyrus, D. P., Albaret, J. J., Ching, C. V., Day, J. W., Elliott, M., Fonseca, M. S., Hoss, D. E., Orensanz, J., Potter, I. C., Silvert, W. 2000. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, **57**, 590–602.
- Brett, J. R. 1979. Environmental factors and growth. In: Fish Physiology. Ed. Hoar, W. S., Randall, D. J. & Brett, J R. Academic Press, London. 599-677.
- Caldow, C.; Wellington, G. M., 2003: Patterns of annual increment formation in otoliths of pomacentrids in the tropical western atlantic: implications for populaion age-struture examination. *Marin. Ecology Progress Series* **265**, 185–195.
- Cardona, L., 2000: Effects of salinity on the habitat selection and growth performance of mediterranean flathead grey mullet *Mugil cephalus* (Osteichthyes, Mugilidae). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **50**, 727–737.
- Cardona, L., 1999: Age and growth of leaping grey mullet (*Liza saliens* (Risso, 1810)) in Minorca (Balearic Islands). *Sci. Marina* **63**, 93–99.
- Cardona, L. 2006: Habitat selection by grey mullets (osteichthyes: mugilidae) in mediterranean estuaries: the role of salinity. *Sci. Marina* **70**, 443–455.
- Choat, J. H., Robertson, D. R.; Ackerman, J. L.; Posada, J. M., 2003: An age-based demographic analysis of the caribbean stoplight parrotfish *Sparisoma viride*. *Marine Ecology Progress Series* **246**, 265–277.
- Cousseau, M. B, González Castro, M.; Figueroa, D. E.; Gosztonyi, E. A., 2005: Does *Mugil liza* Valenciennes 1836 (Teleostei: Mugiliformes) occur in Argentinean waters? *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* **40**, 133–140.
- Cutrim, L.; Batista. V. S., 2005: Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica* **35** (1): 85–92.
- Esper, M. L. P.; Menezes, M. S.; Esper, W., 2001: Época reprodutiva de *Mugil platanus* (Günther, 1880)(Pisces: Mugilidae) da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). *Acta Biol. Par., Curitiba* **30**, 5–17.
- Espino-Barr, E.; Cabral-Solís, E. G.; Gallardo-Cabello, M.; Ibañez-Aguirre, A. L., 2005: Age determination of *Mugil curema* Valenciennes, 1836(Pisces: Mugilidae) in the Cuyutlán Lagoon, Colima, México. *Intl. J. Zoo. Res.* **1**, 21–25.
- Fabré, N. N.; Saint-Paul. U., 1998: Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian Anostomid *Schizodon Fasciatus*. *J. Fish Biology* **53**, 1–11.
- Galvão, M. S. N.; Fenerich-Verani, N.; Yamanaka, N.; Oliveira, I. R., 1997: Histologia do sistema digestivo da tainha *Mugil platanus*. *B. Inst. Pesca* **24**, 91–100.
- González Castro, M.; Abachian, V.; Perrotta; R. G., 2009: Age and growth of the striped mullet, *Mugil platanus* (Actinopterygii, Mugilidae), in a Southwestern Atlantic Coastal

- Lagoon (37°32'S-57°19'W): a proposal for a life-history model. *J. App. Ichthyol.* **25**, 61–66.
- Heras, S., Roldán, M. I.; González Castro, M., 2008: Molecular Phylogeny of Mugilidae Fishes Revised. *Rev. Fish Biol. Fisheries* **19**, 217–231.
- Hoar, W. S.; Randall, D. J.; Brett, J. R., 1979: *Fish Physiology*. Academic Press, New York **VIII**, p. 599-677
- Hotos, G. N.; Katselis, G.N., 2011: Age and growth of the golden grey Mullet (*Liza aurata*) (Actinopterygii: Mugiliformes: Mugilidae), in the Messolonghi-Etoliko Lagoon and the Adjacent Gulf of Patraikos, Western Greece. *Acta Ichthyol. et Pisc.* **41**, 147–157.
- Ibañez-Aguirre, A. L.; Gallardo-Cabello, M., 2004: Reproduction of *Mugil cephalus* and *M. Curema* (Pisces: Mugilidae) from a coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Bul. of Mar. Science* **75**, 37–49.
- Jepsen, D. B.; Winemiller, K. O.; Taphorn, D. C.; Olarte, D. R., 1999: Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela. *J. Fish Biology* **55**, 433–450.
- King, M. 1995. *Fisheries biology, assessment and management*. Fishing News Books. London. p. 341.
- Lowe-McConnell, R. H. 1999: *Estudos ecologicos de comunidades de peixes tropicais*. Ed. Universidade de São Paulo. pp. 566
- Marin, E. M. J.; Quintero, A., 2003: Reproduction and recruitment of white mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. *Fishery Bulletin* **101**, 809–821.
- Menezes, N. A.; Figueiredo, J. I., 1985: *Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil*. Museu de Zoologia da USP-São Paulo V. Teleostei: 1–10.
- Menezes, N. A.; Oliveira, C.; Nirchio, M., 2010: An old taxonomic dilemma: the identify of the western south atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes: Mugilidae). *Zootaxa* **68**, 5326.
- Morales-Nin, B.; Panfili, J. 2005: Seasonality in the Deep Sea and Tropics Revisited: What Can Otoliths Tell Us? *Mar. Fresh. Res.* **56**, 585.
- Neto, J. C. F.; H. L. Spach., 1999: Morfologia e ultraestrutura de arcos branquiais de juvenis de *Mugil platanus* Günther (Pisces, Mugilidae). *Rev. Bras. Zool* **16**, 489–500.
- Newman, S. J., Cappo, M.; Williams, D. M., 2000: Age, growth and mortality rates and correspondind yield estimates using otoliths of the tropical red snappers, *Lutjanus erythropterus*, *L. Malabaricus* and *L. sebae*, from the Central Great Barrier Reef. *Fish. Res.* **48**, 1–14.
- Newman, S. J., D.; Williams, McB.; Russ, G. R., 1996: Age validation, growth and mortality rates of the tropical snappers (Pisces:Lutjanidae) *Lutjanus adetii* (Castelnau, 1873) and *L. quinquelineatus* (Bloch, 1790) from the Central Great Barrier Reef, Australia. *Mar. Freshwater Res.* **47**, 575-584
- Oliveira, I. R.; Soares, L. S. H., 1996: Food habits of the mullet *Mugil platanus* Gunther, 1880 (Pisces: Mugilidae), from Cananeia Lagoon Estuarine Region, São Paulo, Brazil). *Bol. Inst. Pesca* **23**, 95–104.
- Pannella, G., 1971: Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science* **17**, 1124–7.
- Panfili, J., Mbow, A.; Durand, J.; Diop, K.; Diouf, K.; Thior, D.; Ndiaye, P.; Laë. R., 2004: Influence of salinity on the life-history traits of the west african black-chinned tilapia (*sarotherodon melanotheron*): comparison between the Gambia and Saloum Estuaries. *Aquat. Living Resour.* **17**, 65–74.

- Panfili, J., Thior, D.; Ecoutin, J.; Ndiaye. M. P.; Albaret, J., 2006: Influence of salinity on the size at maturity for fish species reproducing in contrasting West African Estuaries. *J. Fish Biology* **69**, 95–113.
- Pérez, A.; Fabre, N. N., 2009: Seasonal growth and life history of the catfish *Calophysus macropterus* (Lichtenstein, 1819) (Siluriformes: Pimelodidae) from the Amazon Floodplain. *J. App. Ichthyol.* **25**, 343–349.
- Robins, J.; Mayer, D.; Staunton-Smith, J.; Halliday, I.; Sawynok, B.; Sellin. M., 2006: Variable growth rates of the tropical estuarine fish barramundi *Lates calcarifer* (Bloch) under different freshwater flow conditions. *J. Fish Biol.* **69**, 379–391.
- Santana, F. M.; Morize, E.; Clavier, J; Lessa, R., 2009: Otolith micro- and macrostructure analysis to improve accuracy of growth parameter estimation for white Mullet *Mugil curema*. *Aquatic Biology* **7**, 199–206.
- Schawamborn, S. H. L.; Ferreira, B. P, 2002: Age Structure and Growth of the Dusk Damsel fish, *Stegatus fuscus*, from Tamandaré Reefs, Pernanbuco, Brazil. *Environ. Biol. of Fishes* **63**, 79–88.
- Silva, M. A.; Araújo, F. G., 2000: Distribuição e abundância de tainhas e paratis (Osteichthyes, mugilidae) na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* **17**. 473-480
- Simkiss, K., 1974: Calcium metabolism of fish in relation to ageing. *In: The Ageing of Fish* (Bagenal, T. B., Ed.). England: Unwin Brothers Limited. pp. 1–12.
- Sánchez-de Ita, J. A. I.; Velázquez, C. Q.; Magaña, F. G.; Castillo, N. B.; Uraga. R. F., 2011. Age and growth of the silky shark *carcharhinus falciformis* from the west coast of Baja California Sur, Mexico. *J. Appl. Ichthyol.* **27**, 20–24.
- Vieira, J. P.; Scalabrin. C., 1991. Migração reprodutiva da tainha (*Mugil Platanus* Gunther, 1980) no Sul do Brasil. *Atlântica, Rio Grande* **13**, 131–141.

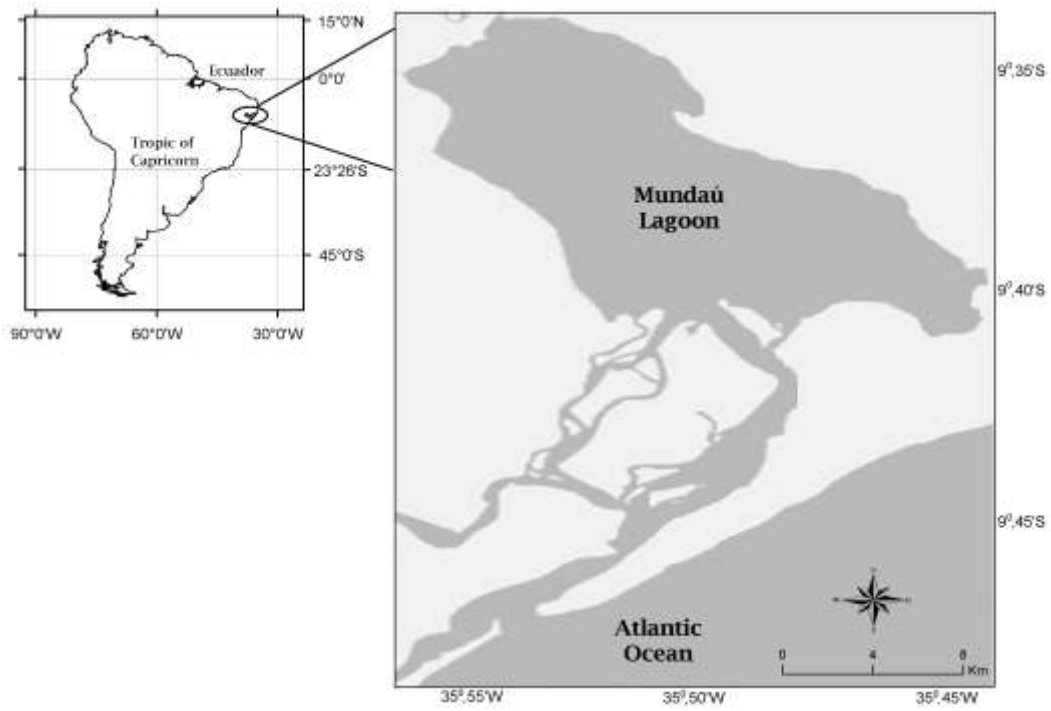


Figure 1. Location of study region, Mundaú Lagoon, Northeastern, Brazil

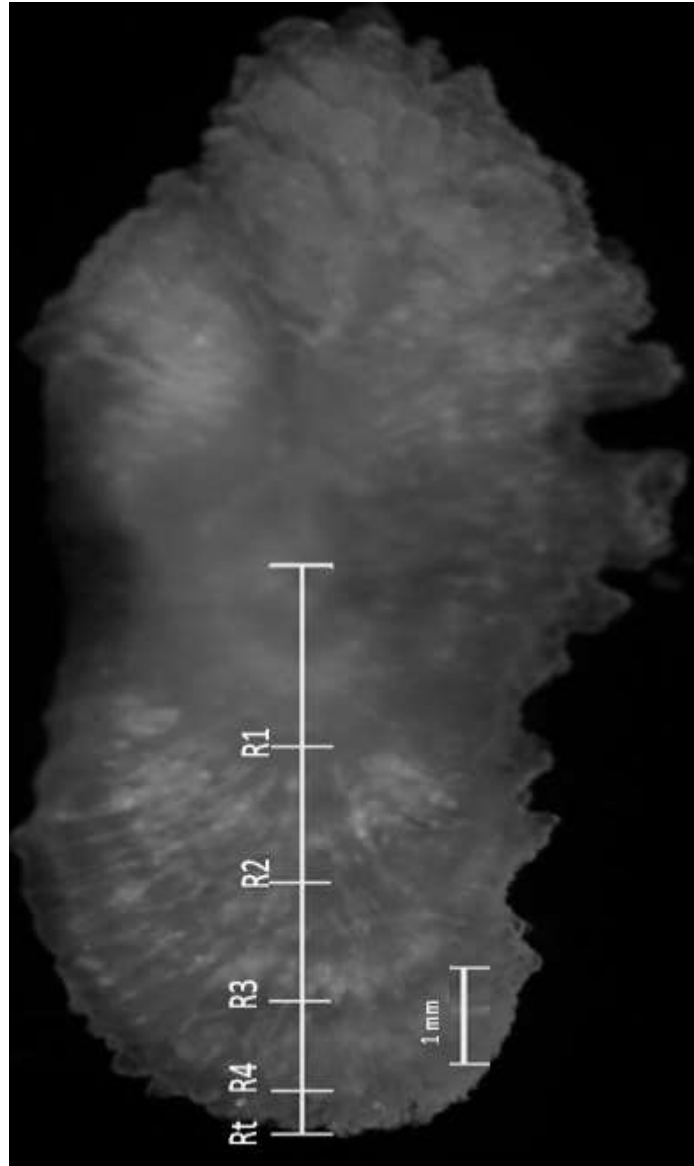
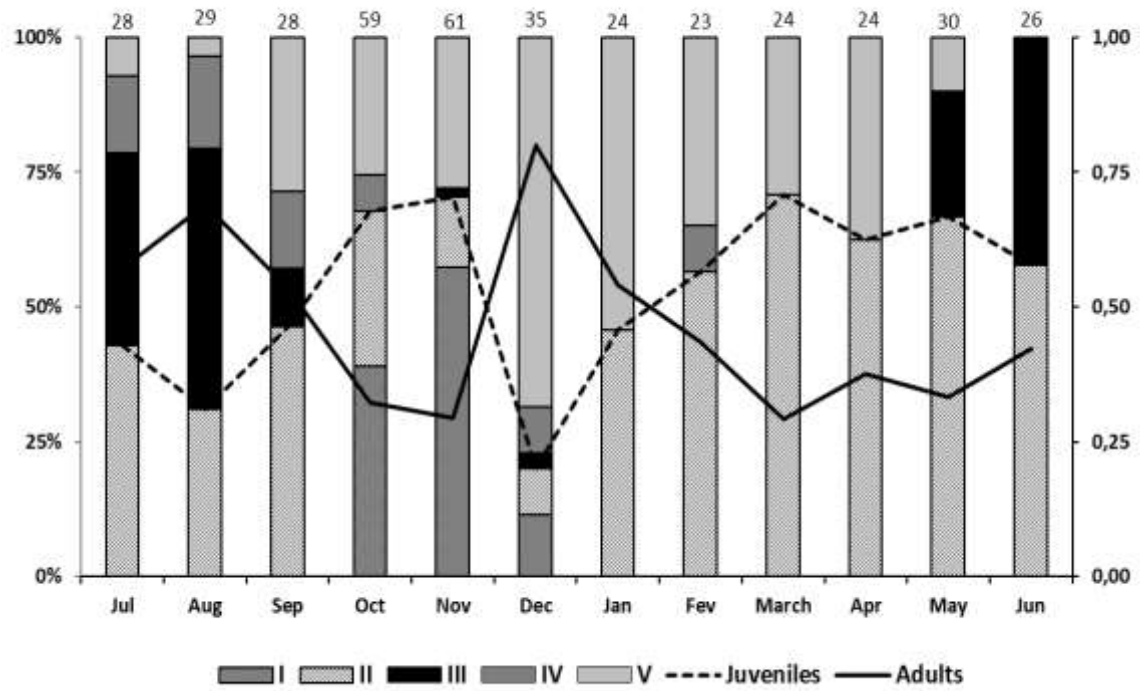


Figure 2. *Sagitta* otoliths of a *Mugil liza* with four rings showing distances measured to each ring (R1, R2, R3 and R4) and to the edge (Rt).



F

Figure 3. Seasonal variation in gonadal maturity stage for *M. liza*. I – immature; II - developing virgin; III - mature; IV - post-spawning; V - spent- resting

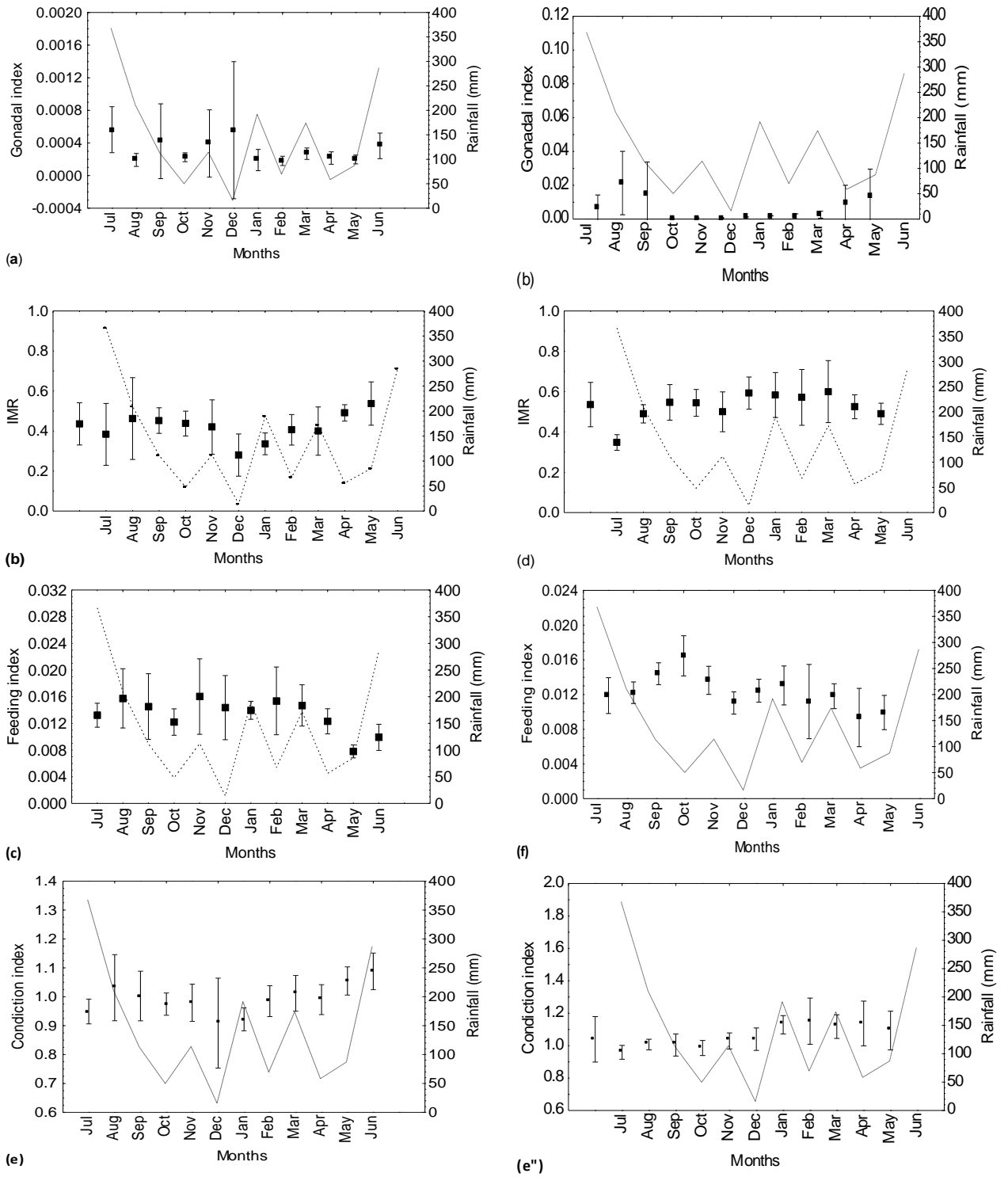


Figure 4. Relationship between biological variables of young and adults of *M. liza* and rainfall (dotted line), from July 2011 to June 2012. Mean \pm standard error.

Table 1. Regression multiple of seasonal growth rate (n MRI) for juveniles of *M. liza*.Adjusted $R^2=88$; $F_{(3, 31)} p<,000$.

	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(31)	p-level
Intercept			-0.73	0.14	-5.14	0.00
Condition factor	0.61	0.11	1.28	0.24	5.36	0.00
Salinity	0.03	0.09	0.01	0.02	0.39	0.70
Rainfall	0.34	0.12	0.06	0.02	2.91	0.01

Table 2. Regression multiple of seasonal growth rate (MRI) for adults of *M. liza*. Adjusted $R^2= 88$; $F(5,28)$; $p<,000$

	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std. Err. of B	t(28)	p-level
Intercept			-3.52	0.72	-4.86	0.00
Ln Gonadal index	-0.06	0.12	-0.31	0.66	-0.47	0.64
Condition factor	0.75	0.14	1.59	0.30	5.37	0.00
Dissolved oxygen	0.06	0.11	0.03	0.06	0.54	0.59
Salinity	0.35	0.13	0.60	0.22	2.78	0.01
Rainfall	0.00	0.17	0.00	0.07	0.03	0.98