

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

ANDREZA CAVALCANTI LIMA

**ECOLOGIA TRÓFICA E REPRODUTIVA DE *Leporinus piau* (FOWLER, 1941)
(CHARACIFORMES) SOB INFLUÊNCIA DE ÁREAS FLORESTADAS EM UM RIO
NEOTROPICAL**

RECIFE-PE
2018

ANDREZA CAVALCANTI LIMA

**ECOLOGIA TRÓFICA E REPRODUTIVA DE *Leporinus piau* (FOWLER, 1941)
(CHARACIFORMES) SOB INFLUÊNCIA DE ÁREAS FLORESTADAS EM UM RIO
NEOTROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestra em Ecologia.

Orientadora: Dra. Ana Carla Asfora El-Deir / UFRPE
Co-orientadora: Dra. Carolina Alves Collier de Almeida

RECIFE-PE
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil**

L732e **Lima, Andreza Cavalcanti.**
 Ecologia trófica e reprodutiva de Leporinus piau (FOWLER, 1941)
(CHARACIFORMES) sob influência de áreas florestadas em um Rio Neotropical /
Andreza Cavalcanti Lima. – Recife, 2018.
 60 f.: il.

Orientador(a): Ana Carla Asfora El-Deir.
Coorientador(a): Carolina Alves Collier de Almeida.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa
de Pós-Graduação em Ecologia, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências e anexo(s).

1. Capibaribe 2. Plasticidade trófica 3. Reprodução 4. Impacto antropogênico
I. El-Deir, Ana Carla Asfora, orient. II. Almeida, Carolina Alves Collier de, coorient.
III. Título

CDD 574.5

ANDREZA CAVALCANTI LIMA

**ECOLOGIA TRÓFICA E REPRODUTIVA DE *Leporinus piau* (FOWLER, 1941)
(CHARACIFORMES) SOB INFLUÊNCIA DE ÁREAS FLORESTADAS EM UM RIO
NEOTROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestra em Ecologia.

Dissertação apresentada: 28/ 02/ 2018

Orientadora:

Prof^a. Dra. Ana Carla Asfora El-Deir - UFRPE
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Banca Examinadora:

Dra. Mariana Gomes do Rêgo
Universidade Federal Rural de Pernambuco
(Titular)

Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
(Titular)

Dr. Geraldo Jorge Barbosa Moura
Universidade Federal Rural de Pernambuco
(Titular)

Dr. Mauro de Melo Júnior
Universidade de Pernambuco
(Suplente)

Dedico esta dissertação a Deus, o meu refúgio, a minha fortaleza. E aos meus pais, por todo apoio e confiança.

“O período de maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil da vida de alguém.”

Dalai Lama

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me abençoar e dar condições para o desenvolvimento de mais um trabalho. E, por ser o meu sustento e conforto nos momentos mais difíceis da minha vida.

Aos meus pais, Euclides e Cilene, por serem meus alicerces e por acreditarem e torcerem pelo meu sucesso.

Aos meus sobrinhos por tornarem meus dias mais felizes por tê-los ao meu lado.

À minha orientadora, Prof^a Dra. Ana Carla Asfora El-Deir (Aninha), pela parceria, acolhimento, ensinamentos e amizade, e por contribuir para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha co-orientadora Carolina Collier e a Miguel Almeida pelas contribuições para melhoria do trabalho e amizade durante todo esse tempo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante a pesquisa.

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia - PPGE/UFRPE e aos docentes por todo conhecimento durante o curso.

Ao Laboratório de Ecologia de Peixes (LEP/UFRPE) pelo apoio desde a graduação.

Ao Laboratório de Histologia – DMFA/UFRPE, em especial a Mariana e a Renata, pela realização das análises histológicas.

Ao Laboratório de Limnologia do Departamento de Pesca pelas análises de nutrientes.

Ao Prof. Dr. José Souto Rosa Filho pela parceria nas realizações das análises estatísticas.

Aos amigos do mestrado por ter compartilhado momentos únicos ao lado de vocês.

Às minhas amigas, Anays, Edinoan, Elenice e Yury Yzabella pelo apoio, confiança e companheirismo de sempre.

A todos, o meu muito obrigada!

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. REFERÊNCIAS	15
3. ARTIGO 1	17
RESUMO	18
ABSTRACT	18
INTRODUÇÃO	19
MATERIAL E MÉTODOS	20
RESULTADOS	25
DISCUSSÃO	31
REFERÊNCIAS	34
4. ARTIGO 2	38
RESUMO	39
ABSTRACT	39
INTRODUÇÃO	40
MATERIAL E MÉTODOS	41
RESULTADOS	45
DISCUSSÃO	51
REFERÊNCIAS	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
ANEXO I	60

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

- Figura 1.** Local de estudo com destaque para os pontos de coleta entre as cidades de Paudalho (CAP1), São Lourenço da Mata (CAP2) e Recife (CAP3 e CAP4) no rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil. Fonte: Collier (2016)..... 21
- Figura 2.** Número de diferentes itens alimentares no conteúdo estomacal de *Leporinus piau* no rio Capibaribe..... 28
- Figura 3.** Análise de Correlação Canônica (CCA) de amostras do conteúdo estomacal de *Leporinus piau* entre os períodos climáticos, cobertura da terra e sexos no baixo rio Capibaribe. 30

ARTIGO 2

- Figura 1.** Pontos de amostragem de *Leporinus piau* localizados no trecho baixo do rio Capibaribe, sendo: CAP1 - Paudalho, CAP2 - São Lourenço, CAP3 e CAP4 - (Recife). Fonte: Collier (2016)..... 42
- Figura 2.** Proporção sexual mensal de *Leporinus piau* capturados nos locais de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe..... 45
- Figura 3.** Relação peso-comprimento para fêmeas de *Leporinus piau* capturados nos locais de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe..... 46
- Figura 4.** Relação peso-comprimento para machos de *Leporinus piau* capturados nos locais de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe..... 46
- Figura 5.** Distribuição da frequência absoluta dos estádios de maturação gonadal de *Leporinus piau* nos locais de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe..... 48
- Figura 6.** Distribuição da frequência absoluta dos estádios maturacionais de *Leporinus piau* nos trimestres de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe..... 48
- Figura 7.** Índice de Atividade Reprodutiva (IAR) de *Leporinus piau* capturado nos locais no rio Capibaribe..... 50
- Figura 8.** Índice de Atividade Reprodutiva (IAR) de *Leporinus piau* nos trimestres capturados no baixo rio Capibaribe..... 50
- Figura 9.** Diagrama dimensionamento multidimensional não-métrico (NMS) da distribuição da espécie *Leporinus piau* por classe de comprimento (pontos azuis) entre os locais de coleta, sendo iar: Índice de Atividade Reprodutiva e ii: Estádio maturacional em maturação..... 51

LISTA DE TABELAS**ARTIGO 1**

Tabela 1. Porcentagem das diferentes coberturas da terra nos pontos amostrados do trecho baixo do rio Capibaribe, Pernambuco, nordeste do Brasil..... **22**

Tabela 2. Itens alimentares identificados na dieta e IAI de *Leporinus piau* nos locais de coleta e nos períodos seca e cheia no trecho baixo do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil..... **26**

Tabela 3. Resumo dos resultados da PERMANOVA para a dieta de *Leporinus piau* no rio Capibaribe..... **29**

ARTIGO 2

Tabela 1. Descrição macroscópica de quatro estádios de maturação gonadal de *Leporinus piau* coletados no trecho baixo do rio Capibaribe..... **47**

RESUMO

O rio Capibaribe, inserido totalmente no estado de Pernambuco, vem sofrendo diversos impactos que colocam em risco a sua integridade ambiental e as comunidades aquáticas, como os peixes. Entre os impactos, a monocultura da cana-de-açúcar e a poluição urbana têm ocasionado a eutrofização dos rios, podendo interferir no sucesso alimentar e reprodutivo da ictiofauna. O conhecimento da biologia alimentar e reprodutiva dos peixes é imprescindível para proteger os estoques naturais, podendo garantir a preservação e a abundância das espécies. Diante disso, o presente trabalho objetiva avaliar as estratégias alimentares e reprodutivas da espécie *Leporinus piau* em uma paisagem com o predomínio da cana-de-açúcar, área não florestada, e uma área florestada no trecho baixo do rio Capibaribe, Nordeste do Brasil. As coletas dos peixes foram realizadas mensalmente entre setembro/2013 e agosto/2014 nas cidades de São Lourenço da Mata, Paudalho e Recife. Foram mensurados os parâmetros abióticos e coletadas amostras de água para mensuração de nutrientes. Os peixes foram capturados através de redes de espera com malhas de 12 a 50 mm entre nós adjacentes, expostas por 12 horas no período noturno, sendo em seguida acondicionados e fixados em formalina a 10% e preservados em álcool a 70%. Os indivíduos de *L. piau* foram eviscerados para a retirada e pesagem do trato digestório e das gônadas. Os itens alimentares foram identificados até o menor nível taxonômico. Para a alimentação, foi aplicado o método de frequência de ocorrência dos itens (FO) e calculado o peso relativo dos itens, calculado o IAI, e a amplitude de nicho trófico. Para cada estômago, calculou-se o número de diferentes itens alimentares presentes, utilizando análise de variância (ANOVA). De forma similar, a dieta foi comparada empregando a análise de variância permutacional (PERMANOVA). Para representar as amostras multivariadamente, utilizou-se Análise de Correlação Canônica (CCA), considerando combinações das variáveis, como período climático, cobertura da terra e sexo. No estudo de reprodução, foram avaliados os estágios de desenvolvimento gonadal através de análise macroscópica. Foi realizada a proporção sexual, através do teste Qui-quadrado (X^2), calculados o Índice Gonadossomático (IGS), Fator de condição alométrico (K), fecundidade e o Índice de Atividade Reprodutiva (IAR). Foi calculado a relação de Spearman para avaliar as relações entre os parâmetros abióticos e reprodutivos, e realizada a análise de Dimensionamento Multidimensional Não-métrica (NMS) para plotar graficamente a distribuição da espécie por classe de comprimento relacionado com os locais de coleta. Foram encontradas diferenças significativas na proporção entre os sexos nos locais, e entre o IGS com os locais de coleta e os trimestres do ano. A presença do estágio maduro, maior quantidade de ovócitos na fecundidade e maior valor do IAR foram encontrados nas áreas florestadas e no terceiro trimestre, demonstrando o período de maior reprodução no período chuvoso. Os parâmetros abióticos e reprodutivos apresentaram relação entre IGS, estágios maturacionais, fosfato inorgânico e fósforo total. Na análise de NMS, *L. piau* teve preferência pelas áreas florestadas, locais de alta reprodução. Para o estudo da alimentação foram coletados 111 espécimes, sendo a espécie considerada herbívora e malacófaga com tendência a onivoria entre as áreas amostradas. Nas áreas florestadas, a espécie apresentou maior diversidade alimentar e nichos mais amplos. Observou-se que *L. piau* altera a preferência alimentar de acordo com a estação do ano evidenciando um comportamento oportunista. Para o estudo de reprodução, foram capturados 97 indivíduos, sendo 54 machos e 43 fêmeas. A espécie *L. piau* apresenta um crescimento do tipo alométrico positivo. A espécie *L. piau* é considerada estrategista sazonal, uma vez que o seu processo reprodutivo está relacionado com as mudanças sazonais ocorridas no ambiente aquático.

Palavras-chave: Capibaribe. Plasticidade trófica. Reprodução. Impacto antropogênico.

ABSTRACT

The Capibaribe river, totally inserted in the state of Pernambuco, has suffered several impacts that endanger its environmental integrity and aquatic communities, such as fish. Among the impacts, monoculture of sugar cane and urban pollution have caused eutrophication of rivers, and may interfere with the food and reproductive success of the ichthyofauna. Knowledge of the food and reproductive biology of fish is essential to protect natural stocks and can ensure the preservation and abundance of the species. The objective of this study was to evaluate the dietary and reproductive strategies of the *Leporinus piau* species in a landscape with a predominance of sugarcane, a non-forested area, and a forested area in the low section of the Capibaribe River, Northeast Brazil. The fish samples were collected monthly between September / 2013 and August / 2014 in the cities of São Lourenço da Mata, Paudalho and Recife. Abiotic parameters were measured and water samples were collected for nutrient measurement. The fish were captured through waiting nets with meshes of 12 to 50 mm between adjacent nodes, exposed for 12 hours at night, and then packed and fixed in 10% formalin and preserved in 70% alcohol. The individuals of *L. piau* were eviscerated for the removal and weighing of the digestive tract and gonads. Food items were identified to the lowest taxonomic level. For feeding, the frequency of occurrence of the items (FO) was applied and the relative weight of the items, calculated the IA_i , and the trophic niche amplitude were calculated. For each stomach, the number of different food items present was calculated using analysis of variance (ANOVA). Similarly, the diet was compared using the permutation analysis of variance (PERMANOVA). To represent the samples multivariate, we used Canonical Correlation Analysis (CCA), considering combinations of variables, such as climatic period, land cover and sex. In the reproduction study, the stages of gonadal development were evaluated through macroscopic analysis. The sex ratio was calculated using the chi-square test (X^2), calculated the Gonadosomatic Index (IGS), allometric condition factor (K), fecundity, and the reproductive activity index (IAR). The Spearman relation was calculated to evaluate the relationship between the abiotic and reproductive parameters, and the Non-metric Multidimensional Dimension Analysis (NMS) was used to plot the distribution of the species by length class related to the collection sites. Significant differences were found in the proportion between the sexes in the sites, and between the IGS and the collection sites and the quarters of the year. The presence of mature stage, higher number of oocytes in the fecundity and higher value of IAR were found in forested areas and in the third quarter, showing the period of greatest reproduction in the rainy season. The abiotic and reproductive parameters showed a relationship between IGS, maturational stages, inorganic phosphate and total phosphorus. In the NMS analysis, *L. piau* had preference for forested areas, high reproduction sites. For the study of the feeding, 111 specimens were collected, being the herbivorous and malacófaga species with tendency to occur among the sampled areas. In forested areas, the species presented greater food diversity and wider niches. It was observed that *L. piau* alters the food preference according to the season showing opportunistic behavior. For the reproduction study, 97 individuals were captured, being 54 males and 43 females. The *L. piau* species shows a positive allometric growth. The species *L. piau* is considered seasonal strategist, since its reproductive process is related to the seasonal changes occurred in the aquatic environment.

Keywords: Capibaribe. Trophic plasticity. Reproduction. Anthropogenic impact.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A poluição e a eutrofização de rios têm sido apontadas como as principais causas da perda da biodiversidade e de alterações da estrutura de comunidades nos ecossistemas aquáticos brasileiros (MARTINELLI et al., 2002). No Brasil, já foram registrados efeitos deletérios da presença da monocultura da cana-de-açúcar sobre a taxocenose de peixes, sendo encontrada uma ictiofauna mais simplificada nas paisagens dominadas por esta monocultura (SANTOS; FERREIRA; ESTEVES, 2015). As ações antrópicas têm afetado os peixes de água doce, ocasionando a ausência de alguns organismos mais sensíveis em ambientes impactados (ARAÚJO, 1998).

No estado de Pernambuco, o rio Capibaribe, assim como outros rios brasileiros, vem sofrendo impactos antrópicos constantes, entre eles a monocultura da cana-de-açúcar que domina suas margens na Zona da Mata pernambucana (BRAGA, 2012). Atualmente, cerca de 90% das áreas irrigadas no trecho baixo do rio Capibaribe são destinadas à monocultura da cana-de-açúcar, demonstrando que esta atividade ainda apresenta grande importância para Pernambuco (PROJETEC-BRLi, 2010). No entanto, esta cultura conduz ao desequilíbrio da fauna e flora originais, colocando em risco a integridade deste ambiente (PROJETEC-BRLi, 2010).

Para avaliar as condições do ambiente os peixes têm sido utilizados como indicadores de qualidade ambiental, visto que eles podem responder de várias maneiras às alterações no ambiente aquático, através de modificações estruturais na taxocenose, além de alterações em funções biológicas, como alimentação e/ou reprodução (KARR, 1981; CETRA e PETRERE, 2007).

Em relação à alimentação, através da avaliação dos conteúdos estomacais e dos padrões tróficos da comunidade é possível identificar alterações na disponibilidade dos recursos do ambiente (ZENI e CASATTI, 2014). Além disso, a flexibilidade ou plasticidade alimentar reflete uma característica adaptativa importante para que as espécies possam ajustar-se às mudanças na disponibilidade de recursos do ambiente (BALASSA et al., 2004). Em geral, os peixes neotropicais têm demonstrado elevada proporção de generalistas e oportunistas (LOWE-McCONNELL, 1999), que são peixes que consomem os recursos alimentares mais abundantes (REZENDE et al., 2013). Nesse sentido, os peixes neotropicais têm sido considerados adequados para o estudo dos efeitos dos impactos antropogênicos no ambiente (LOWE-McCONNELL, 1999).

As mudanças ambientais promovidas pelas ações antrópicas podem afetar também a biologia reprodutiva dos peixes, alterando o período e o sucesso reprodutivo destes animais (VAZZOLER, 1996; MIRANDA; STRUSSMANN; SOMOZA, 2008). Para garantir sua reprodução em ambientes impactados pelo homem, os peixes podem alterar suas táticas reprodutivas (LOWE-McCONNELL, 1999), ocasionando mudanças em todas as fases da sua reprodução (RIBEIRO e MOREIRA, 2012). No ciclo reprodutivo dos peixes, falhas em períodos consecutivos podem resultar no esgotamento de suas populações (SPARRE e VENEMA, 1997). Segundo Vazzoler (1996), a fecundidade, o período e o tipo de desova são táticas primordiais na estratégia reprodutiva dos peixes para a subsistência em diferentes habitats. Em ambientes impactados, as espécies com estratégias reprodutivas oportunistas são favorecidas (FERGUSON et al., 2013).

Pertencente a ordem Characiformes e família Anostomidae, *Leporinus piau* (FOWLER, 1941) é uma espécie com vasta distribuição nas bacias hidrográficas do Nordeste do Brasil (NASCIMENTO et al., 2013). Comumente conhecido como piau, a espécie apresenta alta relevância nas pescas comercial e esportiva com potencialidade para a aquicultura (ALVIM e PERET, 2004). Segundo Montenegro et al. (2010), em geral, a família Anostomidae apresenta uma estratégia alimentar generalista, característica que favorece a sua distribuição em habitats ecologicamente distintos (LOWE-McCONNELL, 1999). Além disso, o comportamento oportunista da espécie *L. piau* já foi observado por Montenegro et al. (2010) na região do semiárido paraibano. Para *L. piau*, a vegetação ciliar corresponde a um ambiente importante para a sua reprodução, estando sua presença relacionada a variações na proporção sexual e locais de desova da espécie (SILVA-FILHO et al. 2012). Além disso, a presença de indivíduos em maturação durante a maior parte do ano também pode ser uma característica presente nas populações de *L. piau*.

A espécie *L. piau* ainda permanece abundante no rio Capibaribe, apesar dos impactos ambientais presentes neste rio (COLLIER, 2016), podendo sua abundância decorrer de adaptações alimentares e reprodutivas. Estudos da alimentação natural e do ciclo reprodutivo dos peixes têm colaborado para o entendimento da sua ecologia, bem como para o desenvolvimento de planos de conservação e manejo da ictiofauna e de seus ecossistemas, auxiliando ecólogos, administradores de recursos pesqueiros e piscicultores (HAHN e DELARIVA, 2003). Diante desse contexto, o presente trabalho objetiva avaliar as estratégias alimentares e reprodutivas da espécie *L. piau* em áreas florestadas e não florestadas no trecho do baixo rio Capibaribe. Nesse sentido, esta dissertação foi dividida em dois capítulos: o primeiro objetivou investigar a influência da presença de mata ciliar e da sazonalidade na

ecologia trófica de *Leporinus piau* em um rio neotropical no nordeste brasileiro; e o segundo objetivou avaliar aspectos reprodutivos de *Leporinus piau*, observando a influência da presença da mata ciliar e da sazonalidade nas suas estratégias reprodutivas, em um rio neotropical no nordeste brasileiro.

2. REFERÊNCIAS

- ALVIM, M. C. C.; PERET, A. C. **Food resources sustaining the fish fauna in a section of the upper São Francisco River in Três Marias, MG, Brazil.** Brazilian Journal of Biology, v. 64, n. 2, p. 195-202, 2004.
- ARAÚJO, F. G. **Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul.** Revista Brasileira de Biologia, v. 58, n. 4, p. 547-558, 1998.
- BALASSA, et al. **Dieta de espécies Anostomidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Manso, Mato Grosso, Brasil.** Iheringia, Série Zoologia, v. 94, n.1, p. 77-82, 2004.
- BRAGA, R. **Capibaribe, o rio das capivaras e da integração pernambucana.** Disponível em: <<http://ne10.uol.com.br/coluna/focoambiental/noticia/2010/04/06/capibaribe-o-rio-das-capivaras-e-da-integracao-pernambucana-218578.php>>, Acesso em: 01 de setembro de 2012.
- CETRA, M.; PETRERE, M. **Associations between fish assemblage and riparian vegetation in the Corumbataí River Basin (SP).** Braz J Biol, v. 67, n. 2, p. 191–195, 2007.
- COLLIER, C. A. **Impactos da ação humana sobre a ictiofauna do Rio Capibaribe: percepção, degradação e conservação.** Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Etnobiologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- FERGUSON, G. J. et al. **Impacts of drought, flow regime, and fishing on the fish assemblage in southern Australia's largest temperate estuary.** Estuaries and Coasts, v. 36, n. 4, p. 737-753, 2013.
- HAHN, N. S.; DELARIVA, R. L. **Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes: o que estamos usando.** INCI, Caracas, v. 28, n. 2, Fev/2003.
- KARR, J. R. **Assessment of biotic integrity using fish communities.** Fisheries, v. 6, p.21-27, 1981.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** São Paulo, EDUSP, p. 584, 1999.
- MARTINELLI, L. A. et. al. **Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do estado de São Paulo.** Biota Neotropica, v. 2, n. 2, p. 1-18, 2002.

- MIRANDA, L. A.; STRUSSMANN, C. A.; SOMOZA, G. M. **Effects of light and temperature conditions on the expression of GnRH and GtH genes and levels of plasma steroids in *Odontesthes bonariensis* females.** *Fish Physiology Biochemistry*. v. 35, p.101-108. 2008.
- MONTENEGRO, A. K. A. et al. **Aspects of the feeding and population structure of *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Actinopterygii, Characiformes, Anostomidae) of Taperoá II Dam, semi arid region of Paraíba, Brazil.** *Biotemas*, v. 23, n. 2, p. 101-110, fev/ 2010.
- NASCIMENTO, W.S. et al. **Reproductive strategy of *Leporinus piau* (Fowler, 1941), a Neotropical freshwater fish from the semi-arid region of Brazil.** *Journal of Applied Ichthyology*, v. 29, n. 4, p. 877-880, 2013.
- PROJETEC – BRLi. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental.** *Projetos Técnicos, Recife*, v. 01/03, p. 389, 2010.
- REZENDE, C. F. et al. **Trophic ecology of two benthivorous fishes in relation to drift and benthos composition in a pristine Serra do Mar stream (Rio de Janeiro, Brazil).** *Archiv für Hydrobiologie*, v. 183, n. 2, p. 163–175, 2013.
- RIBEIRO, C. S.; MOREIRA, R. R. **Fatores ambientais e reprodução dos peixes.** *Revista da biologia*, v.8. p. 58-61. 2012.
- SANTOS, F.B.; FERREIRA, F. C.; ESTEVES, K. E. **Assessing the importance of the riparian zone for stream fish communities in a sugarcane dominated landscape (Piracicaba River Basin, Southeast Brazil).** *Environmental Biology of Fishes*, 2015.
- SILVA FILHO, J. J. et al. **Reprodução do peixe piau preto *Leporinus piau* (Fowler, 1941) e as variáveis ambientais do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte.** *Biota Amazônia (BioteAmazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v. 2, n. 1, p. 10-21, 2012.
- SPARRE, P.; VENEMA, S. C. **Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte I: Manual.** *FAO Documento Técnico sobre as Pescas*. No. 306/1, Rev. 2. Roma, FAO. 1997.
- VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá, Eduem; São Paulo, SBI, 1996.
- ZENI, J. O.; CASATTI, L. **The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams.** *Hydrobiologia (The Hague. Print)*, v. 726, p. 259-270, 2014.

3. ARTIGO 1**ECOLOGIA TRÓFICA DE *Leporinus piau* (FOWLER, 1941) (CHARACIFORMES)
SOB INFLUÊNCIA DE ÁREAS FLORESTADAS EM UM RIO NEOTROPICAL**

Artigo científico a ser encaminhado a *Journal of Fish Biology*

Normas para publicação em anexo I

RESUMO

A substituição da floresta original afeta a alimentação da ictiofauna ao alterar a disponibilidade de recursos. Este trabalho objetivou caracterizar a dieta da espécie *Leporinus piau*, investigando a influência da presença de áreas florestadas e de impactos da cana-de-açúcar, bem como a sazonalidade na diversidade de recursos tróficos e no hábito alimentar da espécie. O trabalho foi realizado no rio Capibaribe, em quatro pontos nas cidades de São Lourenço da Mata, Paudalho e Recife, entre setembro/2013 e agosto/2014. Foram utilizadas redes de espera com diferentes malhas. O conteúdo estomacal foi identificado até o menor nível taxonômico possível, sendo aplicado o método de frequência de ocorrência dos itens e calculado o peso relativo dos itens. Foi calculado o Índice de Importância Alimentar e calculado a amplitude de nicho trófico, sendo estas análises realizadas também sazonalmente. Para cada estômago, calculou-se o número de diferentes itens alimentares presentes, através da ANOVA e PERMANOVA, e foi utilizada a Análise de Correlação Canônica. Foram coletados 111 espécimes de *L. piau*, sendo observados diferentes hábitos alimentares, podendo ser considerado herbívoro e malacófago com tendência a onivoria. *L. piau* altera a preferência alimentar de acordo com a estação do ano evidenciando um comportamento oportunista.

Palavras-chave: Impacto antropogênico. Plasticidade trófica. Área florestada.

ABSTRACT

The replacement of the original forest affects the feeding of the ichthyofauna by altering the availability of resources. This work aimed to characterize the diet of the *Leporinus piau* species, investigating the influence of the presence of forested areas and impacts of sugarcane, as well as the seasonality in the diversity of trophic resources and in the food habit of the species. The work was carried out in the Capibaribe river, in four points in the cities of São Lourenço da Mata, Paudalho and Recife, between September / 2013 and August / 2014. Waiting nets with different meshes were used. Stomach contents were identified to the lowest possible taxonomic level, applying the frequency of occurrence of the items and calculating the relative weight of the items. The Food Importance Index was calculated and the trophic niche amplitude was calculated, and these analyzes were also performed seasonally. For each stomach, the number of different food items were calculated through ANOVA and PERMANOVA, and the Canonical Correlation Analysis was used. A total of 111 specimens of *L. piau* were collected, and different eating habits were observed, being herbivorous and malacóphagus susceptible to onivoria. *L. piau* changes the food preference according to the season, showing opportunistic behavior.

Keywords: Anthropogenic impact. Trophic plasticity. Forest area.

INTRODUÇÃO

As diferentes ações humanas vêm alterando o ambiente natural, causando mudanças na paisagem terrestre (VIANA; SÚAREZ; LIMA-JUNIOR, 2013). Na América do Sul, os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo um processo de degradação crescente, principalmente devido aos efeitos deletérios decorrentes das ações antropogênicas sobre o ambiente (BARLETTA et al., 2010). Atividades como a agropecuária e a urbanização ocasionam mudanças na paisagem, pelo desmatamento, sendo associadas à perda da mata ciliar e ao assoreamento (MAITLAND, 1995). Nos países em desenvolvimento, as pressões sociais sobre o ambiente natural têm crescido diante da nova economia globalizada (BARLETTA et al., 2010). No Brasil, as pressões antropogênicas decorrentes do desenvolvimento ameaçam a integridade dos biomas naturais, ocasionando a substituição da vegetação natural por paisagens dominadas pelas monoculturas e desenvolvimento urbano-industrial (BARLETTA et al., 2010). Dentre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica representa um dos mais ameaçados, com a maior parte do seu território original substituído por áreas urbanas, pastagens e pelas monoculturas (BARLETTA et al., 2010). Dentre estas monoculturas, a cana-de-açúcar tem sido uma das mais importantes para o Brasil desde o período colonial, e continua a se expandir para atender à crescente demanda por etanol (NASSAR et al., 2008).

A ocupação humana nas margens dos rios traz como consequência inicial o desmatamento, ocasionando a perda da mata ciliar (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000). O comprometimento dessa vegetação adjacente aos corpos hídricos representa uma ameaça à biodiversidade dos ecossistemas aquáticos devido à sua importância na disponibilidade de habitat e recursos alimentares para os peixes (SILVA; DELARIVA; BONATO, 2012). A presença da mata ciliar é essencial para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, desempenhando um importante papel em aspectos como transferência de energia solar para o ambiente e regulação da entrada de sedimentos no corpo hídrico (PUSEY e ARTHINGTON, 2003; ABILHOA; DUBOC; FILHO, 2008). O impacto da substituição da floresta original sobre a alimentação da ictiofauna pode ocorrer devido à redução da disponibilidade de frutos, sementes, insetos e outras matérias orgânicas originadas da floresta (CLARO JR et al., 2004).

A disponibilidade de recursos alimentares nos rios neotropicais também sofre naturalmente variações temporais e espaciais, influenciando no comportamento trófico da ictiofauna (JOHNSON e ARUNACHALAM, 2012). Nestes ecossistemas, as variações sazonais podem ocasionar mudanças na amplitude dos nichos tróficos das espécies de peixes,

sendo comum a utilização de diferentes subconjuntos de recursos entre as diferentes estações do ano (WINEMILLER; AGOSTINHO; CARAMASCHI, 2008). Nos ecossistemas fluviais tropicais, a ictiofauna tem apresentado versatilidade alimentar (LOWE-McCONNELL, 1999), revelando uma capacidade de alterar sua alimentação quando ocorrem modificações na abundância relativa dos recursos alimentares (AGOSTINHO e JÚLIO JÚNIOR, 1999), sendo favorecido o comportamento oportunista das espécies (ESTEVES; LOBO; FARIA, 2008).

Dentre os peixes de água doce, a ordem Characiformes apresenta a maior variedade de adaptações relativas ao habitat e à dieta alimentar (BUCKUP; MENEZES; GHAZZI, 2007). Nesta ordem, encontra-se a espécie *Leporinus piau* (FOWLER, 1941), que se apresenta atualmente distribuída em todas as bacias hidrográficas do Nordeste brasileiro, sendo popularmente conhecida como piau preto, piau gordura ou piau (NASCIMENTO et al., 2011). Para esta espécie tem sido indicada uma plasticidade trófica, uma vez que há registros de que *L. piau* apresenta diferentes hábitos alimentares de acordo com o ambiente onde está inserido (ALVIM e PERET, 2004; MONTENEGRO et al., 2010).

Os peixes têm sido amplamente utilizados como bioindicadores para compreender como a perda da mata ciliar compromete as comunidades bióticas e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos (VIANA; SÚAREZ; LIMA-JUNIOR, 2013; PERESSIN e CETRA, 2014; SANTOS; FERREIRA; ESTEVES, 2015). Através da análise do alimento consumido pelas espécies é possível inferir a respeito da integridade do ambiente aquático, uma vez que os peixes podem alterar sua dieta de acordo com os recursos disponíveis em cada ambiente (VIANA; SÚAREZ; LIMA-JUNIOR, 2013). Dessa forma, os estudos de alimentação natural têm contribuído para compreender os efeitos dos impactos antropogênicos sobre o ambiente aquático, auxiliando no desenvolvimento de estratégias para o manejo e conservação dos peixes e dos ecossistemas (HAHN e DELARIVA, 2003).

Diante deste contexto, o presente artigo objetivou investigar a influência da presença de mata ciliar e da sazonalidade na ecologia trófica de *Leporinus piau* em um rio neotropical no nordeste brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe possui uma área de drenagem de 7.557,41 km² e está totalmente inserida no Estado de Pernambuco (PROJETEC-BRLi, 2010) (Figura 1).

Esta bacia é considerada uma das mais importantes do estado, visto que abastece cerca de um a cada três habitantes urbanos (RAMOS, 2007). O rio Capibaribe nasce na serra do Jacará, na divisão dos municípios de Jataúba e Poção, e percorre cerca de 275 km até desaguar no Oceano Atlântico, na cidade do Recife (PROJETEC-BRLi, 2010). Esta bacia se divide entre os trechos alto, médio e baixo, abrangendo as zonas do agreste, da mata e do litoral pernambucano (PROJETEC-BRLi, 2010). No trecho baixo do rio Capibaribe, inserido no bioma da Mata Atlântica, encontra-se a zona da mata pernambucana em que predominam os extensos canaviais e as indústrias sucroalcooleiras (PROJETEC-BRLi, 2010). Foram estabelecidos 4 pontos de amostragem ao longo de 45,7 km do trecho baixo do rio Capibaribe, sendo: dois pontos representando as áreas não florestadas, localizados em área com predomínio de monocultura de cana-de-açúcar nos municípios de Paudalho e São Lourenço (CAP1 e CAP2); e dois representando as áreas florestadas (CAP3 e CAP4), na cidade de Recife, localizados na área da Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea (Lei Estadual nº 9.989/87), que representa à única área florestal às margens da calha principal do trecho baixo do rio Capibaribe (Figura 1).

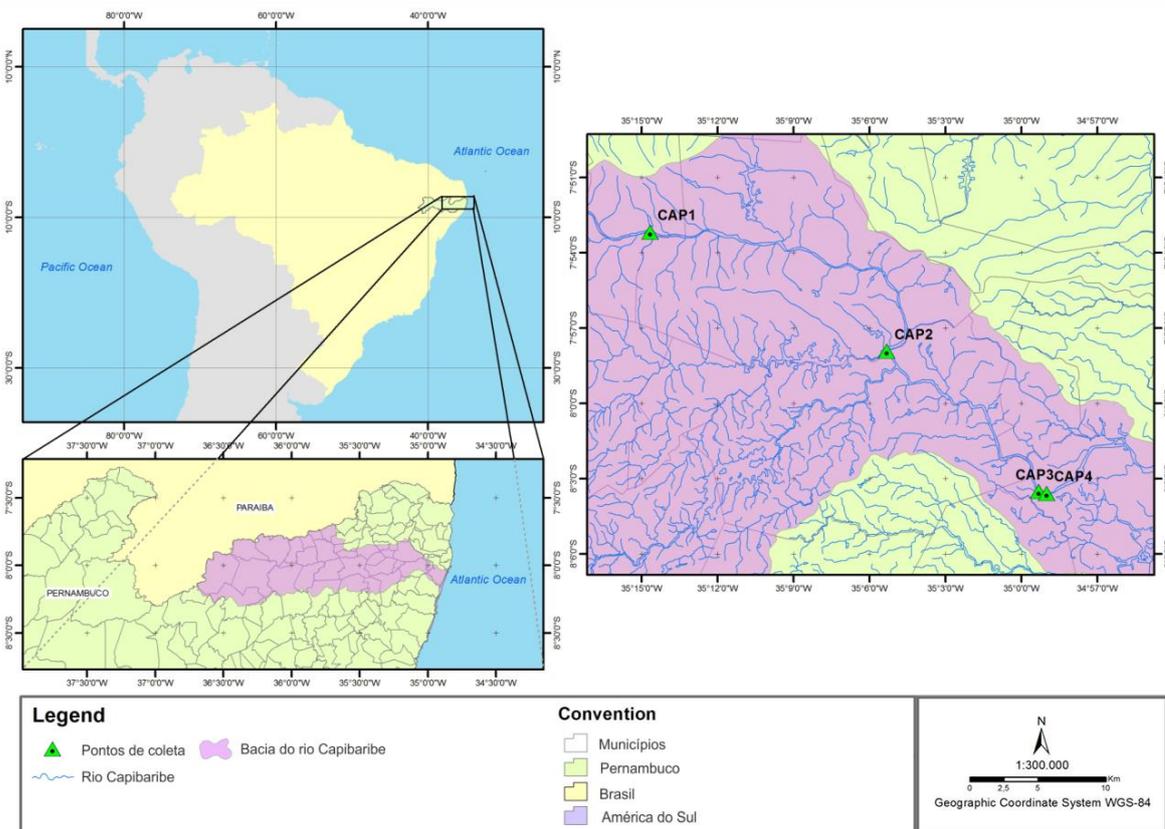


Figura 1. Local de estudo com destaque para os pontos de coleta entre as cidades de Paudalho (CAP1), São Lourenço da Mata (CAP2) e Recife (CAP3 e CAP4) no rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil. Fonte: Modificado de Collier (2016).

No intuito de caracterizar os quatro pontos de amostragem e constatar a presença/ausência de área florestal, segundo Collier (2016), estão relatados na Tabela 1 o percentual de cinco classes de cobertura da terra: Área de floresta (floresta nativa primária e secundária), Vegetação esparsa (gramado, bambu e arbustos esparsos), Área Construída (ruas, estradas, zonas residenciais e indústrias), Cultivo de Cana-de-açúcar e Área desmatada.

Tabela 1. Porcentagem das diferentes coberturas da terra nos pontos amostrados do trecho baixo do rio Capibaribe, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Pontos	Cobertura predominante	%Área Construída	%Área Florestada	%Vegetação esparsa	%Cana-de-Açúcar	%Solo Exposto
CAP1	Agrícola	26,52	0	29,31	36,72	7,45
CAP2	Agrícola	12,89	0	7	80,11	0
CAP3	Florestal	0	100	0	0	0
CAP4	Florestal	9,34	90,66	0	0	0

Fonte: Collier (2016)

Coleta dos dados

Foram realizadas coletas mensais entre setembro/2013 e agosto/2014, utilizando duas baterias de redes de espera com malhas de 12 a 50 mm entre nós adjacentes. Estas redes foram colocadas próximo às margens e permaneceram expostas por 12 horas no período noturno. As coletas e o transporte dos espécimes de *Leporinus piau* foram efetuados com a autorização de número 40391-1, concedida pelos órgãos governamentais responsáveis pelo gerenciamento ambiental da área (SISBIO- ICMBio) e pelo Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) sob o nº 014/2014. Os espécimes coletados foram armazenados em recipientes com gelo em escamas, segundo as recomendações do Use of Fishes in Research Committee (AFS, 2014).

Posteriormente, no Laboratório de Ecologia de Peixes (LEP/UFRPE), os peixes foram fixados em formalina a 10%, lavados em água corrente e conservados em álcool a 70%. Os peixes coletados foram identificados com base em literatura especializada. Espécimes

testemunho foram depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Ainda no laboratório foi mensurado o comprimento padrão (mm) de cada indivíduo, sendo em seguida eviscerados para retirada do trato gastrointestinal e identificados os sexos através das gônadas. Os estômagos foram pesados, identificados o seu grau de repleção baseado na escala de Gomes e Verani (2003), onde: 0 – para estômagos vazios (0 a 25%), I – para estômagos parcialmente vazios (25,1% a 50%), II – para estômagos parcialmente cheios (50,1% a 75%) e III – para completamente cheios (75,1% a 100%). Em seguida, os estômagos foram conservados em álcool a 70%. O conteúdo estomacal foi analisado com o auxílio de estereomicroscópio e os itens identificados até o menor nível taxonômico possível, com base em literatura especializada (MERRITT e CUMMINS, 1996).

Análise dos dados

Os meses de coleta foram agrupados em períodos climáticos: seco (setembro/2013 – fevereiro/14) e chuvoso (março/14 – agosto/2014) de acordo com a Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC, 2015). As áreas de coleta foram agrupadas em relação à cobertura da terra: não florestada, com predomínio de cana-de-açúcar (CAP1 e CAP2), e florestada, com fragmentos de Mata Atlântica (CAP3 e CAP4).

Foi calculada a frequência de ocorrência dos itens (FO), que fornece o espectro alimentar (ZAVALA-CAMIN, 1996). Sobre os valores da frequência de ocorrência de cada item (F_i) e peso relativo (P_i) foi aplicado o Índice de Importância Alimentar (IA_i), modificado de Kawakami e Vazzoler (1980), através da expressão:

$$IA_i = \frac{FixP_i}{\sum_{i=1}^n (FixP_i)}$$

Onde, IA_i = Índice Alimentar do item i ; $i = 1, 2, \dots$; n = itens alimentares; F_i = frequência de ocorrência (%) de cada item; P_i = peso (%) atribuído a cada item.

A amplitude de nicho trófico foi calculada através do Índice padronizado de Levins (HURLBERT, 1978) através da expressão:

$$B_a = [(\sum_j P_{ij}^2)^{-1} - 1] (n - 1)^{-1}$$

Onde, B_a = amplitude do nicho padronizada; P_{ij} = proporção do item alimentar j na dieta da espécie i ; n = número total de itens alimentares.

De acordo com esta análise, o valor de B_a pode variar de 0, quando a espécie ingere um único item alimentar, a 1, quando a espécie ingere vários itens alimentares em proporções semelhantes.

A diversidade dos itens alimentares foi calculada através do Índice de Shannon-Wiener (com os valores do IA_i) com a seguinte equação:

$$H' = - \sum (ni/N) \ln (ni /N)$$

Onde ni = valor do IA_i de cada item; N = soma total dos IA_i s.

Devido ao N ser um valor positivo e constante entre as áreas avaliadas, utilizou-se a seguinte equação para obter o valor do Índice de Shannon-Wiener:

$$H' = - \sum ni . \ln ni$$

Todos os índices e cálculos foram realizados separadamente para cada um dos pontos de amostragem, assim como entre as estações climáticas seca e cheia. Inicialmente foi realizado o teste de normalidade dos dados através de Shapiro-Wilk. Uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal foram utilizados os testes não paramétricos. Para avaliar se ocorreram diferenças significativas na dieta e no grau de repleção entre os locais de coleta foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis. E para a dieta e grau de repleção entre os períodos climáticos seco e chuvoso e as áreas florestadas e não florestadas foi aplicado o teste de Mann Whitney.

Para cada estômago, calculou-se o número de diferentes itens alimentares presentes (riqueza de itens alimentares). Esses valores transformados pelo $\log(x+1)$ foram comparados utilizando análise de variância (ANOVA) de duas vias, considerando como variáveis preditoras o período climático (níveis: chuvoso e seco), o tipo de cobertura da terra (níveis: florestada e não florestada) e o sexo (níveis: macho e fêmea). De forma similar, a dieta foi comparada empregada análise de variância permutacional (PERMANOVA) de duas vias. Para representar as amostras multivariadamente utilizou-se Análise de Correlação Canônica (CCA), considerando combinações das variáveis: período climático, cobertura da terra e sexo. Para as PERMANOVA e CCA, os dados foram padronizados, transformados pela raiz

quadrada, e matriz de semelhança foi calculada utilizando o Índice de Bray-Curtis. Para todas as análises considerou-se o nível de significância de 5%. As análises foram realizadas nos programas STATISTICA 12.0 e PRIMER 6.0, segundo as recomendações de Zar (2010).

RESULTADOS

Foram coletados 111 espécimes de *L. piau*, sendo 58 na estação seca e 53 na cheia, apresentando tamanhos que variaram entre 62 e 220 mm. Do total capturado, nas Áreas não florestadas 28% dos indivíduos foram coletados em CAP1 e 6% em CAP2, enquanto que nas Áreas Florestadas 31% dos indivíduos em CAP3 e 35% em CAP4. Destes espécimes, 78 dos estômagos apresentaram alimento e tiveram o seu conteúdo analisado.

De acordo com a análise da dieta, foi observado que as populações de *L. piau* residentes no trecho baixo do rio Capibaribe apresentaram modificações na sua alimentação de acordo com o ambiente onde estiveram inseridas, indicando sua plasticidade trófica (Tabela 2). Nos dois pontos de amostragem situados em áreas não florestadas foram evidenciados os hábitos herbívoro e malacófago para CAP1 e CAP2, respectivamente. Em CAP1, o item Material Vegetal teve uma importância de 0,93, sendo o restante de sua alimentação composta pelas categorias Hexapoda, Crustacea, Mollusca e Actinopterygii (Tabela 2). Para o ponto CAP2 pode-se identificar uma dieta composta principalmente pela categoria Mollusca, com uma importância de 0,83, sendo o item Gastropoda responsável por uma importância de 0,24, e a espécie *Melanoides tuberculata* do mesmo grupo com uma importância ainda maior de 0,59 (Tabela 2). Além de moluscos, a dieta registrada em CAP2 também revelou a importância de Material Vegetal, que apresentou um índice de importância de 0,17 (Tabela 2). Nos dois locais de coleta situados em áreas florestadas também observou-se os hábitos herbívoro e malacófago, para CAP3 e CAP4, respectivamente. Em CAP3, o item Material Vegetal representou uma importância de 0,64, seguido pela categoria Mollusca com 0,26 e Hexapoda com 0,08 (Tabela 2). No outro ponto localizado em área florestada, CAP4, a categoria alimentar preferencial foi Mollusca com 0,65, seguida de Material Vegetal com 0,30 e Hexapoda com 0,05 (Tabela 2). O teste de Kruskal-Wallis não demonstrou diferença significativa entre os pontos ($p = 0,197$), porém com a junção dos locais CAP1 e CAP2, CAP3 e CAP4, o teste de Mann Whitney apresentou diferenças significativas com $p = 0,05$. Além disso, o grau de repleção apresentou diferenças significativas nos locais e nas duas áreas através dos testes Kruskal-Wallis ($p=0,03$) e Mann Whitney ($p = 0,00075$), respectivamente.

Tabela 2. Itens alimentares identificados na dieta e IAI de *Leporinus piau* nos locais de coleta e nos períodos seca e cheia no trecho baixo do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil.

Item	IAi											
	CAP1			CAP2			CAP3			CAP4		
	Seca	Cheia	Geral	Seca	Cheia	Geral	Seca	Cheia	Geral	Seca	Cheia	Geral
ANIMALIA												
HEXAPODA												
Insecta (Partes)	0,00166	0,00550	0,00314	-	0,00207	0,00207	0,01651	0,11576	0,04768	0,04779	0,01145	0,03316
Insecta (Larva)	0,00028	0,00619	0,00283	-	-	-	-	0,08372	0,01480	-	0,01766	0,00683
Coleoptera (Larva)	0,00028	0,00412	0,00212	-	-	-	-	0,00310	0,00055	0,00081	-	0,00019
Girinidae	-	-	-	-	-	-	-	-	--	0,00054	-	0,00012
Diptera	-	-	-	-	-	-	0,00080	-	0,00027	-	-	-
Diptera (Larva)	-	0,00007	0,00002	-	-	-	-	-	-	-	0,00668	0,00258
Chironomidae	0,03102	0,00055	0,00438	-	-	-	0,02237	0,00052	0,01178	0,00108	0,00955	0,00677
Ephemeroptera	-	0,00027	0,00009	-	-	-	-	-	-	-	0,00016	0,00006
Hymenoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00127	0,00049
Odonata	-	0,00687	0,00228	-	-	-	-	0,00052	0,00009	-	-	-
Zygoptera	-	-	-	-	-	-	0,00213	-	0,00073	-	-	-
CHELICERATA												
Acari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00027	-	0,00006
CRUSTACEA												
Amphipoda	-	-	--	-	0,00052	0,00052	-	-	-	-	-	-
Conchostraca	0,25478	0,01897	0,05136	-	-	-	0,00107	-	0,00073	-	-	-
MOLLUSCA												
Mollusca (Partes)	-	-	-	-	-	-	0,03222	0,34884	0,12640	0,00108	0,10675	0,08305
Bivalvia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39012	-	0,08951
Gastropoda	0,00028	-	0,00002	-	0,23851	0,23851	0,02556	0,09044	0,04850	0,28186	0,00016	0,07536
<i>Melanoides tuberculata</i>	0,00055	-	0,00005	-	0,58854	0,58854	0,00639	0,27287	0,08220	0,09638	0,51416	0,39920
VERTEBRATA												
Actinopterygii (Partes)	0,02160	-	0,00089	-	-	-	0,00011	0,00258	0,02822	0,00810	-	0,00185
Actinopterygii (Larva)	-	-	-	-	-	-	-	0,00207	0,00037	-	-	-
PLANTAE												
Material Vegetal	0,68956	0,95746	0,93283	-	0,17037	0,17037	0,89285	0,07959	0,63768	0,17198	0,33217	0,30077

Ao avaliar a diversidade de itens alimentares consumidos por *L. piau* entre os pontos de amostragem, constatou-se que as populações residentes nos pontos CAP3 e CAP4 apresentaram valores mais elevados de diversidade com respectivamente 0,892 e 0,8054. Enquanto que, nos pontos CAP1 e CAP2, os valores foram 0,2868 e 0,4752, respectivamente.

Analisando a dieta de *L. piau* nas estações de seca e cheia, pode-se observar variações na importância dos itens alimentares de acordo com as estações do ano, exceto no ponto de amostragem CAP2, no qual não puderam ser feitas estas observações devido à ausência de indivíduos capturados durante a estação seca. Em CAP1, apesar de Material Vegetal ter sido o item mais importante nas duas estações, sua relevância foi mais expressiva durante a estação cheia, na qual apresentou um IAI de 0,96 (Tabela 2). Neste mesmo ponto, a categoria Crustacea demonstrou-se relevante na alimentação da espécie, principalmente na estação seca, na qual teve a importância de 0,25, enquanto que na estação chuvosa sua participação foi de apenas 0,02 (Tabela 2). No ponto CAP3, a influência da sazonalidade na alimentação da espécie ficou mais evidente devido à alteração no item preferencial de acordo com a estação do ano. Na estação seca, a espécie se alimentou principalmente de Material Vegetal, que apresentou uma importância de 0,89 (Tabela 2). Em contrapartida, na estação chuvosa, o item preferencial neste ponto correspondeu à categoria Mollusca, com 0,71 de importância alimentar (Tabela 2). Além disso, em CAP3 a importância do alimento de origem animal variou passando de 0,11 na estação seca para 0,92 na cheia (Tabela 2). No ponto de amostragem CAP4 não houve variação no item preferencial entre as duas estações, sendo a categoria Mollusca a de maior importância, com 0,77 na estação seca e 0,62 na chuvosa (Tabela 2). Entretanto, avaliando o item Material Vegetal, identificou-se uma maior importância deste item durante a estação chuvosa, com um IAI de 0,33 (Tabela 2). O teste de Mann Whitney demonstrou diferenças significativas entre itens e o período seca e cheia com ($p = 0,033$).

Em relação ao cálculo de amplitude de nicho, foi evidenciado que nos pontos de amostragem localizados em áreas não florestadas, a espécie avaliada comportou-se como especialista, tanto em CAP1 ($B_a = 0,04$) como em CAP2 ($B_a = 0,13$). Nos pontos de amostragem situados em área florestada, a espécie apresentou amplitudes de nicho semelhantes, com uma amplitude de 0,25 em CAP3 e 0,24 em CAP4, revelando que apesar destas populações terem se apresentado como especialistas, exibiram nichos mais amplos do que àqueles observados nas áreas não florestadas. Sazonalmente, o nicho alimentar da espécie variou em todos os pontos de amostragem, sendo observada uma ampliação no nicho da espécie nos pontos localizados em área florestada, e uma diminuição no ponto não florestada.

Em CAP4 ocorreu a maior variação na amplitude do nicho do período seco ($B_a = 0,15$) para o chuvoso ($B_a = 0,50$).

O número de itens consumidos variou significativamente entre períodos climáticos na comparação entre as diferentes coberturas da terra ($p=0,04$), mas não entre sexos em distintos períodos climáticos ($p=0,19$) e tipos de cobertura da terra ($p=0,65$) através da ANOVA (Figura 2).

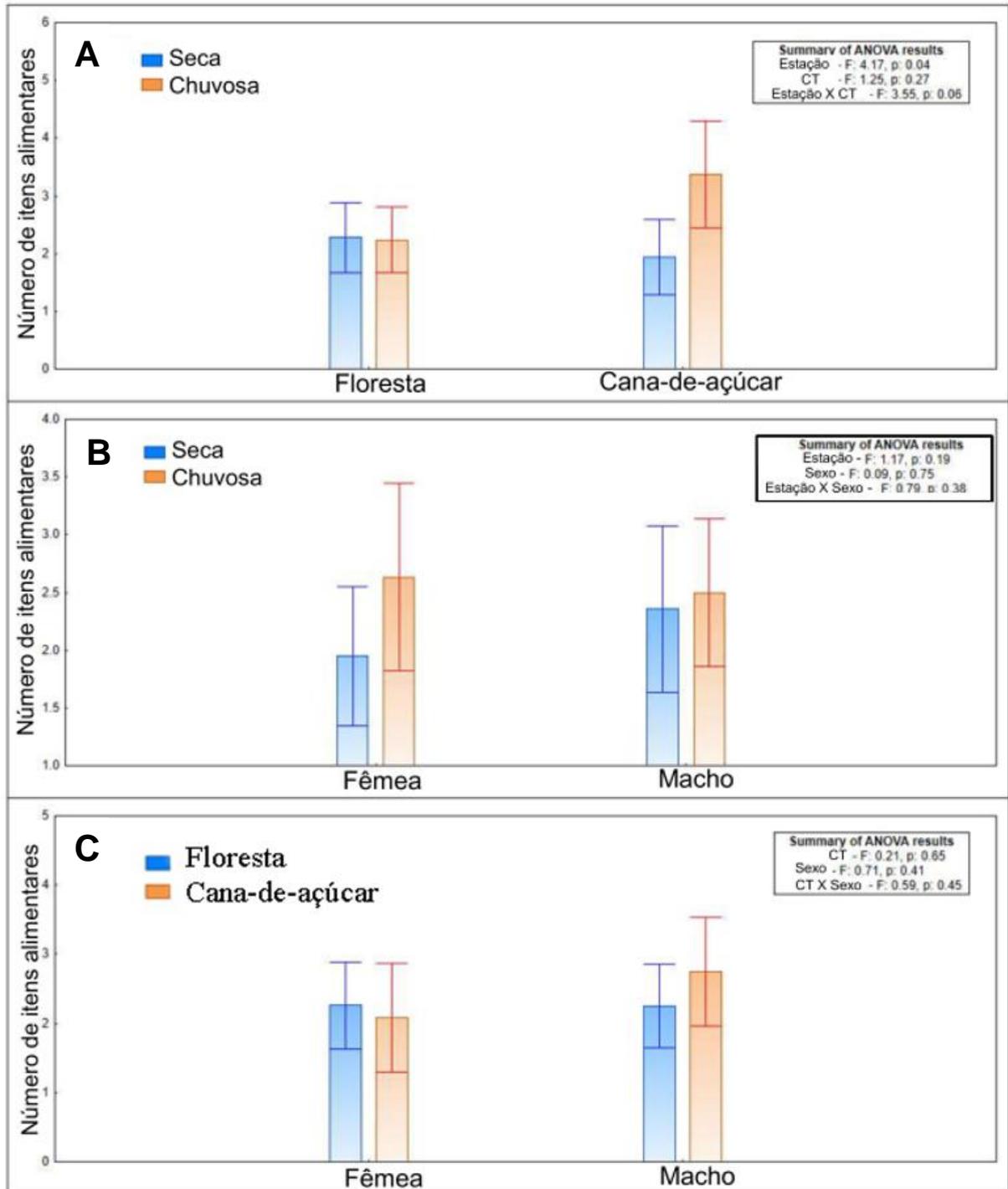


Figura 2. Número de diferentes itens alimentares no conteúdo estomacal de *Leporinus piau* no rio Capibaribe: A- Períodos climáticos x Coberturas da terra; B- Períodos climáticos x Sexo; C- Coberturas da terra x Sexo.

Através da análise da PERMANOVA, a dieta variou significativamente apenas entre as diferentes coberturas da terra ($p < 0,05$), mas não entre períodos climáticos e sexos, como se observa nos resultados da Tabela 3. Na Análise de Correlação Canônica (CCA) representada na figura 3, observa-se agrupamento das amostras de diferentes tipos de cobertura da terra, mas não entre sexos ou períodos climáticos.

Tabela 3. Resumo dos resultados da PERMANOVA para a dieta de *Leporinus piau* no rio Capibaribe.

Variável	Pseudo-F	P	Permutações únicas
Períodos climáticos	0,88	0,45	998
Cobertura da terra	4,54	< 0,05	999
Períodos climáticos x Cobertura da terra	1,13	0,29	999

Variável	Pseudo-F	P	Permutações únicas
Períodos climáticos	0,35	0,89	998
Sexo	0,77	0,56	999
Períodos climáticos x Sexo	1,53	0,18	999

Variável	Pseudo-F	P	Permutações únicas
Cobertura da terra	0,89	< 0,05	998
Sexo	0,38	0,86	999
Cobertura da terra x Sexo	1,18	0,32	999

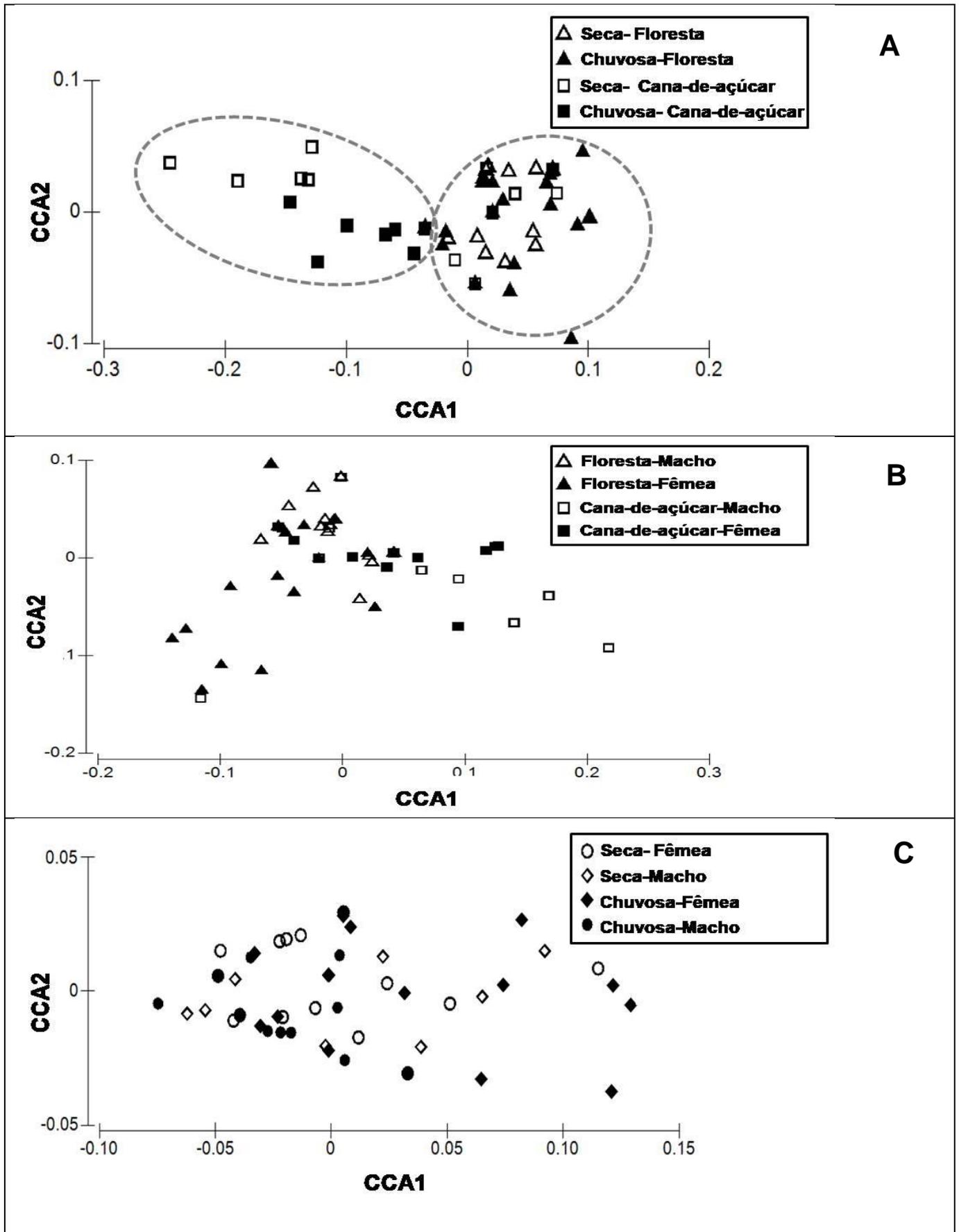


Figura 3. Análise de Correlação Canônica (CCA) de amostras do conteúdo estomacal de *Leporinus piau* entre os períodos climáticos, cobertura da terra e sexos no baixo rio Capibaribe: A- Estação x Cobertura de Terra; B- Cobertura de Terra x Sexo; C- Estação x Sexo.

DISCUSSÃO

A mata ciliar desempenha importante papel na estruturação trófica dos ecossistemas aquáticos, influenciando na oferta de recursos alimentares disponíveis para organismos aquáticos como os peixes (SANTOS; FERREIRA; ESTEVES, 2015). Diante da maior amplitude de nicho e maior índice de diversidade registrados para as populações de *L. piau* nos pontos situados em área florestal com vegetação ciliar, ficou evidente que estas áreas apresentam maior diversidade e disponibilidade de recursos alimentares. De acordo com Zeni e Casatti (2014), a maior disponibilidade de recursos alimentares em áreas com mata ciliar decorre da entrada de recursos alóctones, visto que a mata ciliar atua nas trocas de matéria orgânica entre o ambiente terrestre e o aquático, fornecendo aos organismos aquáticos recursos alóctones como insetos terrestres, folhas, frutos e troncos, importantes para a alimentação de muitas espécies da ictiofauna. Apesar disso, a maior diversidade de itens alimentares observada nos ambientes com mata ciliar não pareceu decorrer da oferta direta de recursos alóctones, visto que a maior parte da alimentação da espécie avaliada foi composta por itens de origem autóctone. No entanto, é importante ressaltar que os únicos itens de origem alóctone, como Hymenoptera e Diptera, foram registrados apenas nas áreas que possuem vegetação ciliar.

A maior diversidade de recursos alimentares observado nas áreas florestadas pode estar relacionada às condições ambientais mais favoráveis aos organismos aquáticos, visto que, de acordo com Callisto, Moretti e Goulart (2001), a presença de vegetação ciliar promove a oferta de recursos para o desenvolvimento e a manutenção de macroinvertebrados. Além destes autores, Casatti (2010) também resalta que a integridade da vegetação ciliar promove a sobrevivência dos organismos aquáticos ao fornecer abrigo, controle do fluxo de água e proteção estrutural do hábitat.

A reduzida diversidade de itens alimentares consumidos por *L. piau* nos pontos sob influência agrícola foi reflexo da elevada dominância de poucos itens que se destacaram dos demais. No ponto CAP2, por exemplo, a alimentação foi baseada na ingestão de Gastropoda, principalmente da espécie *Melanoides tuberculata*, que correspondeu a quase 2/3 da dieta da espécie neste local. Esta espécie de molusco tem reconhecida tolerância a condições adversas,

sendo por isso utilizado como um organismo bioindicador de ambientes degradados e contaminados (KARTIKASARI; RETNANINGDYAH; ARISOESILANINGSIH, 2013).

Através da observação de estudos acerca da alimentação de *L. piau*, Montenegro et al. (2010) reportaram a elevada plasticidade trófica desta espécie, uma vez que ela se ajusta à diferentes ambientes de acordo com a disponibilidade dos recursos alimentares. Para esta espécie já foram reportados na literatura diversos hábitos alimentares, sendo caracterizada como herbívora (MERONA e RANKIN-DE-MERONA, 2004; ALVIM e PERET, 2004), insetívora (GURGEL e CANAN, 1999), piscívora (ALMEIDA NETO, 2012), onívora (LIZAMA e TAKEMOTO, 2000; MONTENEGRO et al., 2010) e malacófaga (OLIVEIRA, 2015). Esta plasticidade trófica ficou ainda mais evidente diante dos resultados obtidos, no qual, em um mesmo rio, puderam ser observados hábitos alimentares distintos, como a herbivoria e a malacofagia. A herbivoria e a malacofagia ocorreram tanto nas áreas sob influência agrícola como nas áreas situadas em fragmento de Mata Atlântica. Entretanto, foi evidente a diferença na participação dos itens alimentares, visto que as populações de *L. piau* amostradas nas áreas de mata utilizaram de forma mais equitativa os itens de origem animal e vegetal, revelando nichos mais amplos nestes locais. A variação na preferência alimentar entre material vegetal e animal revela que a espécie tem a capacidade de explorar ambos os recursos, indicando uma tendência à onivoria.

Através da análise sazonal da dieta, observamos que *L. piau* altera a preferência alimentar de acordo com a estação do ano, o que pode ser reflexo das alterações sazonais na disponibilidade de recursos alimentares. Os rios neotropicais apresentam variações temporais e espaciais na oferta de recursos alimentares para os peixes (JOHNSON e ARUNACHALAM, 2012). Desse modo, as alterações sazonais na dieta de *L. piau* revelam o seu oportunismo, uma vez que, de acordo com Gerking (2014), o aproveitamento de recursos mais abundantes no ambiente caracteriza um comportamento oportunista de peixes.

Nas áreas situadas em fragmento de Mata Atlântica, *L. piau* apresentou nichos mais amplos durante a cheia, sendo observada a alternância da preferência alimentar entre as categorias de Material Vegetal e Mollusca. A alteração na alimentação da espécie entre as estações do ano foi ainda mais evidente em CAP3, onde *L. piau* chegou a alternar entre o hábito alimentar herbívoro e malacófago em decorrência da variação sazonal. Esta comutação entre a preferência de itens de origem animal e vegetal constitui em mais um comportamento que Gerking (2014) caracteriza como oportunista.

No ambiente sob influência agrícola, a variação da amplitude de nicho ocorreu de modo inverso, sendo a maior amplitude registrada durante a estação seca. Este fato pode ter

decorrido do aumento da importância de Conchostraca na alimentação da espécie neste período do ano, sendo este comportamento também encontrado por Montenegro et al., (2010) na alimentação de *L. piau* em um reservatório no nordeste brasileiro. A maior disponibilidade de Conchostraca durante a estação de estiagem pode estar associada a maior quantidade de macrófitas aquáticas durante esta estação (SOUZA e ABÍLIO, 2006). O aumento da incidência solar favorece o desenvolvimento de bancos de macrófitas (FLETCHER et al., 2000) que constituem substrato, refúgio e alimento para invertebrados aquáticos (BLANCO-BELMONTE et al., 1998).

Em geral, os peixes consomem os recursos mais abundantes no ambiente (REZENDE et al., 2013), sendo esta uma característica ainda mais evidente em espécies oportunistas. Oliveira e Bennemann (2005) observaram que nos ambientes mais impactados, *Poecilia reticulata* passou a ingerir preferencialmente o item detrito, por ser o recurso alimentar mais abundante nestes locais. Neste contexto, o caráter especialista de *L. piau* parece não estar relacionado às adaptações restritivas que o direcionem para a exploração de uma gama restrita de itens alimentares, mas pode decorrer da menor variedade de recursos alimentares disponíveis nas áreas sob influência agrícola, quando comparado àqueles situados em área de mata.

Sendo assim, o fator de diferenciação na dieta de *Leporinus piau* foi a cobertura da terra, pois a área florestada com presença da mata ciliar permitiu a ocorrência de uma maior riqueza de itens alimentares e, conseqüentemente, uma amplitude de nicho mais elevada. A sazonalidade interferiu na alimentação da espécie, que se utilizou da disponibilidade diferenciada dos recursos ao longo do ano, evidenciando um comportamento alimentar oportunista. A plasticidade trófica foi registrada para a espécie, que apresentou diferentes hábitos alimentares em cada um dos ambientes amostrados. Apesar de *L. piau* ter sido caracterizada no presente estudo com os hábitos herbívoro e malacófago, a utilização e a comutação de recursos de origem animal e vegetal revelam a tendência à onivoria para a espécie.

REFERÊNCIAS

ABILHOA, V.; DUBOC, L. F.; FILHO, D. P. A. **A comunidade de peixes de um riacho de Floresta com Araucária, alto rio Iguaçu, sul do Brasil.** Rev. Bras.Zool. [online], vol. 25, n. 2, 2008.

AFS. **Guidelines for the use of fishes in research.** American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 90p. 2014.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR, H. F. **Peixes da Bacia do Alto Rio Paraná.** In: LOWE-MCCONNEL, R. H. Estudos de comunidades de peixes tropicais. EDUSP: São Paulo. p. 374-399, 1999.

ALMEIDA NETO, M. S. **Os padrões ecomorfológicos apresentados pelas espécies da ordem Characiformes (Actinopterygii) são relacionados com suas adaptações ecológicas?** Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 55f, 2012.

ALVIM, M. C. C.; PERET, A. C. **Food resources sustaining the fish fauna in a section of the upper São Francisco River in Três Marias, MG, Brazil.** Brazilian Journal of Biology, v. 64, n. 2, p. 195-202, 2004.

APAC. 2015. **Agência Pernambucana de Águas e Climas.** Available from: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>. (Date of access – 20 April 2015).

BARLETTA, M. et al. **Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems.** Journal of Fish Biology, v. 76, n. 9, p. 2118-2176, 2010.

BLANCO-BELMONTE, L.; NEIFF, J.J.; NEIFF, A.P. **Invertebrate fauna associated with floating macrophytes in the floodplain lakes of the Orinoco (Venezuela) and Paraná (Argentina).** Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, v. 26, p. 2030-2034, 1998.

BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil.** Museu Nacional, Rio de Janeiro. 2007.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. **Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n.1, p.71-82, Jan/Mar 2001.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água.** Quim Nova, v. 23, n. 5, 2000.

CASATTI, L. **Changes in the Brazilian Forest Code: potential impacts on the ichthyofauna.** Biota Neotrop, v. 10, n. 4, 2010.

CLARO-JR, L. H. et al. **O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil.** Acta Amazonica, v. 34, n. 1, p. 133-137, 2004.

COLLIER, C. A. **Impactos da ação humana sobre a ictiofauna do Rio Capibaribe: percepção, degradação e conservação.** Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Etnobiologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

ESTEVES, K. E.; LOBO, A. V. P.; FARIA, M. D. R. **Trophic structure of a fish community along environmental gradients of a subtropical river (Paraitinga River, Upper Tietê River Basin, Brazil).** Hydrobiologia, v. 598, p. 373-387, 2008.

FLETCHER, D. E. et al. **Influence of riparian alteration on canopy coverage and macrophyte abundance in Southeastern USA blackwater.** Ecological Engineering, v. 15, p. 67-78, 2000.

GERKING, S.D. **Feeding Ecology of Fish.** Editora Elsevier, p. 416, 2014.

GOMES, J. H. C.; J. R. VERANI. **Alimentação de espécies de peixes do reservatório de Três Marias.** In: H. P. GODINHO e GODINHO, A. L. (Eds). Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. PUC Minas, Belo Horizonte, Brazil, p.195-227, 2003.

GURGEL, H. C. B.; CANAN, B. **Feeding of six fish species in Jiqui Lagoon, eastern coast of Rio Grande do Norte, Brazil.** Acta Scientiarum, v. 21, n.2, p.243-246, 1999.

HAHN, N. S.; DELARIVA, R. L. **Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes: o que estamos usando.** INCI, Caracas, v. 28, n. 2, Fev/2003.

HURLBERT, S. H. **The measurement of niche overlap and some relatives.** Ecology, 59: 67-77, 1978.

JOHNSON, J. A.; ARUNACHALAM, M. **Feeding habit and food partitioning in a stream fish community of Western Ghats, India.** Environmental Biology of Fishes, v. 93, p. 51-60, 2012.

KARTIKASARI, D.; RETNANINGDYAH, C.; ARISOESILANINGSIH, E. **Application of Water Quality and Ecology Indices of Benthic Macroinvertebrate to Evaluate Water Quality of Tertiary Irrigation in Malang District.** The journal of tropical life science, v. 3, n. 3, p. 193-201, Dez, 2013.

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER. **Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes.** Bolm Inst. Oceanogr., São Paulo, v. 29, n. 2, p. 205-207, 1980.

LIZAMA, M. A. P.; TAKEMOTO, R. M. **Relação entre o padrão de crescimento em peixes e as diferentes categorias tróficas: uma hipótese a ser testada.** Acta Scientiarum, v. 22, n. 2, p. 455-463, 2000.

LOWE-McCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** São Paulo, EDUSP, p. 584, 1999.

- MAITLAND, P. S. 1995. **The conservation of freshwater fish: past and present experience.** *Biological Conservation*, 72: 259-270.
- MÉRONA, B.; RANKIN-DE-MÉRONA, J. **Food resource partitioning in a fish community of the central amazona flood plain** *Neotropical Ichthyology*, v. 2, n. 2, p. 75-84, 2004.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America.** 3 ed. Kendall & Hunt, Dubuque. p.861, 1996.
- MONTENEGRO, A. K. A. et al. **Aspects of the feeding and population structure of *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Actinopterygii, Characiformes, Anostomidae) of Taperoá II Dam, semi arid region of Paraíba, Brazil.** *Biotemas*, v. 23, n. 2, p. 101-110, fev/ 2010.
- NASCIMENTO, W. S. et al. **Endemic fish communities and environmental variables of the Piranhas-Assu hydrographic basin in the Brazilian Caatinga Eco region.** *Animal Biology Journal*, v. 2, n. 3, p. 97-112, 2011.
- NASSAR, A. M. et al. **Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: impacts on direct and indirect land use changes.** In: ZUURBIER, P.; VAN DER VOOREN, J. (Eds.). *Sugarcane ethanol: Contributions to climate change mitigation and the environment* pp. 63–93. Netherlands: Wageningen Academic Publishers, p. 252, 2008.
- OLIVEIRA, D. C.; BENNEMANN, S. T. **Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil.** *Biota Neotrop.*, Campinas, v. 5, n. 1, p. 95-107, 2005.
- OLIVEIRA, J. C. D. **Alimentação da ictiofauna do reservatório de Umari, Upanema/RN, Brasil.** Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 56f, 2015.
- PERESSIN, A.; CETRA, M. **Responses of the ichthyofauna to urbanization in two urban areas in Southeast Brazil.** *Urban Ecosystems*, v. 17, p. 675-690, 2014.
- PROJETEC – BRLi. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental.** *Projetos Técnicos*, Recife, v. 01/03, p. 389, 2010.
- PUSEY, B. J.; ARTHINGTON, A. H. **Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review.** *Marine and freshwater research*, v. 54, p. 1-16, 2003.
- RAMOS, A. **Expedição Capibaribe: Uma Ação Sócio-Cultural e Ambiental no Rio Capibaribe.** In: IX ENCONTRO NACIONAL DE COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, Foz do Iguaçu, PR, 2007.
- REZENDE, C. F. et al. **Trophic ecology of two benthivorous fishes in relation to drift and benthos composition in a pristine Serra do Mar stream (Rio de Janeiro, Brazil).** *Archiv für Hydrobiologie*, v. 183, p. 163–175, 2013.

SANTOS, F.B.; FERREIRA, F. C.; ESTEVES, K. E. **Assessing the importance of the riparian zone for stream fish communities in a sugarcane dominated landscape (Piracicaba River Basin, Southeast Brazil)**. Environmental Biology of Fishes, 2015.

SILVA, J. C.; DELARIVA, R. L.; BONATO, K. O. **Food-resource partitioning among fish species from a first-order stream in northwestern**. Paraná, Brazil. Neotrop. ichthyol. [online]. Vol. 10, n.2, 2012.

SOUZA, A. H. F. F.; ABÍLIO, F. J. P. **Zoobentos de duas lagoas intermitentes da caatinga paraibana e as influências do ciclo hidrológico**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Suplemento Especial, n. 1, p. 146-164, 2006.

VIANA, L. F.; SÚAREZ, Y. R.; LIMA-JUNIOR, S. E. **Influence of environmental integrity on the feeding biology of *Astyanax altiparanae* Garutti&Britski, 2000 in the Ivinhema river basin**. Acta Scientiarum. Biological Sciences, Maringá, v. 35, n.4, p. 541-548, Oct.-Dec., 2013.

WINEMILLER, K. O.; AGOSTINHO, A. A.; CARAMASCHI, P. E. **Fish Ecology in Tropical Streams**. In: DUDGEON, D. (Ed.). Tropical Stream Ecology. California: Academic Press, p. 336-346, 2008.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5th Edition. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. 2010. 944 pp.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução ao estudo sobre alimentação natural em peixes**. Maringá, EDUEM, p. 129, 1996.

ZENI, J. O.; CASATTI, L. **The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams**. Hydrobiologia (The Hague.Print), v. 726, p. 259-270, 2014.

4. ARTIGO 2

**ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *Leporinus piau* (FOWLER, 1941)
(CHARACIFORMES) SOB INFLUÊNCIA DE ÁREAS FLORESTADAS EM UM RIO
URBANO**

Artigo científico a ser encaminhado a *Journal of Fish Biology*

Normas para publicação em anexo I

RESUMO

Em ambientes impactados, os peixes são submetidos a diferentes agentes estressores, que afetam ou inibem sua reprodução, comprometendo a permanência das espécies. O presente estudo objetiva avaliar as estratégias reprodutivas da espécie *Leporinus piau*, no rio Capibaribe, em áreas florestadas e não florestadas entre os períodos de seca e cheia. A pesquisa foi realizada mensalmente no período de setembro/2013 a agosto/2014, na porção baixa do rio Capibaribe, onde foram estabelecidos quatro pontos de amostragem nos municípios de Paudalho, São Lourenço e Recife. Foram medidos os parâmetros abióticos, e para a coleta da ictiofauna foram utilizadas duas baterias de redes de espera com diferentes malhas. Foram capturados 97 indivíduos, sendo 54 machos e 43 fêmeas. Os peixes foram eviscerados para retirada das gônadas, e avaliado os estádios de desenvolvimento gonadal através de análise macroscópica e microscópica. Foi realizada a proporção sexual, calculados o IGS, Fator de condição alométrico (K), fecundidade, IAR e análise de NMS. *L. piau* teve preferência para se reproduzir nas áreas florestadas e durante o período chuvoso. A espécie *L. piau* é considerada estrategista sazonal, uma vez que o seu processo reprodutivo está relacionado com as mudanças sazonais ocorridas no ambiente aquático.

Palavras-chave: Peixes. Reprodução. Capibaribe. Antropização.

ABSTRACT

In impacted environments, fish are submitted to different stressors that affect or inhibit their reproduction, compromising the species' permanence. The present study aims to evaluate how the reproductive strategy of *Leporinus piau*, in the Capibaribe River, in forested and non - forested areas between drought and flood periods. The survey was carried out monthly from September/2013 to August/2014, in the low portion of the Capibaribe river, where sampling points were established in the municipalities of Paudalho, São Lourenço and Recife. The abiotic parameters were measured, and for the collection of the ichthyofauna were used twice of waiting networks with different meshes. A total of 97 individuals were captured, 54 males and 43 females. The fish were eviscerated for removal of the gonads, and evaluated at the stages of gonadal development through macroscopic and microscopic analysis. A sex ratio was calculated, the IGS, allometric condition factor (K), fecundity, IAR and NMS analysis. *L. piau* had preference to reproduce in forested areas and during the rainy season. The species *L. piau* is considered seasonal strategist, since its reproductive process is related to the seasonal change occs in the aquatic environment.

Keywords: Fish. Reproduction. Capibaribe. Anthropization.

INTRODUÇÃO

A influência antrópica nos ecossistemas aquáticos tem sido constante, provocando danos irreparáveis a estes ecossistemas (RIBEIRO e MOREIRA, 2012), como alterações na comunidade biótica (WANG; LYONS; KANEHL, 2001; MORLEY e KARR, 2002). A agricultura corresponde a uma ação humana que modifica as paisagens naturais principalmente devido à expansão de monoculturas (ACHARD et al., 2002; CORBI e TRIVINHO-STRIXINO, 2008). Na agricultura, os principais impactos sobre os ecossistemas aquáticos ocorrem devido ao desmatamento e uso de agroquímicos, que ocasionam prejuízos sobre a ictiofauna (SANTOS; FERREIRA; ESTEVES, 2015; SANTOS e ESTEVES, 2015; COLLIER, 2016). A cana-de-açúcar, uma das principais monoculturas do Brasil (ZUUBIER; VOOREN, 2008), têm sido associada a efeitos deletérios sobre a ictiofauna, alterando a estrutura de suas taxocenoses (SANTOS; FERREIRA; ESTEVES, 2015). Essas alterações na ictiofauna destes ambientes podem estar relacionadas a adaptações reprodutivas de algumas espécies que prevalecem em detrimento de outras.

A reprodução é um processo fundamental para a perpetuação e manutenção das espécies, e deve estar ajustada às condições do ambiente, através de táticas reprodutivas que envolvem adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais (BRAGA, 2001). Em ambientes submetidos a impactos antrópicos, os peixes podem ser submetidos a diferentes agentes estressores, que afetam ou até mesmo inibem sua reprodução, comprometendo a permanência das espécies (SCHRECK; CONTRERAS-SANCHEZ; FITZPATRICK, 2001). Na presença de agentes estressores, os peixes podem direcionar sua energia para manutenção de funções vitais necessárias à sua sobrevivência em detrimento de sua perpetuação através da reprodução, uma vez que pode ser prejudicada a cascata fisiológica reprodutiva (SCHRECK; CONTRERAS-SANCHEZ; FITZPATRICK, 2001).

A maioria dos peixes neotropicais apresenta uma reprodução cíclica (VAZZOLER, 1996), que corresponde a um período de repouso alternado por períodos de atividade sexual (GODINHO, 2007). Esse período geralmente está relacionado às variações de temperatura e ao regime de chuvas (BAZZOLI, 2003). O sucesso reprodutivo de qualquer espécie é determinado pela capacidade de seus integrantes reproduzirem-se em ambientes variáveis, mantendo populações viáveis (VAZZOLER, 1996).

Estudos da reprodução dos peixes têm sido utilizados para compreender a função ecológica desempenhada pelas espécies no ambiente aquático (VIEIRA; ISAAC; FABRÉ, 1999; ROCHA, 2010), sendo relevante também para o desenvolvimento de medidas para

proteção de estoques naturais e para o cultivo (GODINHO, 2007). O entendimento das táticas e estratégias reprodutivas é essencial para conduzir ações de manejo e conservação da comunidade íctica e seus ecossistemas diante dos impactos antrópicos (VAZZOLER e MENEZES, 1992). Nesse sentido, os peixes são excelentes ferramentas no monitoramento biológico por reagirem de diversas formas aos impactos, como por exemplo, alterando sua taxa de crescimento e a maturação sexual (SCHULZ e MARTINS-JUNIOR, 2001). A utilização dos peixes como bioindicadores tem auxiliado na identificação das condições ambientais dos ecossistemas (WHITFIELD e ELLIOT, 2002).

Muitos rios brasileiros encontram-se em estado avançado de degradação, com suas taxocenoses de peixes empobrecidas (HILSFORF e PETRERE JR., 2002). No nordeste brasileiro, o rio Capibaribe é um dos principais rios que vem apresentando modificações na qualidade ambiental (CPRH, 2014), sendo observados efeitos deletérios das ações antrópicas sobre a ictiofauna deste rio (COLLIER, 2016).

Nesse contexto, o presente artigo objetiva avaliar aspectos reprodutivos de *Leporinus piau*, observando a influência da presença da mata ciliar e da sazonalidade nas suas estratégias reprodutivas, em um rio neotropical no nordeste brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia do rio Capibaribe nasce na divisa dos municípios de Jataúba e Poção, percorrendo uma extensão total de cerca de 275 Km até a sua foz, na cidade do Recife (PROJETEC-BRLi, 2010). Esta bacia está totalmente inserida em Pernambuco, abrangendo 42 municípios (PROJETEC-BRLi, 2010), que utilizam o rio como receptor de resíduos das suas principais atividades. Dividido nos trechos alto, médio e baixo, o rio abrange o Agreste do estado, Zona da mata e a região metropolitana do Recife (PROJETEC-BRLi, 2010). A pesquisa foi realizada na porção baixa do rio Capibaribe, onde foram estabelecidos 4 pontos de amostragem, sendo CAP1 e CAP2 representando as áreas não florestadas, localizados em área com predomínio de monocultura de cana-de-açúcar, nos municípios de Paudalho e São Lourenço; e CAP3 e CAP4 representando as áreas florestadas, na cidade de Recife, localizados na área da Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea (Lei Estadual nº 9.989/87), que representa a única área florestal às margens da calha principal do trecho baixo do rio Capibaribe (Figura1).

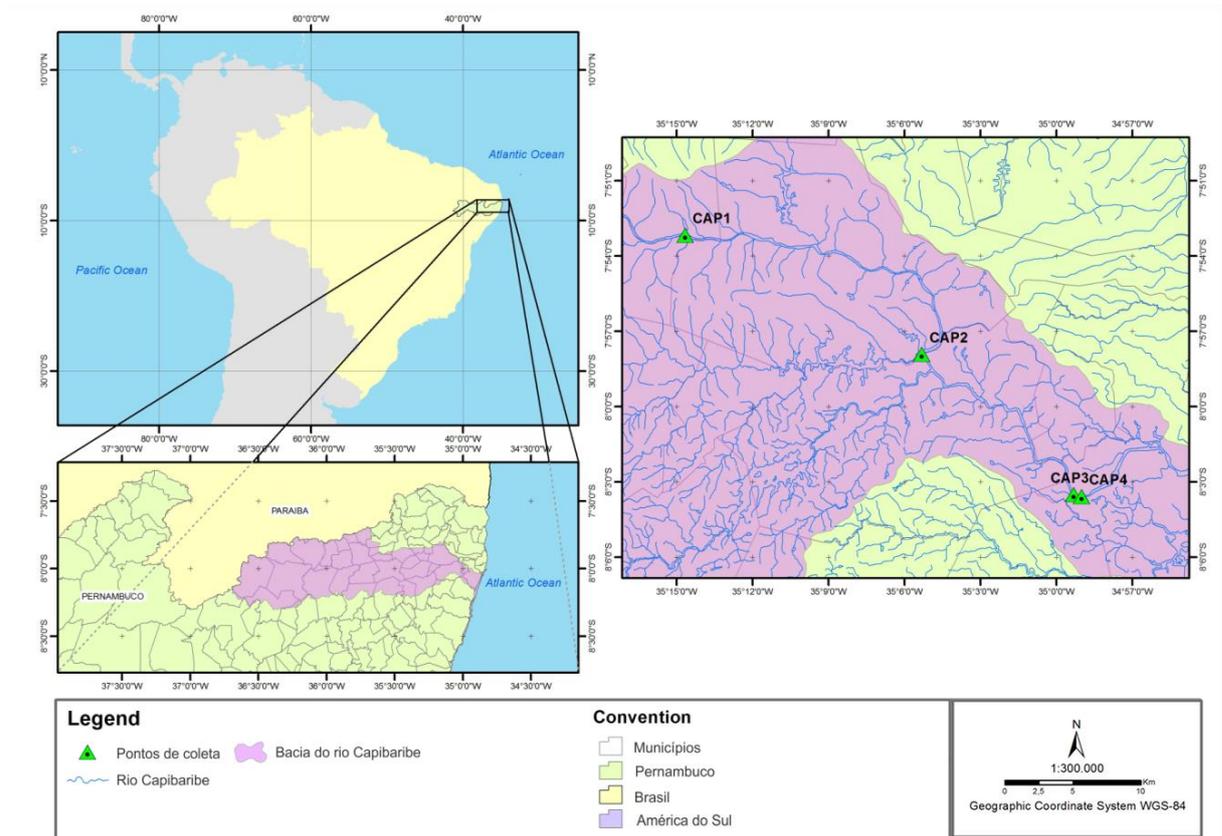


Figura 1. Pontos de amostragem de *Leporinus piau* localizados no trecho baixo do rio Capibaribe, sendo: CAP1 – Paudalho; CAP2 - São Lourenço da Mata; CAP3 e CAP4 - (Recife). Fonte: Modificado de Collier (2016).

Dados ambientais

As coletas foram realizadas mensalmente no período de setembro de 2013 a agosto de 2014. Foram medidos os parâmetros abióticos, como temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido e pH com multiparâmetro, e coletadas amostras de água para mensuração dos parâmetros de nitrato, nitrito, amônia, fosfato inorgânico, fosfato total e sólidos totais para relacionar com os parâmetros reprodutivos.

Coleta de peixes

As coletas da ictiofauna foram realizadas no período de setembro de 2013 a agosto de 2014, após as autorizações dos órgãos governamentais SISBIO-ICMBio (nº 40391-1) e CEUA-UFRPE (nº 014/2014). Para a realização das coletas, em cada ponto de amostragem, foram utilizadas duas baterias de redes de espera com malhas de 12 a 50 mm entre nós adjacentes com exposição mínima de 12 horas no período noturno. Os espécimes coletados

foram acondicionados e depositados em recipientes com gelo em escamas, conforme as recomendações do Use of Fishes in Research Committee (AFS, 2014). Os peixes foram fixados em formalina a 10% por 24 horas, lavados em água corrente e preservados em álcool a 70%, sendo posteriormente identificados e armazenados no Laboratório de Ecologia de Peixes (LEP-UFRPE).

Ecologia reprodutiva

Dos espécimes foram mensurados o comprimento padrão (mm) e o peso total (g). Em seguida, os peixes foram abertos através de uma incisão ventral longitudinal a partir da abertura urogenital em direção à cabeça para retirada das gônadas. As análises macroscópicas e microscópicas das gônadas foram realizadas nos Laboratórios de Ecologia de Peixes – LEP/UFRPE e de Histologia – DMFA/UFRPE. Foram avaliados os estágios de desenvolvimento gonadal através de análise macroscópica, adaptando-se a escala proposta por Bazzoli (2003): imaturo (1), em maturação (2), maduro (3), esvaziado (4) e repouso (5).

Análise dos dados

Foi realizada análise de proporção sexual através do teste de Qui-quadrado segundo Vazzoler (1996), onde $X^2 > 3,84$ apresentam diferenças significativas.

O Índice Gonadossomático (IGS) foi calculado através da seguinte expressão proposta por Vazzoler (1996): $IGS = PG \times 100 / PT$, sendo PG = peso da gônada e PT = peso total.

Para avaliar a condição fisiológica relacionada à reprodução foi calculado o fator de condição alométrico (K), através da expressão: $K = PT / CT^b$, onde PT = peso total (g), CT = comprimento total (mm) e b = coeficiente da regressão.

Foi analisada a proporção sexual a partir do teste do Qui-quadrado (χ^2), segundo Vazzoler (1996). Em seguida, foi calculado o Índice de Atividade Reprodutiva (IAR), segundo Agostinho et al. (1993), para analisar a energia canalizada para o processo de desenvolvimento gonadal, através da fórmula:

$$IAR = \frac{\ln N_i \left(\frac{n_i}{\sum n_i} + \frac{n_i}{N_i} \right) \times \frac{IGS_i}{IGS_e}}{\ln N_m \left(\frac{n_m}{\sum n_i} + 1 \right)} \times 100$$

Sendo:

N_i = número de indivíduos na unidade amostral i ;

n_i = número de indivíduos “em reprodução”, na unidade amostral i ;

N_m = número de indivíduos na maior unidade amostral;

n_m = número de indivíduos “em reprodução” na unidade amostral com maior n ;

IGS_i = IGS média dos indivíduos “em reprodução” na unidade amostral i ;

IGS_e = maior valor individual de IGS.

Para essa análise, a atividade reprodutiva foi classificada em cinco categorias: nula ($IAR \leq 2,0$), incipiente ($2,0 < IAR \leq 5,0$), moderada ($5,0 < IAR \leq 10,0$), intensa ($10,0 < IAR \leq 20,0$) e muito intensa ($IAR > 20,0$) (AGOSTINHO *et al.*, 1993).

A relação peso-comprimento foi estimada para determinar o tipo de crescimento da espécie através da fórmula $PT = a \cdot CP^b$, onde: PT = peso total (g); CP = comprimento padrão (cm); a = coeficiente linear (fator relacionado à engorda do indivíduo); b = coeficiente angular (fator relacionado ao tipo de crescimento do indivíduo) (LE CREN, 1951). Se b for igual a três, o crescimento será isométrico; se b for maior do que três, o crescimento será alométrico positivo; e se b for menor do que três, o crescimento será alométrico negativo (JOBBLING, 2002).

A fecundidade foi avaliada segundo metodologia proposta por Vazzoler (1996), com base na contagem absoluta dos ovócitos vitelogênicos em 0,1 grama de peso de gônada extrapolando para o peso total da gônada.

Para as análises, os meses de coleta foram agrupados em trimestres, sendo: trimestre 1- janeiro, fevereiro e março; trimestre 2- abril, maio e junho; trimestre 3- julho, agosto e setembro; e trimestre 4- outubro, novembro e dezembro; e em períodos climáticos: seco (setembro/2013 – fevereiro/14) e chuvoso (março/14 – agosto/2014).

Na avaliação dos estádios maturacionais foi realizado a priori o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, e em seguida aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis entre a frequência absoluta dos estádios maturacionais, IGS e os trimestres do ano.

Foi calculada a correlação de Spearman para avaliar as relações entre os parâmetros abióticos e reprodutivos, possibilitando identificar quais variáveis ambientais interferem na reprodução de peixes. As análises foram realizadas utilizando o Programa Statistica 7.0 (STATSOFT 2004) e foi considerado o nível de significância de 5%.

O Dimensionamento Multidimensional Não-métrico (NMS) foi utilizado para plotar graficamente a distribuição da espécie por classe de comprimento relacionado com os locais de coleta (McCUNE e GRACE, 2002), utilizando o programa PCORD 6.

RESULTADOS

Proporção sexual

Foram capturados 97 indivíduos de *Leporinus piau*, sendo 54 machos e 43 fêmeas, onde a proporção sexual para o período total foi de 1,25:1 machos para fêmeas e o $X^2=1,29$. Foram encontradas diferenças significativas na proporção entre os sexos nos locais CAP2 ($X^2=11,11$), CAP3 ($X^2=7,11$) e CAP4 ($X^2=3,58$). Nas áreas não florestadas, CAP1 e CAP2, a espécie apresentou uma predominância de fêmeas, obtendo proporção sexual 1,30:1 fêmeas para machos. Enquanto nas áreas florestadas, CAP3 e CAP4, *L. piau* apresentou uma predominância de machos com uma proporção sexual de 1,57:1, machos para fêmeas (Figura 2).

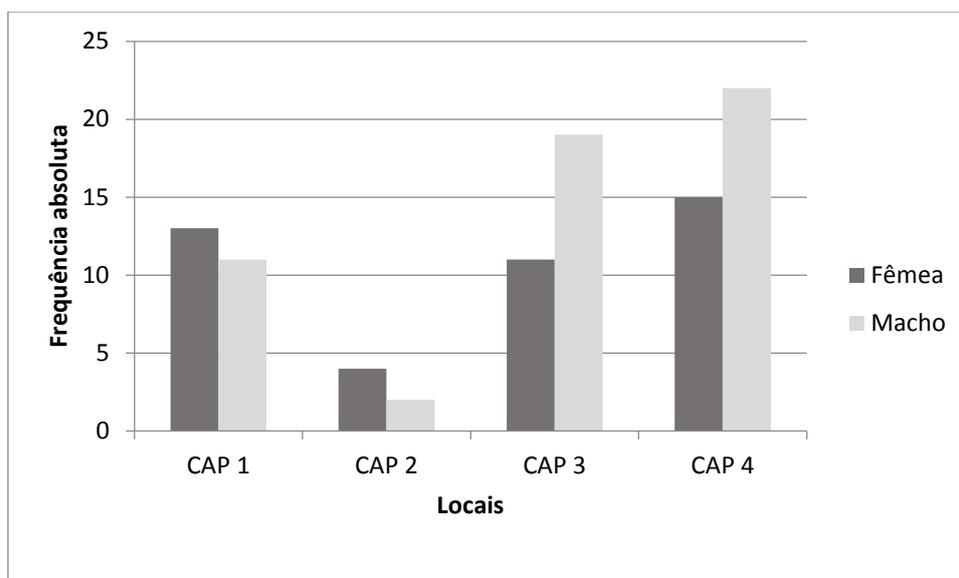


Figura 2. Proporção sexual de *Leporinus piau* capturados nos locais de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe.

Relação peso-comprimento

O comprimento padrão das fêmeas variou entre 66 e 230mm, e dos machos variou entre 62 e 195mm. A variação do peso das fêmeas e machos foram, respectivamente, 5,54 a 342g e 5,81 e 205g. Para as fêmeas, a relação da equação peso-comprimento foi $PT = 0,000007CP^{3,2587}$, com $r^2 = 0,9703$ (Figura 3), e para os machos, a equação foi $PT = 0,000009CP^{3,2211}$, com $r^2 = 0,9678$ (Figura 4). A espécie *L. piau* apresenta um crescimento do

tipo alométrico positivo, demonstrando que a espécie aumenta mais em peso do que em comprimento.

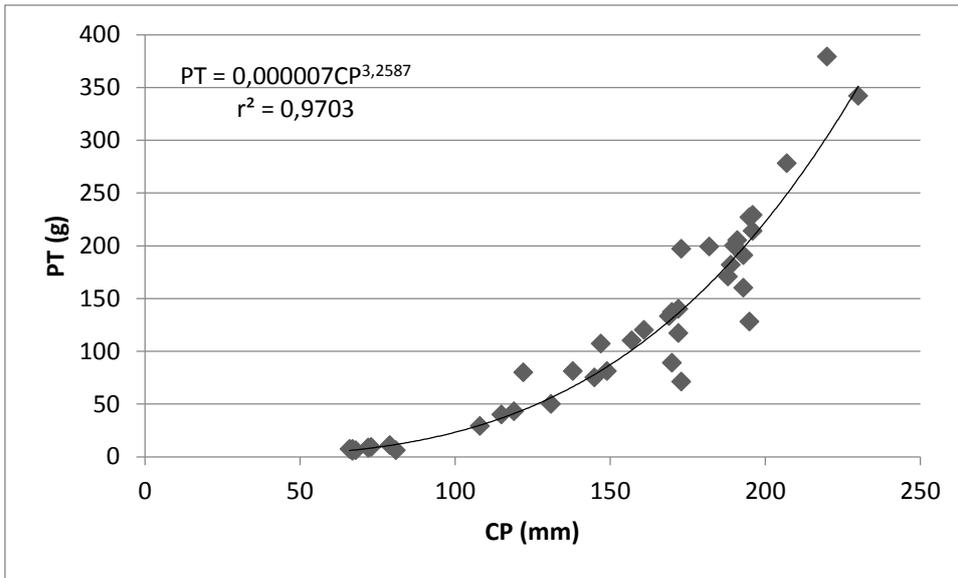


Figura 3. Relação peso-comprimento para fêmeas de *Leporinus piau* capturados nos locais de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe.

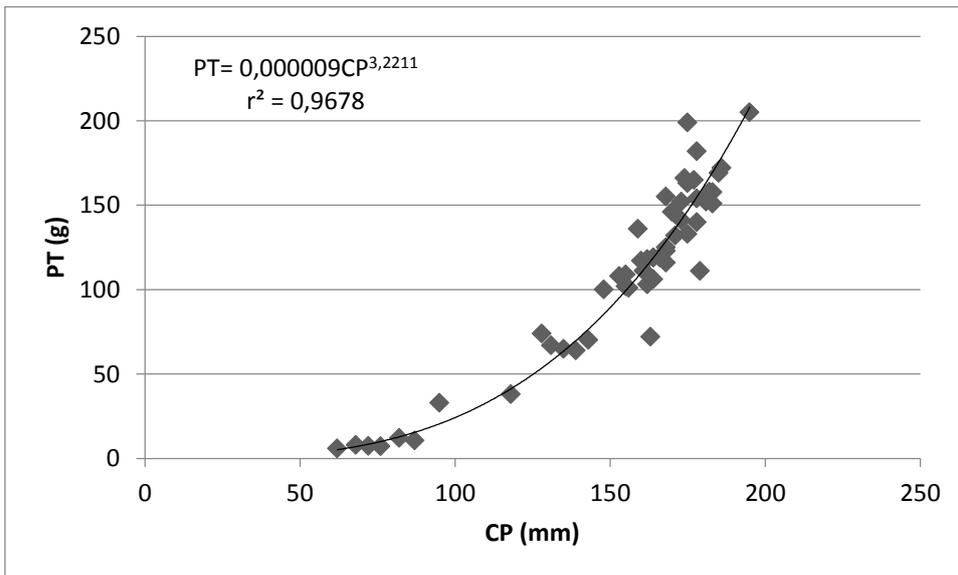


Figura 4. Relação peso-comprimento para machos de *Leporinus piau* capturados nos locais de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe.

Caracterização macroscópica das gônadas

A análise macroscópica dos estádios de desenvolvimento gonadal de *L. piau* foi descrita conforme a Tabela 1, com exceção do estágio 5 (repouso) que não foi encontrado durante as análises.

Tabela 1. Descrição macroscópica de quatro estádios de maturação gonadal de *Leporinus piau* coletados no trecho baixo do rio Capibaribe.

Estádio maturacional	Fêmea	Macho
I (Imaturo)	Ovários filiformes e translúcidas, bem aderidas à cavidade dorsal celomática, ovócitos imperceptíveis a olho nu.	Testículos com formato filiforme e translúcido, e de difícil diferenciação. Assim como os ovários, só possível identificar com auxílio de estereomicroscópio.
II (Em maturação)	Apresentam maior volume e tamanho; com uma tonalidade mais opaca e algumas vascularizações. Ovócitos visíveis a olho nu.	Testículos maiores em comprimento e volume que no estágio anterior, com uma textura leitosa e esbranquiçada.
III (Maduro)	Ovários bem desenvolvidos, ocupando maior parte do volume da cavidade celomática e bastante vascularizados. Ovócitos bem visíveis a olho nu.	Testículos mais espessos, com coloração bastante rosada e a fácil visualização do espermoduto.
IV (Esvaziado)	Ovários com tamanhos reduzidos, e flácidos, distendimento longitudinal das membranas e presença de regiões hemorrágicas. Tamanho dos ovócitos desuniforme.	Testículos retraídos em relação ao volume e com menor comprimento, apresentando aspecto bastante flácido. Coloração opaca e vestígios hemorrágicos ao longo do testículo.

Estádio de maturação gonadal

A frequência absoluta dos estádios de maturação gonadal entre os pontos de amostragem indicou que todos os estádios foram encontrados nos locais de coleta. A presença de estágio maduro (III) foi maior nas áreas florestadas, pontos CAP3 e CAP4. Nesses mesmos pontos, verificou-se uma alta frequência de exemplares no estágio esvaziado (IV) (Figura 5).

Nos trimestres do ano foram encontrados todos os estádios maturacionais, sendo a maior frequência no estágio maduro (III) no terceiro trimestre, demonstrando o período de maior reprodução na estação chuvosa. E no primeiro trimestre, apresentou uma maior quantidade de indivíduos imaturos considerado período seco do ano (Figura 6).

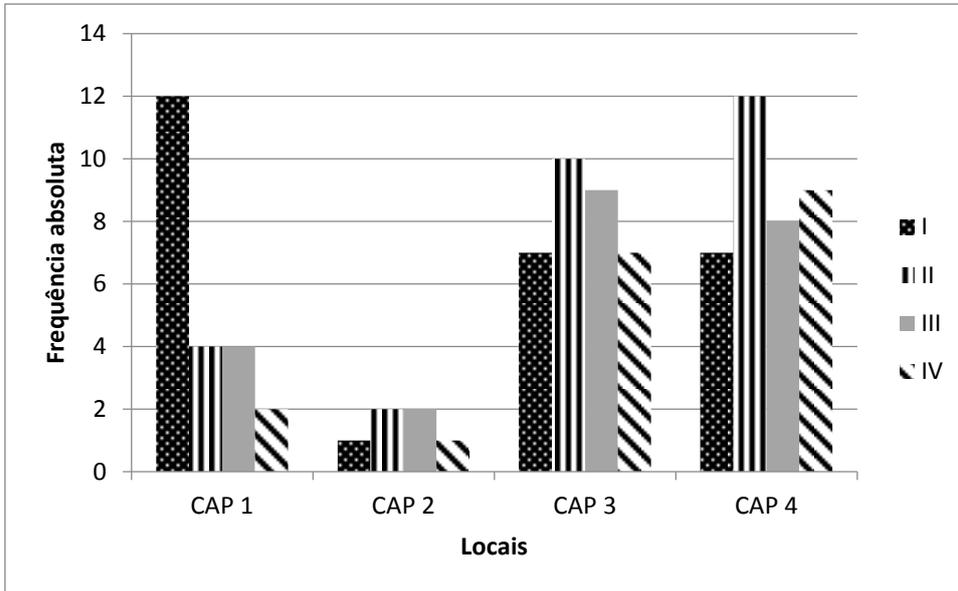


Figura 5. Distribuição da frequência absoluta dos estádios de maturação gonadal de *Leporinus piau* nos locais de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe.

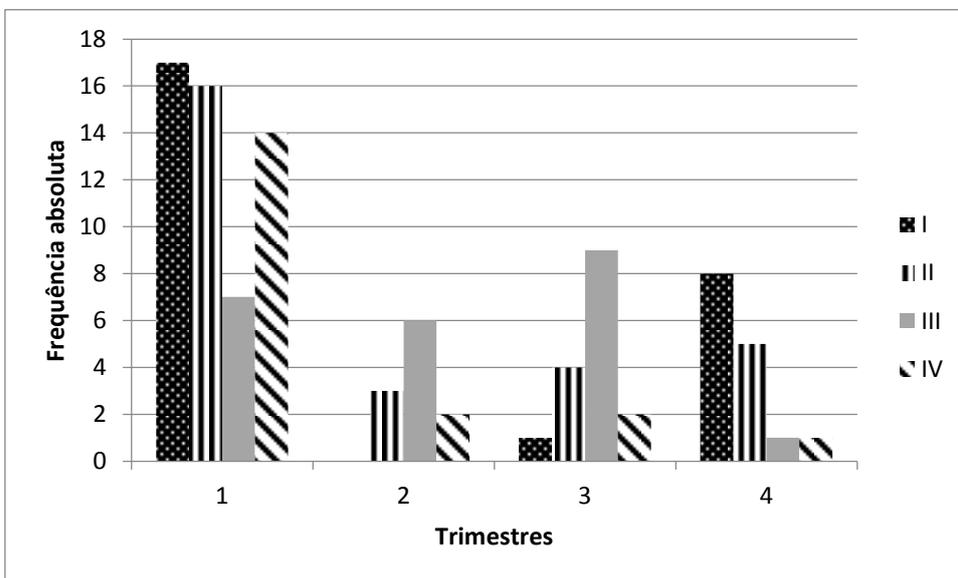


Figura 6. Distribuição da frequência absoluta dos estádios maturacionais de *Leporinus piau* nos trimestres de coleta ao longo do ano no rio Capibaribe.

Índice Gonadosomático (IGS)

Os valores de IGS apresentaram uma grande amplitude ao longo dos trimestres e dos locais de coleta. O valor mínimo foi observado no primeiro trimestre (0,001) e o valor máximo no terceiro trimestre do ano (17,284), indicando a reprodução ao longo do ano. O teste de Kruskal Wallis verificou diferença significativa entre os trimestres do ano ($p = 0,0000$). Entre os locais de coleta, os maiores valores do IGS foram verificados nos pontos CAP4 (17,28352) e CAP2 (14,56901), apresentando diferenças significativas através do teste de Kruskal Wallis ($p=0,03$).

Fator de condição alométrico (K)

Os valores do fator de condição alométrico (K) de machos e fêmeas se mostraram mais altos nos locais CAP1 (4,183059) e CAP2 (3,650745), apresentando diferenças significativas através do teste de Kruskal Wallis ($p=0,0001$). Em relação aos trimestres, o fator de condição (K) foi mais elevado nos trimestres 2 (3,650745) e 3 (4,183059), com diferenças significativas através do teste de Kruskal Wallis ($p=0,003$).

Fecundidade

Todas as fêmeas maduras foram utilizadas para a análise de fecundidade, a qual variou de 17.282 a 41.207 ovócitos, sendo o menor valor encontrado no CAP1, área não florestada, e o maior valor em CAP4, área florestada.

Índice de Atividade Reprodutiva (IAR)

O Índice de Atividade Reprodutiva (IAR) demonstrou que a atividade reprodutiva de *L. piau* foi encontrada nos pontos CAP1, CAP3 e CAP4. Nos pontos CAP3 e CAP4 foram encontradas atividades reprodutivas moderadas ($5,0 < IAR \leq 10,0$), sendo o IAR= 7,16 e 7,44, respectivamente (Figura 7). No ponto CAP1, o IAR foi incipiente ($2,0 < IAR \leq 5,0$), apresentando atividade reprodutiva de 2,25. Já no ponto CAP2, a atividade reprodutiva foi nula ($IAR \leq 2,0$), apresentando o IAR de 1,16.

Os trimestres 1, 2 e 3 foram os períodos de maior atividade reprodutiva de *L. piau*, sendo encontrado o IAR de 3,13; 2,49 e 6,20, respectivamente. Nos trimestres 1 e 2, a

atividade reprodutiva foi incipiente ($2,0 < IAR \leq 5,0$); no trimestre 3, a atividade reprodutiva foi moderada ($5,0 < IAR \leq 10,0$); e no trimestre 4 foi nula ($IAR \leq 2,0$) com IAR de 0,38 (Figura 8).

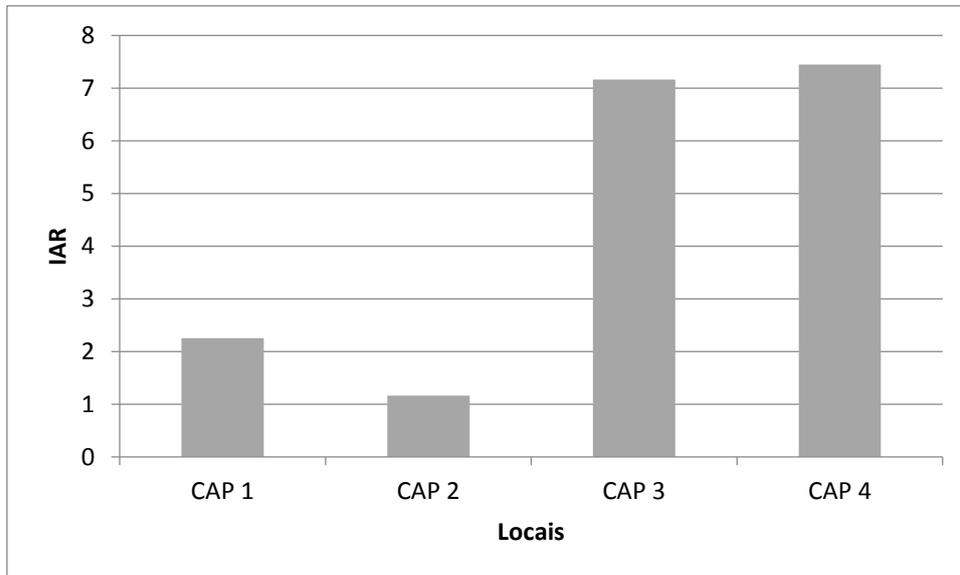


Figura 7. Índice de Atividade Reprodutiva (IAR) de *Leporinus piau* capturado nos locais no rio Capibaribe.

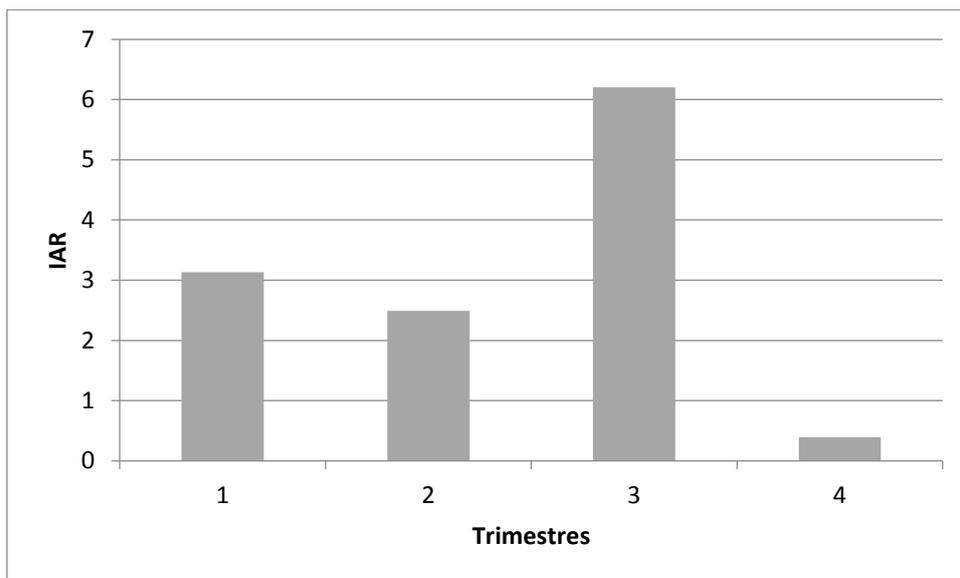


Figura 8. Índice de Atividade Reprodutiva (IAR) de *Leporinus piau* nos trimestres capturados no baixo rio Capibaribe.

Relação entre parâmetros ambientais e reprodutivos

As relações entre os parâmetros ambientais e reprodutivos foram avaliadas através da correlação de Spearman, onde apresentaram relações apenas entre: IGS com fosfato inorgânico ($rS = - 0,292$), estádios maturacionais com fosfato inorgânico ($rS = 0,329$) e estádios maturacionais com fósforo total ($rS = 0,294$).

Análise de Dimensionamento Multidimensional Não-métrico (NMS)

A análise de NMS apresentou o estresse final de 14,09 e uma instabilidade de 0,0000, com 79 interações. A correlação entre as distâncias do espaço n-dimensional e as distâncias de ordem de espaço total explicam 82,05%. A composição da comunidade de *Leporinus piau* predominou nos pontos CAP3 e CAP4, sendo esses dois pontos considerados locais de reprodução conforme aponta o IAR no eixo 2. Em CAP1, os peixes têm preferência por essa área durante a sua fase inicial de vida, apresentando ocorrência de dois indivíduos de maior comprimento no terceiro trimestre do ano, correspondendo ao período seco (Figura 9).

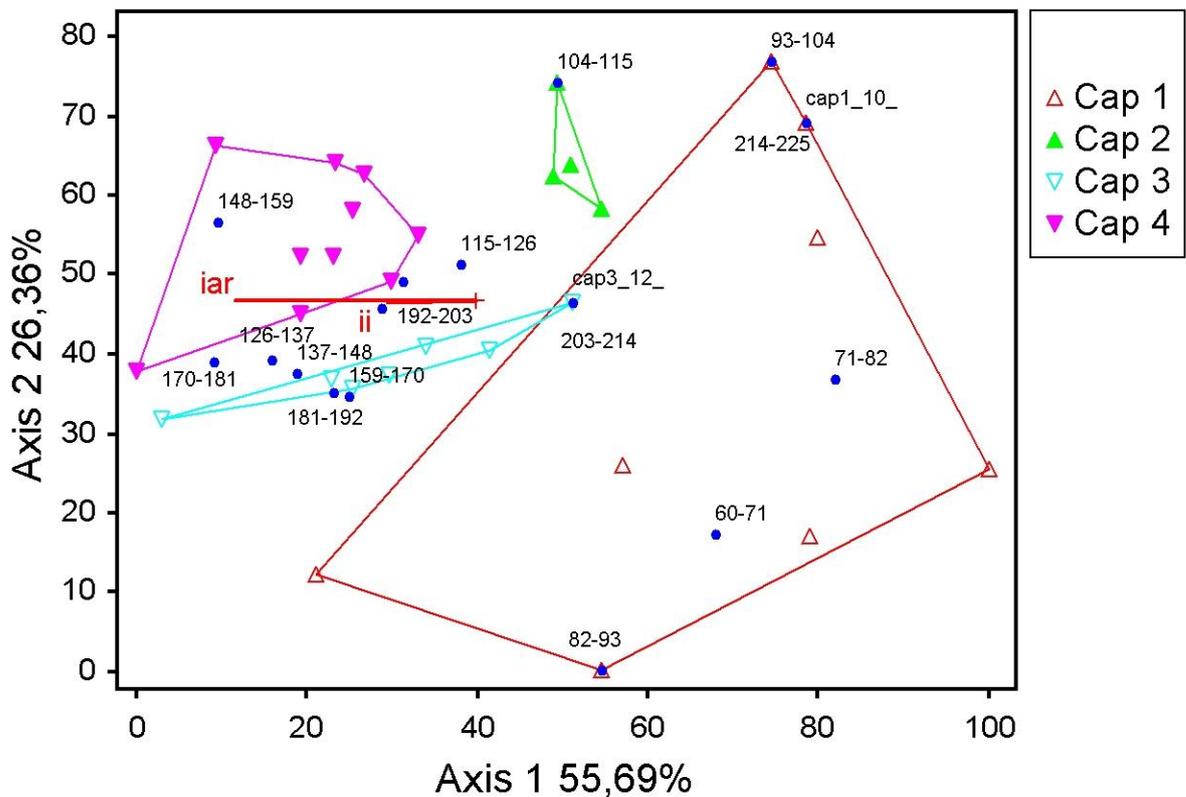


Figura 9. Diagrama dimensionamento multidimensional não-métrico (NMS) da distribuição da espécie *Leporinus piau* por classe de comprimento (pontos azuis) entre os locais de coleta, sendo iar: Índice de Atividade Reprodutiva e ii: Estádio maturacional em maturação.

DISCUSSÃO

Nos ambientes naturais, a proporção sexual na maioria das populações de peixes é de 1:1 fêmea e macho e em análise mais profunda pode-se constatar o predomínio de machos ou fêmeas (VAZZOLER, 1996). O equilíbrio na proporção sexual de peixes possibilita a

propagação das espécies no ambiente (NOVOMESKÁ e KVAC, 2009). E no presente estudo, a espécie *Leporinus piau* apresentou durante todo o período de coleta uma predominância de 1,25:1 machos para fêmeas demonstrando um equilíbrio entre os sexos.

De acordo com Helfman et al. (2009), diferenças na proporção sexual de peixes podem indicar impactos no ambiente. No rio Capibaribe, a espécie apresentou uma predominância de machos nas áreas florestadas, e de fêmeas nas áreas não florestadas. Reynolds (1974) explicou que em algumas espécies de peixes pode ocorrer uma segregação ao atingirem seu amadurecimento, podendo assim alterar a sua preferência do hábitat. Outros fatores também podem ainda estar ligados as diferenças na proporção sexual, como diferenças no comportamento da espécie (CASIMIRO et al., 2011).

No que se refere à relação peso-comprimento, o presente estudo mostrou que o coeficiente angular (b) para machos e fêmeas da espécie *L. piau* apresentou um crescimento do tipo alométrico positivo. Estudos realizados no açude Marechal Dutra em Rio Grande do Norte por Filho et al. (2012) e Nascimento et al. (2012) observaram um crescimento alométrico positivo para *L. piau*. Montenegro et al. (2010) relataram um crescimento alométrico negativo na barragem de Taperoá II no estado da Paraíba. No estudo de Araújo et al. (2016), em um reservatório tropical do semiárido, foi constatado o crescimento isométrico para a espécie *L. piau*.

A variação no crescimento dos peixes durante o seu ciclo de vida pode estar relacionada a diversos fatores, como temperatura, oferta de alimento no ambiente, sexo entre outros (DULCIC e KRALJEVIC, 1996). E de acordo com Araya, Agostinho e Bechara (2005), as diferenças no crescimento podem estar ligadas a fisiologia da espécie que varia de acordo com os fatores ambientais e disponibilidade e qualidade dos alimentos. O tipo de crescimento encontrado para *L. piau* no rio Capibaribe pode estar relacionado com estes fatores ambientais, visto que o ambiente apresenta impactos que podem afetar o comportamento da espécie.

Os estádios de maturação gonadal da espécie *L. piau* estiveram presentes em todos os locais de coleta nas áreas florestadas e não florestadas, ressaltando uma elevada frequência do estádios maduro (III) e esgotado (IV) nas áreas florestadas. Diante dos impactos causados pelas atividades agrícolas nos pontos CAP1 e CAP2, a espécie utilizou das outras áreas como locais de reprodução. As mudanças ambientais ocasionadas pelo predomínio da monocultura de cana-de-açúcar afetam diretamente os ecossistemas aquáticos, ocasionando diminuição na sua biodiversidade (GENITO; GBUREK; SHARPLEY, 2002; CASSATI et al., 2009). Esse acontecimento afeta o ciclo reprodutivo das espécies, e de acordo com Genito, Gburek e

Sharpley (2002), a diversidade e o número de peixes são menores nas áreas identificadas com a presença da agricultura.

Nas análises trimestrais, a maior frequência do estágio maduro foi encontrada no terceiro trimestre, nos meses de julho, agosto e setembro, período chuvoso do ano. Os valores de IGS também indicam que o período reprodutivo de *L. piau* ocorre durante a estação chuvosa, sendo no CAP4 o local com o IGS mais elevado. Nos trabalhos de Filho et al. (2012) e Araújo et al. (2016), realizados no Rio Grande do Norte, também foi constatada a estação chuvosa como o período reprodutivo de *L. piau*.

O fator de condição alométrico (K) reflete o grau de engorda da espécie, mostrando como a espécie está aproveitando os recursos disponíveis do ambiente em determinado período do ano (GURGEL et al., 2000). Foi verificado valores mais elevados do fator de condição nas áreas não florestadas e durante todo o período chuvoso. Tal fato pode ter acontecido devido a espécie apresentar maior reprodução nas áreas florestadas, utilizando assim a energia obtida da alimentação para amadurecimento das gônadas, diminuindo desta forma, o fator de condição em áreas florestadas. Esse comportamento pode ser uma estratégia reprodutiva sazonal ou periódica de *L. piau*, assim como foi retratada por Sato (1999).

A fecundidade da espécie *L. piau* variou de 17.282 (área não florestada) a 41.207 (área florestada) ovócitos. No estudo de Sato et al. (2003) na bacia do rio São Francisco foi verificado a variação da fecundidade da espécie *L. piau* de 24.932 a 68.331. Nessa mesma bacia, no estudo de Sampaio e Sato (2009) foi registrada a variação de 45.444 a 137.326 ovócitos da fecundidade de *L. piau*. Diante desses registros podemos observar variações elevadas na fecundidade dessa espécie em ambientes dulcícolas.

O Índice de Atividade Reprodutiva (IAR) de *L. piau* foi registrado moderado tanto nos pontos de coleta CAP3 e CAP4, áreas florestadas, quanto no trimestre 3, envolvendo o período chuvoso. O IAR ainda apresentou-se nulo no trimestre 4 (outubro, novembro e dezembro), no período seco. A pluviosidade é um fator abiótico importante no período reprodutivo das comunidades de peixes (BRAGA, 2001), que além de afetar a estrutura dos ecossistemas aquáticos, atinge a abundância da ictiofauna entre as estações chuvosas e secas (LOWE-McCONNELL, 1999).

As áreas não florestadas impactadas pelo predomínio da cana-de-açúcar tiveram influências negativas sobre a reprodução de *L. piau* no ambiente aquático por apresentar relação com os parâmetros abióticos, como fósforo total e fosfato inorgânico. O elevado nível de fósforo nos ambientes impactados pode estar relacionado ao uso de fertilizantes nas áreas predominadas pela agricultura (PAUL e MEYER, 2001). Segundo Carpenter et al.

(1998), o aumento de fósforo e nitrogênio no ambiente aquático ocasiona o processo de eutrofização que provoca o aumento da biomassa fitoplânctônica e a diminuição do oxigênio nos corpos d'água.

Na análise de Dimensionamento Multidimensional Não-métrico (NMS), a espécie *L. piau* apresentou predominância dos indivíduos maiores nas áreas florestadas, com alta representatividade do IAR nos pontos CAP3 e CAP4. A distribuição da espécie feita por classe de tamanho mostrou que durante o ciclo inicial de vida, a espécie *L. piau* no estágio maturacional imaturo predominaram o ponto CAP1. Ainda nesse ponto foi possível observar a presença de dois indivíduos maiores, cuja preferência por este local são nos meses de outubro e dezembro, período seco. No estudo realizado na Bacia hidrográfica Piranhas-Assu no Rio Grande do Norte, Araújo (2012) afirma que a reprodução de *L. piau* está relacionada com as mudanças sazonais ocorridas na região. Ainda nesse trabalho, a autora considera *L. piau* uma espécie estrategista sazonal por apresentar o período reprodutivo curto, comprimento do corpo intermediário e por indivíduos adultos predominarem no período seco.

Mesmo diante dos impactos ocorridos no rio Capibaribe, a espécie *Leporinus piau* vem se reproduzindo ao longo do ano. A preferência da espécie para se reproduzir nas áreas florestadas foi evidente nos nossos resultados quando a ocorrência do estágio maturacional maduro e a atividade reprodutiva moderada foram maiores nas áreas florestadas. A espécie ainda demonstrou que o seu período de maior reprodução acontece na estação chuvosa. As áreas dominadas pela presença da monocultura de cana-de-açúcar tiveram influência negativa na reprodução da espécie, visto que foi constatado a presença de fatores abióticos, como o fósforo total e fosfato inorgânico na água. A reprodução de *L. piau* está relacionada com as mudanças sazonais ocorridas nos locais, tornando a espécie com o comportamento estrategista sazonal.

REFERÊNCIAS

ACHARD, F., et al., 2002. **Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests**. *Science* 297: 999–1002.

AFS. **Guidelines for the use of fishes in research**. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 90p. 2014.

AGOSTINHO et al., 1993. Avaliação da atividade reprodutiva da comunidade de peixes dos primeiros quilômetros a jusante do reservatório de Itaipu. *Unimar* 15 (Supl.): 175-189.

ARAÚJO, A. S. **Composição ictiofaunística e estratégias reprodutivas de quatro espécies de peixes nativos da Bacia Hidrográfica Piranhas - Assu, Rio Grande do Norte**. 2012. 245 f. Tese (Doutorado em Estudos de Comportamento; Psicologia Fisiológica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

ARAÚJO, D. D. A. et al., 2016. **Population structure and reproduction of a migratory fish *Leporinus piau* (Characiformes: Anostomidae) in a semiarid tropical reservoir, Brazil**. *Revista de Biologia Tropical / Journal of Tropical Biology*, Vol. 64 (4): 1369-1381.

ARAYA, P. R.; AGOSTINHO, A. A.; BECHARA, J. A. (2005). **The influence of dam construction on a population of *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847) (Pisces, Anostomidae) in the Yacyreta Reservoir (Argentina)**. *Fisheries Research*, 74 (1), 198-209. Doi: 10.1016/j.fishres.2005.02.007.

BAZZOLI, N. (2003). **Reproductive parameters of fishes of commercial interest at Pirapora region**. In: Godinho HP, Godinho AL (eds) *Waters, fishes, and fishermen of the São Francisco of Minas Gerais*. PUC Minas, Belo Horizonte, Brazil, 291–306.

BRAGA, F. M. S. 2001. **Reprodução de peixes (Osteichthyes) em afluentes do reservatório de volta grande, Rio Grande, Sudeste do Brasil**. *Iheringia*, 91: 67-74.

CARPENTER, S. R., et al. 1998. **Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen**. *Ecological Applications* 8:559–568.

CASATTI, L.; FERREIRA, C. P.; CARVALHO F. R. **Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: an assessment of two tropical pasture river basins**. *Hydrobiologia*. Dordrecht, Netherlands, v. 632, p. 273-283.jun. 2009.

CASIMIRO, A. C. R. et al., 2011. **Reproductive aspects of *Moenkhausia intermedia* Eigenmann, 1908 (Pisces, Characidae) in the Upper Paraná River Basin, Brazil**. *ISRN Zoology*, 2011, 1-8. doi: <http://dx.doi.org/10.5402/2011/802794>.

COLLIER, C. A. **Impactos da ação humana sobre a ictiofauna do Rio Capibaribe: percepção, degradação e conservação**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Etnobiologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

CORBI, J. J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. 2008. **Relationship between sugar cane cultivation and stream macroinvertebrate communities.** Brazilian Archives of Biology and Technology 51(4), 569-579.

CPRH. **Supervisão de Gestão de Recursos Hídricos.** Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/c3.3.pdf>. Acesso em: jun. 2014.

DULCIC, J.; KRALJEVIC, M. 1996. **Weight-length relationships for 40 fish species in the eastern Adriatic (Croatian waters).** Fisheries Research 28 (3):243-251.

FILHO, J. J. S. et al. **Reprodução do peixe piau preto *Leporinus piau* (Fowler, 1941) e as variáveis ambientais do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte.** Biota Amazônia, v. 2, n. 1, p. 10-21, 2012.

GENITO, D.; GBUREK, W. J.; SHARPLEY, A. N. **Response of stream macroinvertebrates to agricultural land cover in a small watershed.** Journal of Freshwater Ecology. La Crosse, WI, USA, v. 17, n.1, p. 109–119, dec. 2002.

GODINHO, H. P. **Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, 31:351-360, 2007.

GURGEL, H. C. B et al. **Aspectos da biologia pesqueira em fêmeas de *Cathrops spixii* Spix & Agassiz, 1829 do estuário do rio Potengi, Natal/RN, com ênfase nos índices biométricos.** Acta Scientiarum, Maringá, v. 22, p. 2, p. 503-505, 2000.

HELFMAN, G. S. et al., 2009. **The diversity of fish: Biology, Evolution and Ecology.** Oxford, England: Wiley-Blackwell.

HILSFORF, A.W. S.; PETRERE JR., M. 2002. **Conservação de peixes na bacia do rio Paraíba do Sul.** Ciência Hoje, 30(180):62-65.

JOBLING, M. **Environmental factors and rates of development and growth.** In: Handbook of fish biology and fisheries, Vol. 1: Fish Biology. P. J. Hart, J. D. Reynolds (Eds). Blackwell Publishing Ltd, Oxford, p. 97–122, 2002.

LE CREN, E. D. **The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*).** J. Anim. Ecol., Oxford, v. 20, p. 201-219, 1951.

LOWE-McCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** São Paulo, Edusp, 534p, 1999.

McCUNE, B.; GRACE, J. B. 2002. **Analysis of ecological communities.** Gleneden Beach: MjM Software.

MONTENEGRO, A. K. A. et al. **Aspects of the feeding and population structure of *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Actinopterygii, Characiformes, Anostomidae) of Taperoá II Dam, semiarid region of Paraíba, Brazil.** Biotemas, v. 23, n. 2, p. 101-110, 2010.

MORLEY, S. A.; KARR, J. R. **Assessing and restoring the health of urban streams in the Puget Sound Basin**. Conservation Biology. American Chemical Society, Washington, DC, USA, v. 16, p. 1498–1509, dez. 2002.

NASCIMENTO, W. S. et al. **Length–weight relationship for seven freshwater fish species from Brazil**. Journal of Applied Ichthyology, v. 28, n. 2, p. 272-274, 2012.

NOVOMESKÁ, A.; KOVÁČ, V. 2009. **Life-history traits of non-native black bullhead *Ameiurus melas* with comments on its invasive potential**. Journal of Applied Ichthyology, 25(1): 79-84.

PAUL, M. J.; MEYER, J. L (2001). **Streams in the urban landscape**. Annual Review of Ecology and Systematics 32: 333-365.

PROJETEC – BRLi. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental**. Projetos Técnicos, Recife, v. 01/03, p. 389, 2010.

REYNOLDS, J. D. “**Biology of the small pelagic fishes in the New Volta Lake in Ghana. Part III: Sex and reproduction,**” Hydrobiologia, vol. 45, no. 4, pp. 489–508, 1974.

RIBEIRO, C. S.; MOREIRA, R. R. **Fatores ambientais e reprodução dos peixes**. Revista da biologia, v.8. p. 58-61. 2012.

ROCHA, A. C. P. V. **Biologia reprodutiva de cinco espécies ornamentais de *Apistogramma* (Teleostei: cichlidae) da reserva de desenvolvimento sustentável Amanã-Amazonas**. 2009. 99p. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior), Instituto de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.

SAMPAIO, E. V.; SATO, Y. (2009). **Aspectos reprodutivos de *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Osteichthyes, Anostomidae) da bacia do rio São Francisco, submetido à desova induzida**. Ciência Animal Brasileira, 10: 157-165.

SANTOS, F. B.; ESTEVES, K. E. (2015). **A Fish-Based Index of Biotic Integrity for the Assessment of Streams Located in a Sugarcane-Dominated Landscape in Southeastern Brazil**. Environmental management, 56(2), 532-548.

SANTOS, F. B.; FERREIRA, F. C.; ESTEVES, K. E. **Assessing the importance of the riparian zone for stream fish communities in a sugarcane dominated landscape (Piracicaba River Basin, Southeast Brazil)**. Environmental Biology of Fishes, 2015.

SATO, Y. **Reprodução de peixes da bacia do rio São Francisco: indução e caracterização de padrões**. 1999. 179 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 1999.

SATO, Y. et al., 2003. Reprodução induzida de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, p. 275-289.

SCHRECK, C. B.; CONTRERAS-SANCHEZ, W.; FITZPATRICK, M. S. (2001). **Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny**. *Aquaculture*, 197(1), 3-24.

SCHULZ, U. H.; MARTINS-JUNIOR, H. ***Astyanax fasciatus* as bioindicator of water pollution of Rio dos Sinos, RS, Brazil**. *Braz. J.Biol.[online]*. 2001, vol.61, n.4, pp.615-622.

VAZZOLER, A. E. A. M.; MENEZES, N. A. 1992. **Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi)**. *Rev. Brasil. Biol.* 52(4):627-640.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: Eduem, 1996.

VIEIRA, E. F.; ISAAC, V. J.; FABRÉ, N. N. **Biologia reprodutiva do tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Teleostei: Serrasalminidae), no Baixo Amazonas, Brasil**. *Acta Amazonica*, Manaus, 29(4):625-638, 1999.

WANG, L.; LYONS, J.; KANEHL, P. **Impacts of urbanization on stream habitat and fish across multiple spatial scales**. *Environmental Management*. New York, NY, USA, v. 28, n.2, p. 255–266, ago. 2001.

WHITFIELD, A. K.; ELLIOTT, M. (2002). **Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future**. *Journal of Fish Biology*, 61, 220-250.

ZUUBIER, P.; VOOREN, J. V. **Sugarcane ethanol: Contributions to climate change mitigation and the environment**. Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2008. 252p.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos presentes estudos, podemos concluir que a espécie *L. piau* apresentou maior atividade alimentar e reprodutiva na área florestada com a presença da mata ciliar. Nessas áreas, observou-se a maior riqueza de itens alimentares e a ocorrência do estágio maturacional maduro. As áreas não florestadas com predomínio da cana-de-açúcar influenciaram negativamente na alimentação e reprodução da espécie, sendo ainda constatado nessas áreas relação com parâmetros abióticos, como o fósforo total e fosfato inorgânico. Nos locais amostrados, a espécie apresentou diferentes hábitos alimentares por se ajustar às condições do ambiente, sendo possível observar a plasticidade trófica do Piau. A espécie ainda altera a sua preferência alimentar e o seu ciclo reprodutivo de acordo com as estações do ano. Essa capacidade da espécie caracteriza o seu comportamento oportunista e estrategista sazonal.

ANEXO I

NORMAS PARA SUBMISSÃO NA REVISTA JOURNAL OF FISH BIOLOGY

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS (Updated February 2018)

The aim of *JFB* is to publish exciting, high quality science that addresses fundamental questions in fish biology. All submissions must be original and not simultaneously submitted to another journal. We publish four categories of papers:

An Original Research Article: This contains new biological insight into any aspect of fish biology, particularly those that report results and ideas of interest and value for our wide international readership. Hence, the novelty of the content of manuscripts should have relevance beyond a particular species or place in which the work was carried out.

A Brief Research Communication: This covers any subject within the scope of *JFB*, but should be confined to a single topical point or issue of progress, such as an unusual occurrence, an interesting observation, a timely finding or an important technical advance. Again, relevance beyond the species or locality under consideration is needed.

A Review Article: This is a concise, critical and creative article that synthesizes and integrates available knowledge, and that stimulates topical debate and new research. Authors should submit a synopsis (two pages maximum) of their paper to an Associate Editor for consideration.

A Comment to the Editor: A brief comment on a recently published research paper in *JFB* may be submitted for publication to the Editor-in-Chief. If accepted, it will be sent to the original authors to provide an opportunity for a **Reply** that will be published along with the comment.

A submission to *JFB* implies that the content has not been submitted for publication elsewhere or previously published except as either a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting/symposium, or MSc/PhD thesis.

All categories of manuscripts are submitted online at <http://jfb.edmgr.com>, where a user ID and password are assigned on the first visit. Full instructions and support are available on this site. The manuscript text (with pagination, line numbering and a legible 12 pt font size) is uploaded as a text file (not as a .pdf). Separate files for any Tables (text files) and Figures (ESP files) are uploaded to the website independently. During submission, authors must identify an appropriate subject area ('Select Section/Category section) to assign a

handling editor and suggest potential referees ('Suggest Reviewers' section). Suggested reviewers are expected to be established experts in the field and be independent of the research under discussion, including the source of funding and the authors' institutions. We strongly recommend that authors use an ORCID iD (a unique author identifier) to help distinguish your work from that of other researchers (for more details visit: <https://authorservices.wiley.com/author-resources/Journal-Authors/submission-peer-review/orcid.html>). If you experience difficulty with your submission, please contact the Managing Editor at: journaloffishbiology@btconnect.com (see Section 7).

Authors should consult recent issues of *JFB* for examples of content, emphasis and presentation. Authors whose first language is not English are encouraged to have their manuscript carefully checked before submission by an expert in English or a native English speaker. Wiley Editing Services (wileyeditingservices.com/en/) offer expert help in English language editing, translation, manuscript formatting and figure preparation to ensure that a manuscript is ready for submission. As *JFB* serves an international community of fish biologists, some conventions are required (see Section 5).

Authors may submit a manuscript using either UK or North American English spelling, with the exception of exact quotations that are placed in quotation marks. Accepted papers will be converted to UK English (the standard is the *Concise Oxford English Dictionary*) during the production process. Latin words, e.g., a genus and species, appear in italics. A cover letter is not mandatory. An Original Research Article consists of 12 essential parts: Title page; Abstract; Significance Statement; Introduction; Materials and Methods; Results; Discussion; Acknowledgements; Contributions; References; Tables and Figures. When appropriate, submissions may include Supporting Information.

ENDEREÇO PARA ACESSO ÀS NORMAS DA REVISTA:

<https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/10958649/homepage/forauthors.html#preparing>