



Variação interanual no recrutamento de larvas de *Mylossoma* (Characidae; Characiformes) no Baixo Amazonas, Pará, Brasil

Interannual variation at the recruitment of larval of *Mylossoma* (Characidae; Characiformes) in Lower Amazon, Pará.

Diego Maia Zacardi^{1,2*}, Silvana Cristina Silva da Ponte^{1,2}, Claudia Sousa Chaves¹, Lucas Silva de Oliveira¹, Ruineris Almada Cajado¹

¹ Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa

² Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa

*Email: dmzacardi@hotmail.com

Recebido 17 de janeiro de 2018: / Aceito 15 de fevereiro de 2018 / Publicado 28 de maio de 2018

Resumo Foi verificado a distribuição espaço-temporal de larvas de *Mylossoma* presentes no trecho baixo do rio Amazonas, em escala interanual, durante amostragens mensais realizada no período de enchente dos anos de 2013 e 2014, no entorno da ilha das Marrecas, Santarém-Pará. As larvas foram obtidas por meio de arrastos subsuperficiais na coluna d'água, utilizando rede de plâncton cônico-cilíndrica (malha de 300 µm). Foram capturadas 24.605 larvas pertencentes ao gênero *Mylossoma*, com 15.794 indivíduos no período reprodutivo de 2013 e 8.811 no período de 2014. As estações de amostragens localizadas próximas as áreas de restingas e enseadas, contribuíram com as maiores densidades de larvas, durante o início do período de enchente (janeiro e fevereiro). A fase larval de pré-flexão foi dominante entre os indivíduos, indicando proximidade dos locais de coleta, com as áreas de desova, que devem estar situadas mais a jusante do rio. Os resultados indicam elevada relação da produção desembarcada com a abundância de larvas no rio, revelando que o esforço de pesca empreendido sobre os adultos compromete o estoque desovante e consequentemente o recrutamento anual dos pacus. Os dados inteiram, ainda, a importância das áreas marginais do rio Amazonas para a dispersão, colonização e desenvolvimento inicial dos pacus (*M. aureum* e *M. albiscopum*), que utilizam estes locais como criadouros naturais, enfatizando a necessidade de preservação e manutenção destes ambientes.

Palavras-chave: distribuição, pacus, recrutamento, berçário, rio Amazonas.

Abstract It was verified the spatio-temporal interannual distribution of *Mylossoma* larvae presents in the lower reach of the Amazon River, Santarém, Pará, during monthly samplings in 2013 and 2014, in the flooding period, in 6 points distributed near to restingas swamp, inlets and steep ruts, surrounding the Marrecas island, Pará. The larvae were obtained by subsurface drags in the water column, using plankton conical cylindrical net (mesh of 300 µm). 24,605 larvae of the *Mylossoma* genus were captured, with 15,794 individuals in the reproductive period of 2013 and 8,811 in the period of 2014. The sampling points are located near areas of restingas swamp and inlets, during the beginning of the flooding period (january and february), contributed with the highest densities of larvae in 2013 and 2014. The pre-bending larval stage was dominant among individuals, indicating proximity of gathering sites, with the spawning areas, which shall be situated further downstream the river. The results indicate high ratio of production landed with the abundance of larvae in the river, revealing that the fishing effort undertaken on adults compromises the spawning stock and consequently the annual recruitment of pacu. Data demonstrate the importance of the marginal areas of the Amazon River for dispersal, colonization and early development of pacu (*M. aureum* and *M. albiscopum*), using these sites as natural breeding, emphasizing the need for preservation and maintenance of these environments.

Palavras-chave: distribution; pacus; recruitment; nursery; Amazon River.

Introdução

Os peixes apresentam adaptações biológicas específicas e estratégias adaptativas, como os movimentos migratórios que permitem a estes organismos enfrentar a heterogeneidade ambiental, tanto temporal quanto espacial, de maneira previsível e que resulta na presença sucessiva de animais de uma mesma espécie em diferentes habitats (Nakatani et al., 2001; Usma et al., 2013; Pareja-Carmona, Jiménez-Segura, Ochoa-Orrego, 2014).

Muitas espécies de peixes apresentam migração reprodutiva e desova total em período de águas altas nos rios da bacia amazônica (Araújo-Lima & Oliveira, 1998; Lucas & Baras, 2001). Dentre estes estão os pacus, do gênero *Mylossoma*, pertencentes ao grupo dos Characiformes. São peixes neotropicais que se destacam por apresentar elevado interesse na pesca comercial e de subsistência no Baixo Amazonas, estando entre as espécies mais desembarcadas e comercializadas nos mercados e feiras da região (Oliveira & Araújo-Lima, 1998; Oliveira, 2000; Bednarski, Miller & Scarnecchia, 2008; Santos-Filho & Batista, 2009).

Estudos de avaliação do ictioplâncton são uma ferramenta importante para fornecer informações sobre a identificação precisa dos sítios de desova e dos locais de berçários, sendo fundamental para a implementação de diretrizes para a gestão dessas áreas, bem como auxiliar na legislação pesqueira e no ordenamento dos estoques (Nakatani et al., 2001; Corrêa, Hermes-Silva, Reynalte-Tataje & Zaniboni-Filho, 2011; Mei, Qiang, Lei & Min, 2013). Estes esclarecimentos são extremamente importantes para monitoramento ecológico, analisando impactos ambientais e desenvolvendo planos de manejo e conservação dos recursos naturais da Amazônia.

Dessa forma, uma análise interanual na variação espaço-temporal das assembleias de larvas de peixes pode delinear as possíveis mudanças dos processos físicos e ser particularmente útil para destacar as adaptações compartilhadas ou contrastantes das espécies no ambiente (Somarakis, Drakopoulos & Filippou, 2002; Politis, Dahlke, Butts, Peck & Trippel, 2014). Assim, os padrões de distribuição e abundância podem contribuir significativamente para a compreensão da biologia reprodutiva das espécies (Doyle et al., 2002), das possíveis rotas de migração e sucessões de recrutamento de populações (Bialetzki et al., 2005; Reynalte-Tataje et al. 2011).

A capacidade e habilidade das populações para resistir as alterações causadas aos estoques naturais (construções de hidrelétricas, pressões de pesca, mudanças ambientais ou outros estressores), é fortemente influenciada pela forma como os estágios iniciais de vida, fase mais vulnerável, respondem a estas alterações do meio (Pankhurst & Munday, 2011, Pörtner & Peck, 2011). As taxas de mortalidade são extremamente altas durante esta fase de desenvolvimento (Leis, 1991; Peck, Huebert & Llopiz, 2012), e diferenças sutis nessas taxas podem causar modificações de grandes proporções no recrutamento interanual (Peck, Huebert & Llopiz, 2012; McLeod, Jones, Jones, Takahashi & McCormick, 2015).

Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a variação da distribuição espaço-temporal da densidade de larvas de pacus (*Mylossoma aureum* e *M. albiscopum*), em escala interanual, durante dois períodos de enchente no trecho inferior do rio Amazonas (de janeiro a abril de 2013 e de janeiro a abril de 2014), na Amazônia Oriental, Pará, Brasil, bem como avaliar o papel das variáveis ambientais que atuam sobre o sucesso reprodutivo destas espécies.

Material e Métodos

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada dentro da planície de inundação da Amazônia Oriental e distante cerca de 27 km da cidade de Santarém, no trecho inferior do rio Amazonas, região do Baixo Amazonas, Pará. O arquipélago da ilha das Marrecas está situado entre os quadrantes dispostos nas latitudes 2°12'41, 86" S e 2°18'52, 90" S, e longitudes 54°45'42, 49" W e 54°43'11,89" W (Figura 1). Este arquipélago é representante do sistema de várzea do Baixo Amazonas formado por processos de sedimentação devido a hidrodinâmica local.

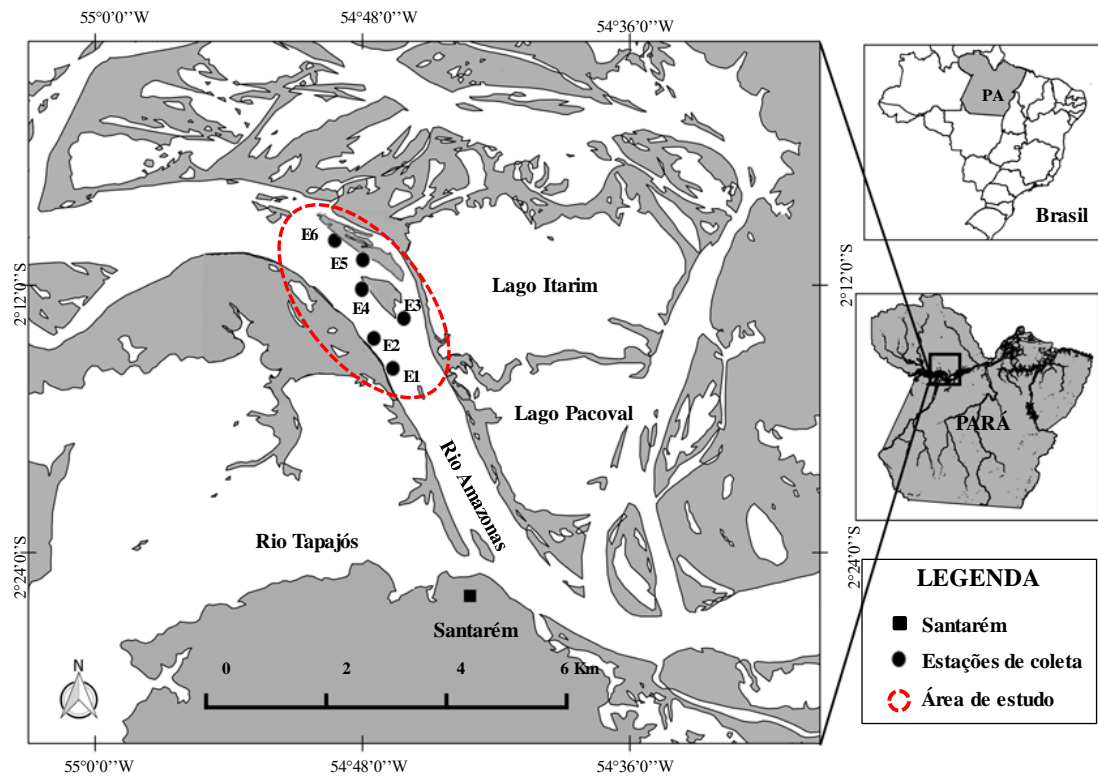


Figura 1. Localização da área de estudo, arquipélago da ilha das Marrecas, trecho inferior do rio Amazonas, Pará.

Atualmente as ilhas estão sujeitas a impactos antrópicos como modificação da mata de várzea para o cultivo (agricultura), pecuária, pesca intensiva e desmatamento fatores que podem está influenciando de forma considerável a ictiofauna residente e temporária deste sistema, mas que neste estudo não foram avaliados.

COLETA DO MATERIAL BIOLÓGICO

As amostras foram obtidas em seis estações de coleta (E1, E2, E3, E4, E5 e E6) distribuídas em áreas próximas às margens do canal do rio e em áreas adjacentes ao arquipélago da Ilha das Marrecas e seguiram regime de amostragem diurna (7 a 18 horas) e noturna (19 as 6 horas), durante os momentos de elevação do nível da água do rio Amazonas de dois ciclos anuais (Ciclo I: de janeiro a abril de 2013 e Ciclo II: de janeiro a abril de 2014). Momento denominado de recrutamento de inundação ou de áreas alagadas, como abordado por Humphries et al. (1999), King et al. (2003) e Mounic-Silva (2009).

Nos dois anos foram realizadas coletas com a mesma estratégia e esforço de amostragem e no mesmo período do ciclo hidrológico (Figura 2), perfazendo um total de 96 amostras ao final do estudo.

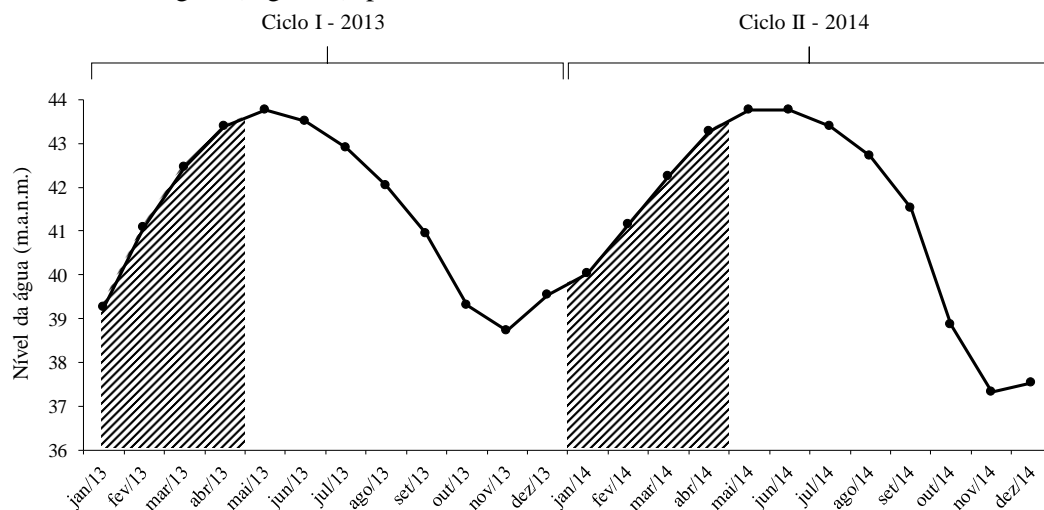


Figura 2: Variação do nível da água durante os ciclos hidrológicos de 2013 e 2014, com a indicação dos momentos de coleta (hachurado), período do recrutamento anual dos Characiformes migradores, no trecho inferior do rio Amazonas, Santarém, Pará. (m.a.n.m.= metros acima do nível do mar).

Foram executadas em cada estação de amostragem coletas ativas na subsuperfície da coluna d'água com rede de plâncton cônica-cilíndrica de boca circular de 60 cm e malha de 300 μm com fluxômetro mecânico acoplado à boca para medir o volume de água filtrada durante os arrastos horizontais (aproximadamente 5 minutos), a bordo de uma embarcação local.

Após cada arrasto, o material biológico foi submetido à benzocaína (250 mg/L) e fixado a bordo com solução formalina a 10%, acondicionados em potes de polietileno de 500 ml devidamente etiquetados e transportados para análise em laboratório.

Concomitantemente à coleta do material biológico foram mensurados “*in loco*” na subsuperfície da coluna d'água (0-1 m), com auxílio de potenciômetros digitais portáteis algumas variáveis abióticas como oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e temperatura da água. Os dados de índice pluviométrico (mm) foram fornecidos pela Estação Meteorológica Agência Nacional das Águas - ANA, e os dados de nível fluviométrico obtidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN localizado no município de Santarém.

PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

Em laboratório o material biológico foi triado, separando as larvas de peixes do material em suspensão, detritos e do plâncton total, com auxílio de pinças e placas de Petri, sob microscópio estereoscópico e posteriormente as larvas de *Mylossoma aureum* e *M. albiscopum* foram quantificadas e identificadas separando-as de acordo com os padrões de pigmentação marcantes ao longo de seu desenvolvimento, segundo proposto por Araújo-Lima, Kirovski e Marca (1993).

Posteriormente os espécimes foram armazenados em frascos de vidro contendo solução formalina a 4% e etiquetados, para constituir uma coleção de referência no Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton, do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará.

ANÁLISE DOS DADOS

A densidade de larvas foi calculada para 10 m³ de água filtrada para cada estação amostrada. Inicialmente os dados foram tratados a partir da densidade de larvas capturadas em cada ciclo anual (I = janeiro a abril de 2013 e II = janeiro a abril de 2014). Para determinar se a densidade de larvas foi diferente entre os dois ciclos de amostragem utilizou-se o teste t - pareado ($\alpha = 0,05$) (Centeno, 1999), com o auxílio do programa Bioestat 5.3 (Ayres et al., 2007).

A análise de variância ANOVA bi-fatorial (two-way Anova) foi utilizada para verificar se houve diferenças na densidade de larvas nas diferentes estações e ciclo anual de amostragem ao longo do trecho estudado. Os pressupostos da Anova foram testados pelo teste de Shapiro-Wilk para normalidade e pelo teste de Levene para homocedasticidade (homogeneidade das médias dos dados). O Teste *a posteriori* de Tukey foi aplicado sempre que diferenças significativas ($p < 0,05$) foram detectadas, utilizando o *software* Statistica 7.0 para as análises.

A influência do volume de produção de pacu (*Mylossoma*) desembarcado nas feiras e mercados da região sobre a densidade de larvas foi examinado por meio de regressão linear. Os pressupostos de linearidade, independência de erros e normalidade foram atendidos.

A relação entre as variáveis ambientais e a distribuição das larvas de *Mylossoma aureum* e *M. albiscopum* foi testada utilizando Análise de Componentes Principais (PCA), a qual reduz a dimensionalidade destas variáveis. Para isso, todas as variáveis ambientais com exceção do pH foram previamente logaritmizadas [$\log_{10}(x+1)$] linearizando as relações entre elas (Peters, 1986), sendo retidos para a interpretação os eixos com autovalores maiores que 1,0, segundo o critério de Kaiser-Guttman (Jackson, 1993), utilizando para esta análise o software PC-ORD versão 5.0 (McCune & Mefford 2006). As variáveis que apresentaram autovetores (correlações) acima de 0,6 foram consideradas importantes para a formação dos eixos da PCA.

Resultados e Discussão

Durante o período de amostragem foram coletados um total de 24.605 larvas pertencentes ao gênero *Mylossoma*, com 15.794 indivíduos capturados no período reprodutivo de 2013 e 8.811 em 2014. As larvas de *Mylossoma albiscopum* apresentaram comprimento padrão entre 4,41 e 7,58 mm e as de *Mylossoma aureum* amplitude de 5,12 e 8,10 mm, com a maioria dos indivíduos em estágio inicial de desenvolvimento ontogenético (pré-flexão), fase de primeira alimentação exógena.

A grande participação das larvas em estágio de pré-flexão, demonstram que os sítios de desova ocorrem bem próximos à área amostrada. Entretanto, a determinação exata do local depende de uma análise mais aprofundada sobre a dinâmica e dispersão dos ovos e larvas. Esse dado é semelhante aos constatados por

Oliveira e Araújo-Lima (1998) nas margens do rio Solimões, que observaram larvas de *Mylossoma* derivando com olhos pigmentados, boca formada ou em processo final de formação, saco vitelínico vestigial ou ausente, melanóforos ao longo do corpo e nadadeira embrionária bem desenvolvida.

Foram detectadas diferenças significativas entre as espécies (Anova, $F= 8,7$; $p= 0,03$), com destaque para as elevadas densidades de *M. albiscopum* em relação a *M. aureum* ao longo dos dois ciclos anuais (Tukey, $p < 0,05$). As larvas de *M. albiscopum* predominaram com 63,30% dos indivíduos capturados e foram as mais abundantes na área de estudo.

As duas espécies apresentaram ampla distribuição espacial, entretanto mostraram comportamento distintos, distribuindo-se de forma heterogênea nas diferentes estações de amostragens, com registro de diferença significativa na variação espacial durante o ciclo I (Anova, $F= 20,94$; $p < 0,01$), mas não apresentaram diferenças significativas no ciclo II ($p > 0,05$).

Durante o primeiro ciclo a estação E1, situada em área próxima a restinga, diferiu dos demais (Tukey, $p < 0,05$) e contribuiu com as maiores densidades de *M. albiscopum* (27,70 larvas/10m³) e *M. aureum* (27,21 larvas/10m³) (Figura 3 A e B). No entanto, durante o segundo ciclo as altas densidades foram restritas a espécie *M. albiscopum* que ocorreu nas estações próximas a enseada (E2 - 17,31 larvas/10m³) e barranco (E4 - 11,52 larvas/10m³) (Figura 3 C).

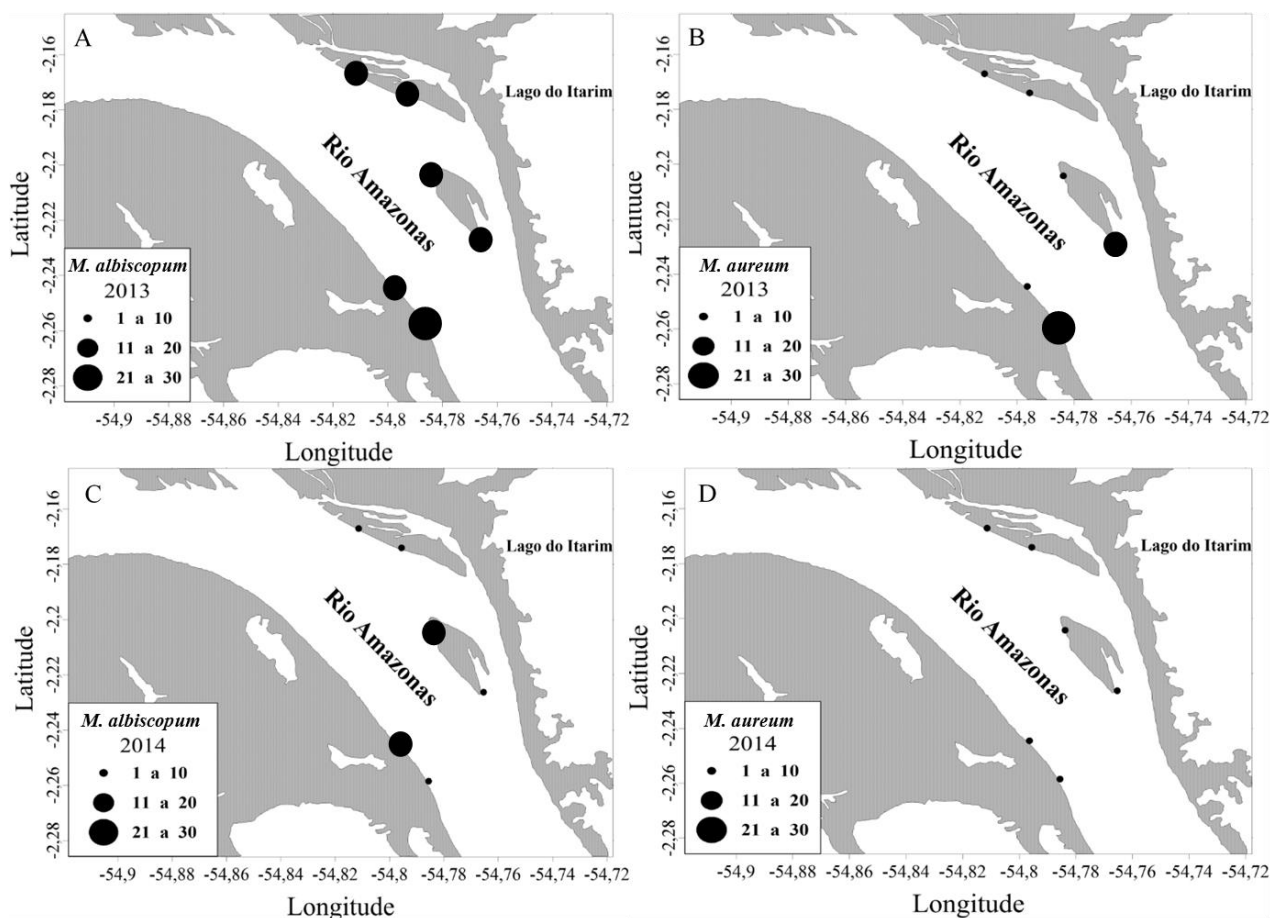


Figura 3. Densidade média de larvas de *M. albiscopum* e *M. aureum* capturadas durante os ciclos I (janeiro a abril de 2013 A e B) e II (janeiro a abril de 2014 C e D), no trecho inferior do rio Amazonas, Santarém, Pará.

Dados similares de distribuição espacial de larvas de *Mylossoma aureum* e *M. albiscopum* também foram verificados em diversos habitats marginais do rio Solimões/Amazonas por Oliveira e Araújo-Lima (1998). Esse padrão parece ser o resultado de um efeito conjunto de estratégia reprodutiva (desovas e deriva larval próxima às margens) e de processos geomorfológicos e hidrodinâmicos do rio. Os autores comentam, ainda, que o rio e as suas margens formam um ambiente com enorme diversidade de habitats e fisionomias complexas que poderiam influenciar a distribuição horizontal das larvas. E consideraram as adaptações comportamentais ou morfofisiológicas destas espécies como fatores que proporcionam maior sucesso de ocupação.

Dados similares de distribuição espacial de larvas de *Mylossoma aureum* e *M. albiscopum* também foram verificados em diversos habitats marginais do rio Solimões/Amazonas por Oliveira e Araújo-Lima (1998). Esse padrão parece ser o resultado de um efeito conjunto de estratégia reprodutiva (desovas e deriva larval

próxima às margens) e de processos geomorfológicos e hidrodinâmicos do rio. Os autores comentam, ainda, que o rio e as suas margens formam um ambiente com enorme diversidade de habitats e fisionomias complexas que poderiam influenciar a distribuição horizontal das larvas. E consideraram as adaptações comportamentais ou morfofisiológicas destas espécies como fatores que proporcionam maior sucesso de ocupação.

O gradiente lateral na densidade do ictioplâncton é influenciado pelas características físicas e processos hidráulicos próprios de cada rio, sendo a localização do canal o fator decisivo para o comportamento das correntes secundárias radiais que determinam a distribuição lateral de dispersão dos ovos e larvas (Oliveira & Araújo-Lima, 1998; Jimenez-Segura, Godinho & Petreire, 2003).

A tendência das larvas de peixes, em determinadas fases de desenvolvimento, por alguns habitats específicos, pode estar ligada às condições ambientais, presença de competidores, suscetibilidade à predação, a disponibilidade e abundância de alimento (Rabeni & Sowa, 1996; Hughes, 2000; Metcalfe, Fraser & Burns, 1999; Grossman, Rincon, Farr & Ratajczak, 2002; King, Humphries & Lake, 2003). Para Silva e Leite (2013), o suprimento alimentar é considerado determinante no estabelecimento e desenvolvimento inicial dos peixes na planície aluvial do sistema Solimões/Amazonas, e pode explicar a preferência das larvas por alguns habitats.

Este comportamento de seleção dos habitats pelas espécies pode não estar associado a um ou dois fatores isolados, mas a um conjunto de condições químicas, físicas e biológicas dos diversos ambientes, assim como sugerido por outros autores (Reynalte-Tataje, Hermes-Silva, Silva, Bialezki & Zaniboni-Filho, 2008). Assim, os ricos ambientes de várzea constituem-se em berçários naturais para as larvas dos peixes que desovam nos rios adjacentes, reforçando a importância destes habitats e da planície de inundação para a preservação e manutenção destes recursos pesqueiros.

A utilização das áreas de restingas e enseadas como zonas de colonização, provavelmente deve-se a baixa velocidade da corrente, facilitando a sedimentação de partículas finas, o aumento de alimento, expansão dos locais de refúgio e, possivelmente, melhores condições de desenvolvimento larval (Zaniboni-Filho & Schulz, 2003). Tais condições possibilitam as espécies a alcançar tamanhos mais restritivos à predação (Jurajda, Ondrackova & Reichard, 2004), maximizando a sobrevivência dos indivíduos, e caracterizando estes ambientes como locais de criação para as espécies de interesse econômico estudadas. Como observado por Werner (2002) e Houde (2002), onde as baixas correntezas é um dos fatores de seleção dos ambientes pelas larvas de peixes.

Os picos de densidade de larvas de *Mylossoma* ocorrem nos primeiros meses da enchente (janeiro e fevereiro), com destaque para a elevada abundância observada no primeiro ciclo de amostragem (Figura 4). Apesar da marcante amplitude numérica dos dados, não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) da densidade para ambas as espécies entre os ciclos anuais ao longo do trecho estudado (Figura 5).

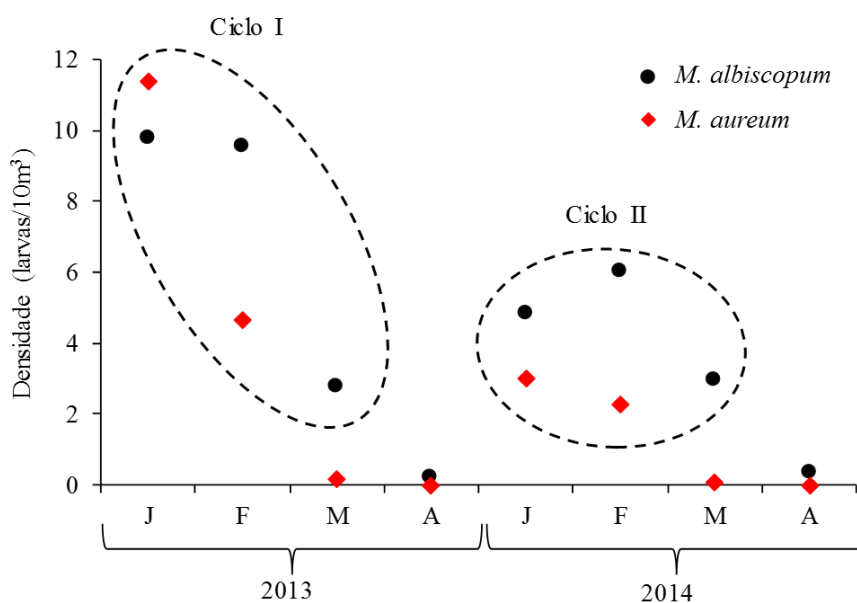


Figura 4. Variação da distribuição temporal da densidade de larvas de *M. albiscopum* e *M. aureum* capturadas durante os meses de amostragem, no trecho inferior do rio Amazonas, Santarém, Pará.

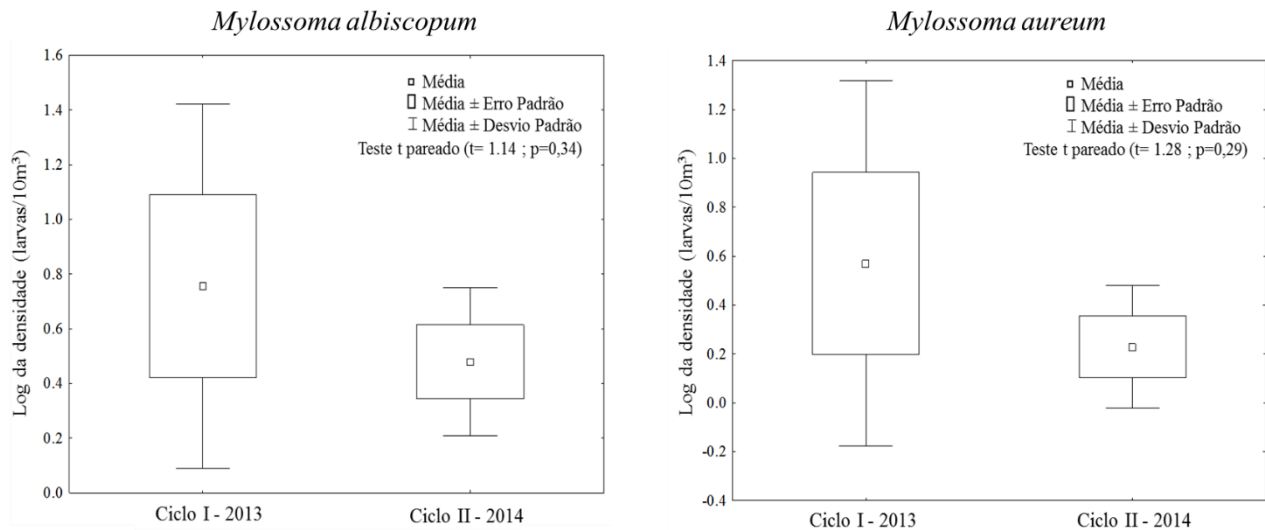


Figura 5. Densidade de larvas de *M. albiscopum* e *M. aureum* capturadas durante os ciclos I (janeiro a abril de 2013) e II (janeiro a abril de 2014), no trecho inferior do rio Amazonas, Santarém, Pará.

A elevada densidade de larvas de *Mylossoma* no início da enchente pode estar diretamente ligado com a estratégia reprodutiva destas espécies. Diversos estudos na Amazônia Central relataram intensificação do período de desova de pacu (*M. albiscopum* e *M. aureum*) entre os meses de dezembro e fevereiro (Paixão, 1980; Lima & Araújo-Lima, 2004; Granado-Lorencio, Araújo-Lima & Lobón-Cervia, 2005), coincidindo com o período de elevação do ciclo hidrológico local.

Pois nesse momento há a formação de novos habitats e maior disponibilidade de alimentos, propiciando condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento inicial (Munro, 1990; Humphries, King & Koehn, 1999; King, Humphries & Lake, 2003; Leite, Silva & Freitas, 2006; Mounic-Silva & Leite, 2013; Ponte et al., 2016).

No entanto, ressalta-se que a maioria das espécies de peixes migradores encontram-se sobre algum grau de ameaça, seja por conta de variações climáticas naturais, que repercutem na dinâmica, composição e estrutura da ictiofauna, ou ainda, por intervenções antrópicas como a intensificação da pesca sobre os estoques pesqueiros (sobrexploração), construção de hidrelétricas (interrupção de rotas migratórias), desmatamento de florestas de várzea e poluição (Bayley & Petrere, 1989; Barthem, Ribeiro & Petrere, 1991; Batista, Isaac & Viana, 2004; Santos-filho & Batista, 2009; Mojica, Usma, Álvares-León & Lasso, 2012; Pareja-Carmona, Jimenez-Segura & Uchoa-Orrego, 2014; Fearnside, 2014), além de distúrbios causados diariamente pela constante movimentação de embarcações motorizadas, comprometendo a integridade, modificando e acelerando a erosão das áreas marginais do rio.

Os dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais explicaram 82,63% da variabilidade dos dados no ciclo I e 81,11% no ciclo II (Tabela 1).

Tabela 1. Contribuição das variáveis ambientais aos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (PCA) obtidas nas estações e meses de coleta durante os ciclos I (janeiro a abril de 2013) e II (janeiro a abril de 2014), no trecho inferior do rio Amazonas, Santarém, Pará.

Variáveis	Ciclo I		Ciclo II	
	PC1	PC2	PC1	PC2
Temperatura	0.2652	-0.7539	0.0825	0.1690
Oxigênio dissolvido	0.4089	0.7757	0.5266	-0.2441
pH	0.8695	-0.2144	-0.5444	0.1184
Condutividade elétrica	0.9599	0.1851	-0.3400	0.5706
Índice pluviométrico	-0.5308	0.7510	0.2842	0.6381
Nível fluviométrico	-0.9202	-0.3152	0.4723	0.4063
Autovalores (λ)	3,04	1,91	3,08	1,77
Variabilidade (%)	50,73	31,90	51,46	29,65

A partir do ordenamento dos dados consegue-se perceber diferenças temporais claras entre as variáveis ambientais ao longo dos meses de amostragens com relação aos dois ciclos de coleta. No primeiro ciclo o eixo 1 apresentou correlação positiva com o pH e a condutividade elétrica em janeiro e fevereiro, coincidindo com os picos de densidade de larvas de pacu, e negativa com o nível fluviométrico em abril. O segundo eixo teve o oxigênio dissolvido e o índice pluviométrico, com valores positivos de correlação (Figura 6).

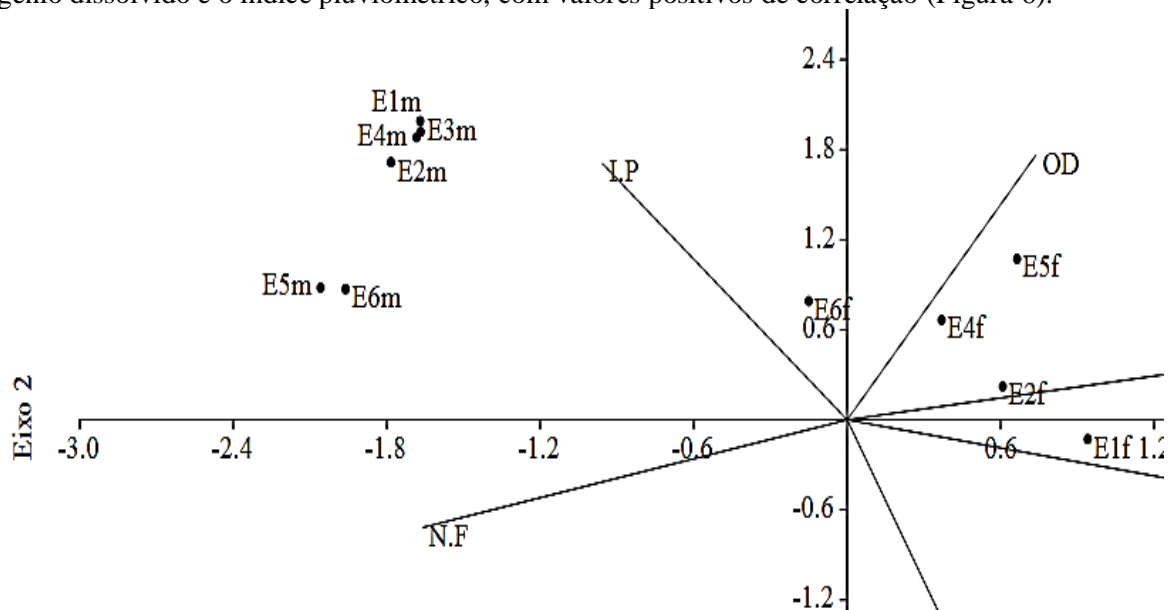


Figura 6. Análises de PCA entre as variáveis ambientais e as estações e meses de amostragens durante o ciclo I (janeiro a abril de 2013), no trecho inferior do rio Amazonas, Santarém, Pará.

No segundo ciclo observa-se que o eixo 1 apresentou correlação positiva com oxigênio dissolvido nas estações durante o mês de abril, e negativa com o pH em amostragens realizadas em fevereiro. O eixo 2 apresentou correlação positiva com o índice pluviométrico e condutividade elétrica no mês de março (Figura 7), vinculados as fortes chuvas da região e crescentes níveis da água do rio.

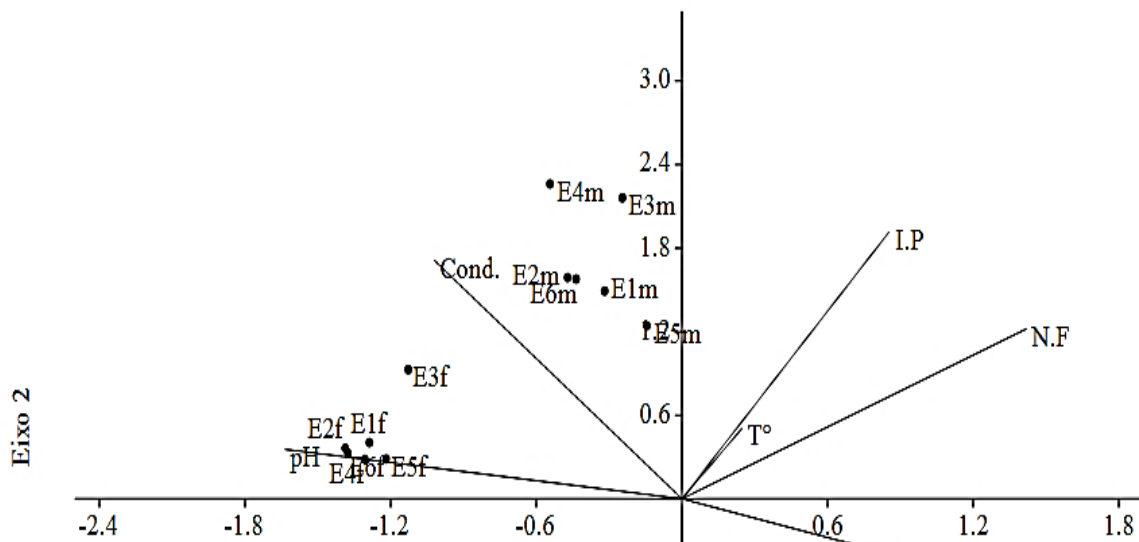


Figura 7. Análises de PCA entre as variáveis ambientais e as estações e meses de amostragens durante o ciclo II (janeiro a abril de 2014), no trecho inferior do rio Amazonas, Santarém, Pará.

Diversos estudos têm atribuídos alguns índices ecológicos como riqueza, composição de espécies e biomassa (Araújo, Pinto & Teixeira 2009; Espírito-Santo, Magnusson, Zuanon, Mendonça & Landeiro, 2009; Silva, 2011), sendo que o índice pluviométrico, nível fluviométrico, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido são frequentemente citados como fatores importantes na ocorrência de espécies, como observado no presente estudo.

As variáveis ambientais não apresentaram grandes alterações entre as estações de amostragem, porém foi verificada diferenças entre os meses quando comparados os anos, podendo observar que não houve variação espacial, apenas variação temporal. Contudo, os estágios iniciais de vida dos peixes constituem um período particularmente sensível às estas alterações ambientais (Kurtz et al., 2004), podendo assim afetar o comportamento, alterar as taxas de sobrevivência e aumentar a mortalidade larval.

Dados do desembarque pesqueiro, nas principais feiras e portos de pescado de Santarém, informam que as capturas de pacus (*M. aureum* e *M. albiscopum*) em 2012, perfizeram 39.857 kg e em 2013 duplicou para 86.970 kg (Silva et al., 2017), revelando indícios de que o aumento anual do esforço de pesca ocorrido em 2013 para *M. aureum* e *M. albiscopum*, como causa da diminuição das capturas e baixas densidades de larvas em 2014 (Figura 8), quando comparados aos valores de 2013.

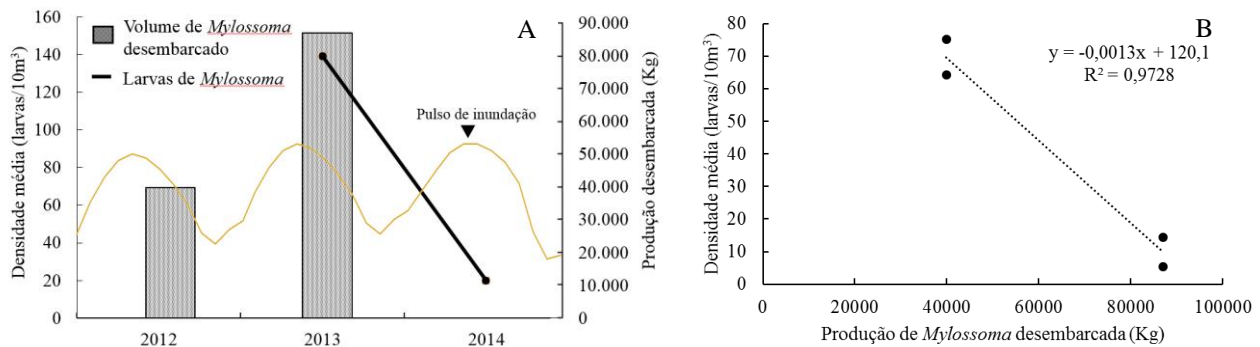


Figura 8. A - Variabilidade anual da densidade de larvas de *Mylossoma* durante os anos de 2013 e 2014 e da produção anual de pacu (*Mylossoma*) desembarcada em 2012 e 2013, nos principais portos da cidade de Santarém; B - Regressão Linear indicando elevada relação de dependência da densidade média de larvas de *Mylossoma aureum* e *M. albiscopum* com a produção desembarcada.

O volume desembarcado no ano anterior influencia o estoque desovante, comprometendo a abundância de larvas de peixes e, conseqüentemente o recrutamento anual das espécies. Essas oscilações de densidade com grande redução de larvas de peixes de interesse econômico, associado ao intenso esforço de pesca e ao fracasso processo de gestão do uso sustentável dos recursos pesqueiros na região, podem levar a uma crise de depleção dos estoques, comprometer a viabilidade comercial das pescarias e culminar em reflexos sociais e econômicos negativos para o Baixo Amazonas.

Contudo, vale ressaltar que esses resultados são pontos referenciais e que necessitam ser considerados na definição de ações de manejo da pesca a médio e longo prazo, devendo ser tema prioritário de investigação para as principais espécies exploradas na região.

Conclusões

A ocorrência e densidade de larvas de pacus registradas, demonstra a importância das áreas marginais ao longo deste trecho do rio Amazonas como área de dispersão, colonização e berçário, sendo fundamentais. Os dados exibem variação interanual na abundância de larvas de pacus (*M. albiscopum* e *M. aureum*), que derivam ao longo do trecho estudado. Essas modificações podem estar vinculadas ao aumento da pluviosidade, a cota do rio e ao volume de produção desembarcada, revelando que o esforço de pesca empreendido sobre os adultos compromete o estoque desovante e conseqüentemente o recrutamento larval anual dos pacus. Esses fatores influenciam direta e indiretamente a intensidade de desova, contribuindo para a variação de densidade de larvas entre os anos.

Ressalta-se que o trecho baixo do rio Amazonas oferece um serviço ecossistêmico de grande relevância, desempenhando um papel crucial para o recrutamento biológico das espécies estudadas, justificando a necessidade prioritária de proteção e manejo adequados para estes locais, visando a manutenção da pesca em todo Baixo Amazonas.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Oeste do Pará pela concessão de bolsas e por apoiar o projeto de pesquisa. Ao Laboratório de Geoinformação Aquática em nome do professor Dr. Keid Nolan Silva Sousa por ceder dados de produção de pescado desembarcado e aos amigos do Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton (ICTA/Ufopa) pelos auxílios e assistências no trabalho de campo e nas análises laboratoriais.

Referências

- Araújo, F.G., Pinto, B.C.T. & Teixeira, T.P. (2009). Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in southeastern Brazil: evaluating environmental influences and some concepts in river ecology. *Hydrobiologia*, 618: 89-107. Doi 10.1007/s10750-008-9551-5
- Araújo-Lima, C.A.R.M. & Oliveira, E.C. (1998). Transport of larval fish in the Amazon. Brazil. *Journal of Fish Biology*, 53: 297-306. Doi 10.1111/j.1095-8649.1998.tb01033.x
- Araújo-Lima, C.A.R.M., Kirovsky, A.L. & Marca, A.G. (1993). As larvas dos pacus, *Mylossoma* spp. (Teleostei; Characidae), da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Biologia*, 53: 591-600.
- Ayres, M., Ayres Junior, M., Ayres, D.L. & Santos A.S. (2007). *Bioestat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.
- Barthem, R.B., Ribeiro, M.C.B.L. & Petrere, M.J. (1991). Life strategies of some long-distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation*, 55: 339-345. Doi 10.1016/0006-3207(91)90037-A
- Batista, V.S.; Isaac, V.J. & Viana, J.P. (2004). Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: M.L. Ruffino (Ed.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira* (pp.63-152). Manaus: Ibama/Provárzea.
- Bayley, P.B. & Petrere, M.J. 1989. Amazon fisheries: assessment methods, current status and management points. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106: 385-398.
- Bednarski, J., Miller, S.E. & Scarnecchia, D.L. (2008). Larval fish catches in the lower Milk River, Montana in relation to timing and magnitude of spring discharge. *River Research and Applications*, 24: 844-851. Doi 10.1002/rra.1098
- Bialezki, A., Nakatani, K., Sanches, P.V., Baumgartner, G. & Gomes, L.C. (2005). Larval fish assemblage in the Baía River (Mato Grosso do Sul State, Brazil): temporal and spatial patterns. *Environmental Biology of Fishes*, 73:37-47. Doi 10.1007/s10641-004-3795-3
- Centeno, A.J. (1999). *Curso de estatística aplicada à biologia*. Goiânia: Editora da Universidade Federal de Goiás.
- Corrêa, R.N., Hermes-Silva, S., Reynalte-Tataje, D. & Zaniboni-Filho, E. (2011). Distribution and abundance of fish eggs and larvae in three tributaries of the Upper Uruguay River (Brazil). *Environmental Biology of Fishes*, 91:51-61. Doi 10.1007/s10641-010-9759-x
- Doyle, M.J., Mier, K.L., Busby, M.S. & Brodeur, R.D. (2002). Regional variation in springtime ichthyoplankton assemblages in the northeast Pacific Ocean. *Progress in Oceanography*, 53, 247-281. Doi 10.1016/S0079-6611(02)00033-2
- Espirito-Santo, H.M.V., Magnusson, W.E., Zuanon, J., Mendonça, F.P. & Landeiro, V.L. (2009). Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. *Freshwater Biology*, 54: 536-548. Doi 10.1111/j.1365-2427.2008.02129.x
- Fearnside, P.M. (2014). Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy*, 38: 164-172. Doi 10.1016/j.envsci.2013.11.004.
- Granado-Lorencio, C., Araújo-Lima, C.A.R.M. & Lobón-Cerviá, J. (2005). Abundance-distribution relationships in fish assembly of the Amazonas floodplain lakes. *Ecography*, 28: 515-520. Doi 10.1111/j.0906-7590.2005.04176.x
- Grossman, G.D., Rincon, P.A., Farr, M.D. & Ratajczak, R.E. (2002). A new optimal foraging model predicts habitat use by drift-feeding stream minnows. *Ecology of Freshwater Fish*, 11: 2-10. Doi 10.1034/j.1600-0633.2002.110102.x
- Houde, E.D. (2002). Mortality. In: L.A. Fuiman & R.G. Werner (Eds.). *Fishery science: the unique contributions of early life stages*. Oxford: Blackwell science.
- Hughes, N.F. (2000). Testing the ability of habitat selection theory to predict interannual movement patterns of a drift-feeding salmonid. *Ecology of Freshwater Fish*, 9: 4-8. Doi 10.1034/j.1600-0633.2000.90102.x
- Humphries, P., King, A.J. & Koehn, J.D. (1999). Fish flows and flood plains: links between freshwater fishes and their environment in the Murray-Darling River system Australia. *Environmental Biology of Fish*, 56: 129-151. Doi 10.1023/A:1007536009916.
- Jackson, D.A. (1993). Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and Statistical approaches. *Ecology*, 74(8): 2204-2214. Doi 10.2307/1939574

- Jimenez-Segura, L.F., Godinho, A.L. & Petreere, M.J. (2003). As desovas de peixes no Alto-médio São Francisco. In: H.P. Godinho & A.L. Godinho. *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais* (pp.373-387). Belo Horizonte: PUCMinas.
- Jurajda, P., Ondrackova, M. & Reichard, M. (2004). Managed flooding as a tool for supporting natural fish reproduction in man-made lentic bodies. *Fisheries Management and Ecology*, 11: 237-242. Doi 10.1111/j.1365-2400.2004.00398.x
- King, A.J., Humphries, P. & Lake, P.S. (2003). Fish recruitment on floodplains: the roles of patterns of flooding and life history characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60: 773-786. Doi 10.1139/f03-057
- Kurtz, F.W., Mello, M.C. & Andrade, J.L. (2004). Distribuição e abundância de larvas de peixes durante os verões de 2002/03 e 2003/04 nos estreitos de Bransfield e Gerlache, Península Antártica. In: *XII Seminário sobre Pesquisa Antártica* (p.52). São Paulo: Livro de Resumos do XII Seminário sobre Pesquisa Antártica.
- Leis, J.M. (1991). The pelagic stage of reef fishes: the larval biology of coral reef fishes. In: P.F. Sale (Ed). *The ecology of fishes on coral reefs* (pp.183-230). San Diego: Academic Press, San Diego.
- Leite, R.G., Silva, J.V.V. & Freitas, C.E. (2006). Abundância e distribuição das larvas de peixes no Lago Catalão e no encontro dos rios Solimões e Negro, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 36(4): 557-562. Doi 10.1590/S0044-59672006000400018
- Lima, A.C. & Araújo-Lima, C.A.R.M. (2004). The distribution of larval and juveniles fishes in Amazonian rivers of the different nutrients status. *Freshwater Biology*, 49: 787-800. Doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01228.x
- Lucas, M.C. & Baras, E. (2001). *Migration of freshwater fishes*. Osney Mead: Blackwell Science.
- McCune, B. & Mefford, M.J. (2006). *PC-ORD version 5.0: Multivariate analysis of ecological data*. Glaneden Beach: MJM Software Desing.
- McLeod, I.M., Jones, R.E., Jones, G.P., Takahashi, M. & McCormick, M.I. (2015). Interannual variation in the larval development of a coral reef fish in response to temperature and associated environmental factors. *Marine Biology*, 12: 2379-2389. Doi 10.1007/s00227-015-2765-y.
- Mei, J., Xin-Qiang, X., Lei, L. & Min, Q.W. (2013). Annual variability of ichthyoplankton in the Yangtze River estuary of China from August 2002 to 2009. *Oceanological and Hidrobiological Studies*, 42(1): 59-69. Doi 10.2478/s13545-013-0060-4
- Metcalf, N.B., Fraser, N.H.C. & Burns, M.D. (1999). Food availability and the nocturnal versus diurnal foraging trade-off in juvenile salmon. *Journal of Animal Ecology*, 68: 371-381. Doi 10.1046/j.1365-2656.1999.00289.x
- Mojica, J.I., Usma, J.S., Álvares-León, R. & Lasso, C.A. (2012). *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia - 2012*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.
- Mounic-Silva, C.E. (1999). Abundância de juvenis do ano de Characiformes migradores em áreas de várzea do Baixo rio Solimões (Amazonas, Brasil). [Dissertação de Mestrado]. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas.
- Mounic-Silva, C.E. & Leite, R.G. (2013). Abundance of young-of-the-year migratory Characiforms in floodplain areas of the middle Solimões-Amazon River at flooding 2007/2008. *Journal of Applied Ichthyology*, 29: 118-124. Doi 10.1111/j.1439-0426.2012.02047.x
- Munro, A.D. (1990). General introduction. In: A.D. Munro, A.P. Scott, T.J. Lam. (Eds.). *Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences*. Floripa: Press.
- Nakatani, K., Agostinho, A.A., Baumgartner, G., Bialezki, A., Sanches, P.V., Makrakis, M.C., Pavanelli, C.S. (2001). *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. Maringá: UEM: Eletrobrás.
- Oliveira, E.C. & Araújo-Lima, C.A.R.M. (1998). Distribuição das larvas de *Mylossoma aureum* e *M. duriventre* (Pisces: Serrasalimidae) nas margens do rio Solimões, AM. *Revista Brasileira de Biologia*, 58(3): 349-358. Doi 10.1590/S0034-71081998000300002
- Oliveira, E.C. (2000). Distribuição sazonal das larvas de *Mylossoma aureum* e *M. duriventre* (Osteichthyes: Serrasalimidae) na costa do Catalão, rio Amazonas, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 30(1): 155-166. Doi 10.1590/1809-43922000301166.
- Paixão, I.M.P. (1980). Estudo da Alimentação e Reprodução de *Mylossoma duriventre* Cuvier, 1818 (Pisces, Characoidei), do lago Janauacá, AM, Brasil. [Dissertação de Mestrado]. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas.

- Pankhurst, N. W. & Munday, P.L. (2011). Effect of climate change on fish reproduction and early life history stages. *Marine and Freshwater Research*, 62(9): 1015-1026. Doi 10.1071/MF10269
- Pareja-Carmona, M.I., Jiménez-Segura, L.F. & Ochoa-Orrego, L.E. (2014). Variación espacio-temporal de las larvas de tres especies de peces migratorios en el cauce del río Magdalena (Colombia), durante el ciclo hidrológico 2006-2007. *Actualidades Biológicas*, 36(100): 33-38.
- Peck, M.A., Huebert, K.B. & Llopiz, J.K. (2012). Intrinsic and extrinsic factors driving match-mismatch dynamics during the early life history of marine fishes. *Advances in Ecological Research*, 47: 177-302. Doi 10.1016/B978-0-12-398315-2.00003-X
- Peters, R.K. (1986). The role of prediction in limnology. *Limnology and Oceanography*, 31: 1143-1159. Doi 10.4319/lo.1986.31.5.1143
- Politis, S.N., Dahlke, F.T., Butts, I.A., Peck, M.A. & Trippel, E.A. (2014): Temperature, paternity and asynchronous hatching influence early developmental characteristics of larval Atlantic cod, *Gadus morhua*, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 459:70-79. Doi 10.1016/j.jembe.2014.05.020
- Ponte, S.C.S., Ferreira, L.C., Bittencourt, S.C.S., Queiroz, H.L. & Zacardi, D.M. (2016). Variação espacial e temporal das larvas de *Triportheus* (Characiformes, Triporthidae), no médio rio Solimões, Amazônia Central, Brasil. *Acta of Fisheries Aquatic Research*, 4(2): 71-81. Doi 10.2312/ActaFish.2016.4.2.71-81
- Pörtner, M.A. & Peck, H.O. (2011). Effects of climate change. In: A.P. Farrell. (Ed). *Encyclopedia of fish physiology* (pp1738-1745). San Diego: Academic Press.
- Rabeni, C.F. & Sowa, S.P. (1996). Integrating biological realism into habitat restoration and conservation strategies for small streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 252-259. Doi 10.1139/96-259
- Reynalte-Tataje, D.A., Hermes-Silva, S., Silva, P.A., Bialecki, A. & Zaniboni-Filho, E. (2008). Locais de crescimento de larvas de peixes na região do Alto Rio Uruguai (Brasil). In: E, Zaniboni-Filho & A.P.O. Nuñez. (Eds.). *Reservatório de Itá: Estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologia e conservação da ictiofauna*. (pp.159-194). Florianópolis: Editora UFSC.
- Reynalte-Tataje, D.A., Nakatani, K., Fernandes, R., Agostinho, A.A. & Bialecki, A. (2011). Temporal distribution of ichthyoplankton in the Ivinhema River (Mato Grosso do Sul State/ Brazil): influence of environmental variables. *Neotropical Ichthyology*, 9(2): 427-436. Doi 10.1590/S1679-62252011005000017
- Santos-Filho, L.C. & Batista, V.S. (2009). Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. *Zoologia*, 26: 195-203. Doi 10.1590/S1984-46702009000200001
- Silva, G.S. & Leite, R.G. (2013). Alimentação e ontogenia trófica de juvenis de Characiformes em bancos de macrófitas aquáticas no rio Solimões/Amazonas. *Revista Colombiana de Ciência Animal*, 5(2): 327-339. Doi 10.24188/recia.y5n2.2013.297
- Silva, L.M.A. (2011). A relação entre peixes e habitat: métodos de análises. *Estação Científica*, 1(2): 17-29.
- Somarakis, S., Drakopoulos, P. & Filippou, V. (2002). Distribution and abundance of larval fish in the northern Aegean Sea – eastern Mediterranean – in relation to early summer oceanographic conditions. *Journal of Plankton Research*, 24(4), 339-357. Doi 10.1093/plankt/24.4.339
- Usma, S., Villa-Navarro, F., Lasso, C. Castro, F., Zuñiga, P.T., Cipamocha, C.A.,... Suarez, J.T. (2013). Peces dulceacuícolas migratorios. In: I.A. Zapata & S. Usma (Eds.). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Werner, R.G. (2002). Habitat requirement. In: L.A. Fuiman & R.G. Werner. (Eds.). *Fishery science: the unique contributions of early life stages* (pp.161-172). Oxford: Blackwell science.
- Zaniboni-Filho, E. & Schulz, U.H. (2003). Migratory fishes of the Uruguay River. In: J. Carolsfeld, B. Harvey, A. Baer & C. Ross. (Eds.). *Migratory fishes of the South America: biology, social importance and conservation status* (pp.135-168). Victoria: World Fisheries Trust.