

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E
MANEJO DE RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

ALCIONE REFATTI

FOZ DO RIO IGUAÇU COMO ROTA ALTERNATIVA PARA A REPRODUÇÃO
DE PEIXES: JUSANTE DAS CATARATAS DO IGUAÇU

CASCAVEL-PR
Fevereiro/2015

ALCIONE REFATTI

FOZ DO RIO IGUAÇU COMO ROTA ALTERNATIVA PARA A REPRODUÇÃO
DE PEIXES: JUSANTE DAS CATARATAS DO IGUAÇU

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Área de Concentração: Conservação e Manejo de Recursos Naturais

Orientadora: Dra. Maristela Cavicchioli Makrakis

CASCADEL-PR

Fevereiro/2015

ALCIONE REFATTI

FOZ DO RIO IGUAÇU COMO ROTA ALTERNATIVA PARA A REPRODUÇÃO
DE PEIXES: JUSANTE DAS CATARATAS DO IGUAÇU

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais-Nível de Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, pela comissão Examinadora composta pelos membros:

Prof. Dra. Maristela Cavicchioli Makrakis
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dra. Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Sergio Makrakis
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovada em: 24 de fevereiro de 2015

Local da defesa: Unioeste, Predio de Salas de Aula, sala 58, Cascavel-PR.

Dedicatória

A minha irmã e meus pais. Pelo incentivo e força nessa caminhada

“Você é um peixão em um pequeno lago, mas aqui é o oceano.”

(Big Fish)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Minha Orientadora Maristela pelo esforço e dedicação em me ensinar, muito do que sei hoje;

A professora Elaine, por toda a dedicação com o meu trabalho, me mostrando sempre os melhores caminhos;

Ao professor Sergio por todas as contribuições e dicas valiosas;

Ao Grupo GETECH, que de uma forma e outra contribuíram nesse trabalho, sempre dando uma dica aqui outra ali, e nas coletas dos dados;

Ao ICMBio-Parque Nacional do Iguaçu e ao Macuco Safari pelo apoio logístico e financeiro a pesquisa;

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao SIMEPAR pelo fornecimento dos dados de vazão e precipitação;

A minha família, que sempre esteve presente, me dando toda a força, e não me deixando desistir;

A Minha irmã que sempre contribuiu muito para o meu crescimento profissional, me corrigindo e me orientando a ir sempre pelos melhores caminhos;

Ao Dhonatan que sempre esteve ao meu lado, me ajudando nas coletas, e na escrita.

Sumário

Resumo	i
Abstract	i
Introdução	1
Material e Métodos.....	3
Área de estudo.....	3
Amostragens e análise de dados.....	5
Resultados	7
Discussão.....	16
Referências	21

Resumo

Padrões de dispersão de peixes na fase inicial da vida foram avaliados no rio Iguaçu no Parque Nacional do Iguaçu, Brasil-Argentina. A amostragem foi realizada no trecho de 20 km, da jusante das Cataratas do Iguaçu até a foz com o rio Paraná, ao longo de três estações de desova (2011-2014). Maiores densidades de ovos ocorreram especialmente em dezembro, em 2012-2013. A deriva de ovos foi elevada por todo trecho, no entanto, os estágios iniciais de desenvolvimento foram mais abundantes no trecho mais próximo à jusante das Cataratas do Iguaçu, enquanto os estágios mais avançados aumentaram na foz com o rio Paraná. A deriva de larvas foi baixa, com predominância dos estágios de pré-flexão e flexão, especialmente próximo das Cataratas do Iguaçu. Nossos resultados revelaram elevada deriva de ovos flutuantes destacando a desova dos peixes nas águas rápidas e turbulentas do rio Iguaçu, particularmente a jusante das Cataratas do Iguaçu, e a precipitação pode ser um gatilho para a desova. Ovos derivam passivamente pelo fluxo rápido em direção a foz (5-11 horas), provavelmente a maioria deles eclode no rio Paraná, e as larvas provavelmente dispersam para habitats berçários no rio Paraná. Além disso, as zonas costeiras ao longo do trecho podem fornecer habitats para o desenvolvimento larval.

Palavras-chave: deriva, larvas, desova, rios.

Abstract

Dispersal patterns of early life stages of fish were evaluated in the Iguaçu River at Iguaçu National Park, Brazil-Argentina. Sampling was conducted in the stretch of 20 km, downstream the Iguaçu Falls to the mouth with Paraná River, over three spawning seasons (2011-2014). Higher densities of eggs drifting occurred especially in December, in 2012-2013. The eggs drift was high through all stretch, however, early stage of development was more abundant nearest downstream Iguaçu Falls, while later stages increased into the mouth. The larvae density drift was low, with predominance of preflexion and flexion stages, especially near the Iguaçu Falls. Our results revealed high drift of buoyant eggs highlighting fish spawning in the rapid and turbulent waters of the Iguaçu River, particularly downstream the Iguaçu Falls, and rainfall could be trigger to spawning. Eggs drift passively by rapid flow towards the mouth (5-11 hours), probably most of them hatch in the Paraná River, and the larvae disperse to nursery habitats likely in Paraná River. Additionally, inshore zones along the stretch may provide habitats for the larval development.

Key words: Drift, larvae, spawning, rivers

Introdução

Condições adequadas para a reprodução de peixes são essenciais, porque organismos no estágio inicial de vida são vulneráveis e necessitam de um transporte bem-sucedido para as áreas de desova e berçários (Lechner et al. 2014a). Eles desovam durante um período específico que coincide com fatores ambientais adequadas para a sobrevivência da prole (Humphries, 2005). Portanto, a escolha dos locais de desova depende de tempo e são críticas para assegurar a sobrevivência dos ovos e o transporte para as áreas de crescimento (Hinckley et al., 2001; Ciannelli et al., 2014).

A deriva é um mecanismo de transporte que permite a dispersão de ovos e larvas das áreas de desova para os berçários (Sonny et al., 2006). Ela pode ajudar a evitar predadores (Zitek et al., 2004), e na procura de locais com alimento disponível, e temperatura adequada para o seu desenvolvimento (Schiemer et al., 2003). Espécies pelágicas têm dispersão passiva, enquanto completam o período embrionário (Urho, 1999), a distância percorrida dependerá da distância entre os habitats críticos (desova e criadouros), estágio de desenvolvimento e das condições ambientais (van der Molen et al., 2007).

A chance de sobrevivência da prole é maximizada quando os locais de desova estão localizados acima dos viveiros (Werner, 2002). Um padrão longitudinal do ictioplâncton geralmente ocorre; ovos são mais abundantes no curso superior do rio e há aumento de larvas para a foz (Baumgartner et al., 2004). Um pico sazonal na abundância da deriva é normalmente encontrado nas primeiras semanas após a eclosão (Reichard et al., 2004). Além disso, a elevada densidade de ovos combinados com o estágio de desenvolvimento permitem inferir a localização dos locais de desova e desenvolvimento (Reynalte-Tataje et al., 2008). No entanto, peixes neotropicais que habitam os mesmos ambientes altamente sazonais exibem uma variedade de diferentes padrões de histórias de vida (Winemiller e Rose, 1992). Espécies de peixes podem mostrar diferenças na escolha de locais de desova. Algumas espécies desovam em águas rasas ou vegetação e seus descendentes permanecem na área de desova durante o período larval e juvenil, enquanto outras

desovam em águas correntes e recorrerem a diferentes habitats para o desenvolvimento e o crescimento (Werner, 2002).

Considerando que a dispersão é um componente chave das estratégias da história de vida das espécies de peixes (Zimmer et al. 2009), identificar gatilhos e padrões de dispersão das fases iniciais de vida de peixes são fundamentais para compreender a taxa de mudança larval entre os locais de desova e viveiros (Lechner et al., 2014a). Em grandes rios, a dispersão do ictioplâncton é muitas vezes referida como a deriva passiva (Pavlov, 1994). O transporte de ovos e larvas combinam elementos passivos relacionados a fatores abióticos. Deriva-relacionada ao comportamento das larvas de peixes em ambientes lóticos tem sido influenciada por processos hidrológicos e hidráulicos (Lechner et al., 2014b). No entanto, apesar da importância desses recursos nas fases iniciais de vida dos peixes em rios, estudos, neste contexto, ainda são escassos (Lechner et al., 2016), e a influência da vazão ou a velocidade do fluxo na dispersão de ictioplâncton não foi investigada até agora para diversos rios na região da América do Sul.

O rio Iguaçu, o maior e mais importante afluente do médio rio Paraná, especificamente no trecho a jusante das Cataratas do Iguaçu (Parque Nacional do Iguaçu) até a foz com o rio Paraná, é um vale em forma de V, rápido fluxo e alta turbulência e ausência de lagoas marginais. Considerando que muitas espécies de peixes ocorrem neste trecho (Santos 2013), nós investigamos o tempo de deriva e padrões de dispersão dos estágios iniciais de vida associados às variáveis abióticas ao longo de três épocas de desova. Nossa hipótese é que na desova dos peixes a jusante das Cataratas do Iguaçu, os ovos são transportados passivamente pelo fluxo ao longo do rio Iguaçu, e a eclosão ocorre no Rio Paraná. Assim, deve-se esperar encontrar: a) gatilho de deriva; b) tempo deriva para a dispersão das fases iniciais; e c) padrões de dispersão de ovos e larvas de peixes ao longo deste trecho.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no rio Iguaçu, um afluente do Médio Rio Paraná, especificamente numa extensão de cerca de 20 km, que compreende a jusante das Cataratas do Iguaçu até a foz com o rio Paraná (Figura. 1). As Cataratas do Iguaçu são uma das maiores cachoeiras do mundo, um Património Mundial da UNESCO. Elas estão na fronteira entre o Estado do Paraná e a província de Misiones na Argentina, e cercado por dois parques nacionais (Brasil/Argentina). O turismo mais espetacular do Parque Nacional do Iguaçu, são as cataratas que se estendem ao longo de 2700 metros em uma forma semicircular. No trecho a jusante das Cataratas do Iguaçu, o Rio Iguaçu tem uma série de corredeiras, devido ao grande volume de água de cachoeiras, leito rochoso e altas encostas (0,45 m / km). Nesta área, o Rio Iguaçu flui em uma garganta profunda no rio Paraná, onde há ausência de lagoas marginais, e sua foz está localizada a 30km a jusante da Usina de Itaipu. A maior parte do trecho avaliado (14 km) está localizada no Parque Nacional do Iguaçu. No entanto, os outros 6 km estão fora da área de cobertura do parque, com alta ação antrópica.

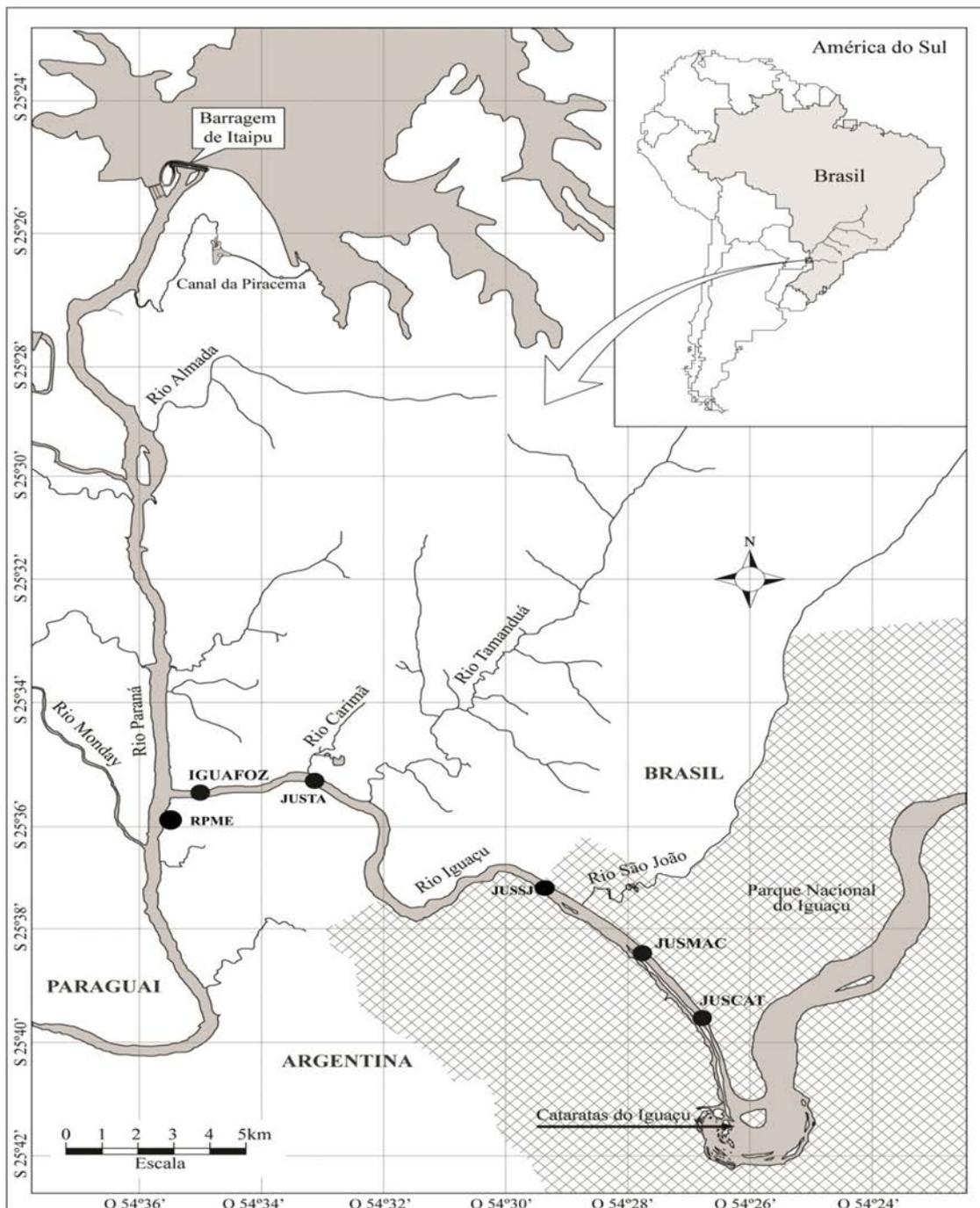


Figura 1. Locais de amostragem de ictioplâncton (R1, R2, R3, R4, R5 e RP) e as secções (S1, S2 e S3), da jusante das Cataratas do Iguazu até a foz com o rio Paraná.

Amostragens de ictioplâncton foram realizadas em seis pontos distribuídos a jusante das Cataratas do Iguazu até a foz com o rio Paraná (Figura. 1), autorizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (Número de licença: 25648-1, 25648-2, 25648-3, e 25.648-4). Entre esses locais, três estão localizados no Parque Nacional do

Iguaçu (R1, R2, R3) e três estão localizados fora da abrangência do parque (R4, R5 e RP). A largura média do rio Iguaçu no trecho amostrado é de 237 metros.

Os locais R1, R2 e R3 são caracterizados pela alta turbulência, corredeiras, as margens que contêm formação rochosa e zona ribeirinha estão bem preservadas. Além disso, os locais R2 e R3 apresentam áreas de remanso. R4, R5 e RP (localizado na margem esquerda do rio Paraná, perto da foz do Rio Iguaçu) possuem águas menos turbulentas, arbustos predominam nas margens e a zona ribeirinha é reduzida devido à área urbana e porto de extração de areia. A pesca é permitida no R4, R5 e RP.

Amostragens e análise de dados

Coletas de ovos e larvas de peixes foram realizadas mensalmente de outubro a março de 2011-2014, em três épocas de desova. Uma rede de plâncton cônico-cilíndrica (0,5 mm de diâmetro), equipado com um medidor de fluxo (Geral Oceanics: 2030R) foi usado para obter o volume filtrado, para coletas de superfície. As amostragens foram horizontais (20 cm de profundidade), durante 10 minutos após o anoitecer (19:00-23:00 horas). As redes foram mantidas contra o sentido do fluxo de mais rápido, e uma em cada margem (15 m). Os ovos e as larvas foram anestesiados com benzocaína, e fixados em formalina 4% tamponada, um procedimento aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. As amostras foram padronizadas para um volume de 10m³ de água filtrada para análises.

Durante cada evento de amostragem de ictioplâncton, em cada local, e aproximadamente 0,30 metros abaixo da superfície, foram registrados dados de turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido (DO), pH, condutividade utilizando um turbidímetro AP2000 IV (Policontrol, Diadema, Brasil) e Professional Plus multiparâmetro (YSI, Ohio, EUA). Também foram obtidos dados de vazão e precipitação da Estação Salto Cataratas operada pelo SIMEPAR.

Para calcular o tempo de trânsito (horas), os dados de velocidade de fluxo foram obtidos a partir da vazão (valores máximos, mínimos e médios nas épocas de desova estudadas) e as áreas de seções medidas ao longo do trecho. Acústico Doppler Profiler - ADCP - ADP M9 frequência tripla: 3,0; 1,0 e 0,5 MHz (Sontek, EUA) foi utilizado para realizar varredura ao longo de todo o trecho, onde foram estabelecidas três porções (superior, intermediária, inferior). Os tempos de trânsito foram obtidos a partir da média das velocidades em cada porção, e eles foram extraídos a partir da relação em que A é a área de cada seção e o símbolo Q representa a média de vazão.

$$V=Q/A$$

Além disso, foi utilizado VelMap (Tomas et al., 2016) para ilustrar a simulação da direção de deriva dos ovos e larvas em três seções estabelecidas (Figura 1) com base em velocidades de fluxo medido utilizando ADCP. O VelMap foi desenvolvido pela parceria entre os Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental Pós-Programa de Pós-Graduação (PPGERHA) e dos Transportes e Infra-estrutura Tecnológica Institute (Itti) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) no Brasil.

Os ovos foram identificados anteriormente como fertilizados, não fertilizados, e danificados. Os ovos fertilizados foram classificados em estágios embrionários de desenvolvimento (Nakatani et al., 2001): a clivagem inicial; mórula; blástula; gástrula; embrião inicial; cauda livre; e embrião final. Larvas também foram classificadas de acordo com as fases de desenvolvimento seguindo Ahlstrom e Ball (1954), modificado por Nakatani et al. (2001): larval vitelino; pré-flexão; flexão e pós-flexão.

Para avaliar a relação entre as variáveis abióticas (vazão, precipitação, água temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade e pH) com a densidade de ovos e larvas, a Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada utilizando PCORD v.5.31 (McCune e Mefford, 2006). A seleção dos eixos para a interpretação foi realizada de acordo com o método de Brokenstick (Jackson, 1993). A correlação de Pearson foi utilizada para confirmar se as variáveis que influenciaram a formação dos eixos também influenciaram na densidade de ovos e larvas.

A análise de variância permutacional (PERMANOVA) foi realizada para investigar os padrões de tempo, deriva e dispersão de ovos e larvas associadas com meses (a) (Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março), (b) épocas de desova (2011-2014), e (c) locais (R1, R2, R3, R4, R5 e RP). Também foram avaliados: (i) se quaisquer diferenças entre os locais variaram entre os meses; (ii) se quaisquer diferenças entre os locais mudaram entre a amostragem e as estações; e (iii) se quaisquer diferenças entre os meses mudaram entre a locais e estações. Assim, a PERMANOVA também testou: (i) local por mês; (ii) local por estação de amostragem; e (iii) mês por interações das estações de amostragem. Além disso, a PERMANOVA foi para avaliar o padrão de dispersão de estágios de desenvolvimento embrionário e larval à procura de diferenças ao longo do trecho. E se forem identificadas diferenças nas análises, serão utilizados testes de pares para interpretar a diferenças. A PERMANOVA depende de permutações (N = 999) para avaliar a significância da estatística com um pseudo-F-teste e $P \leq 0,05$. Estes procedimentos são equivalentes as análises paramétricas convencionais, mas eles não fazem suposições sobre os dados de distribuição, embora assumam a independência de amostras e homogeneidade de dispersão entre os grupos (Anderson, 2001). As análises foram aplicadas a matrizes de semelhança computadas com o coeficiente de distância de Bray-Curtis. Antes de calcular os coeficientes de distância, as densidades de ovos e larvas foram transformadas em $\log(x + 1)$ para reduzir a assimetria e satisfazer a suposição de homogeneidade da dispersão. Análises foram realizadas com o software PRIMER v.6 (Clarke e Gorley, 2006) e o pacote PERMANOVA + add-on (Anderson et al., 2008).

Resultados

Um total de 194 amostras de ictioplâncton foram coletadas durante as três estações de desova, 66 em 2011-2012, 66 em 2012-2013, e 62 em 2013-2014. Este esforço resultou em 8729 ovos (96,02%) e 362 larvas (3,98%). As

variáveis abióticas não se alteraram entre os pontos amostrados, mas eles mudaram em relação às estações de desova (Tabela 1).

Tabela 1. A média de variáveis abióticas (desvio padrão) do rio Iguaçu (R1 a R5) e do rio Paraná (RP) durante outubro a março, 2011-2014.

Local	Estação de desova	Vazão (m ³ s ⁻¹)	Precipitação (mm)	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido (mg l ⁻¹)	pH	Condutividade (µS cm ⁻¹)
R1	2011-2012	1653,50(551,20)	2,67(2,54)	11,83(16,72)	26,93(3,45)	8,66(1,52)	7,51(0,24)	39,27(8,60)
	2012-2013	1385,52(240,10)	4,55(3,81)	24,20(26,33)	27,43(1,52)	6,23(1,47)	7,33(0,34)	38,10(11,15)
	2013-2014	2066,75 (501,55)	3,70(236)	25,40(19,69)	25,38(3,25)	6,92(1,36)	7,68(0,51)	48,33(5,11)
R2	2011-2012	1443,33(455,51)	1,87(2,31)	11,49(17,19)	27,79(3,10)	872(1,12)	7,66(0,14)	34,98(12,02)
	2012-2013	1385,52(240,10)	4,55(3,81)	26,47(29,59)	27,35(1,55)	6,18(1,22)	7,42(0,23)	38,77(10,10)
	2013-2014	2066,75(501,55)	2,63(2,24)	26,43(21,62)	25,49(3,34)	6,62(1,38)	7,61(0,53)	48,84(6,69)
R3	2011-2012	1653,50(551,20)	2,67(2,54)	15,20(23,01)	26,88(3,05)	9,05(0,98)	7,57(0,20)	35,77(7,19)
	2012-2013	1385,52(240,10)	4,55(3,81)	18,84(17,34)	27,33(1,54)	6,30(1,04)	7,53(0,17)	38,46(10,91)
	2013-2014	2066,75(501,55)	3,70(2,36)	23,16(18,36)	25,57(3,22)	6,66(1,19)	7,62(0,52)	48,62(7,38)
R4	2011-2012	1684,82(554,87)	2,35(2,30)	8,51(8,51)	26,58(2,73)	8,72(0,56)	7,32(0,17)	33,77(4,16)
	2012-2013	1365,82(235,41)	3,48(3,89)	16,10(24,02)	26,86(1,76)	5,97(1,20)	7,29(0,27)	37,74(11,59)
	2013-2014	2056,85(574,34)	3,33(2,01)	37,94(53,18)	25,37(3,11)	6,58(0,91)	7,50(1,02)	43,17(14,14)
R5	2011-2012	1684,82(554,87)	2,35(2,30)	9,98(11,18)	26,40(3,10)	8,71(1,04)	7,36(0,20)	35,05(2,28)
	2012-2013	1365,82(234,41)	4,47(3,78)	9,55(7,49)	26,98(1,49)	5,10(0,92)	7,10(0,40)	38,31(11,49)
	2013-2014	2056,85(574,40)	3,36(2,04)	35,10(48,92)	25,20(2,97)	6,10(1,38)	7,64(0,98)	47,56(6,76)
RP	2011-2012	1684,82(581,95)	2,35(2,41)	9,58(10,27)	26,28(2,93)	9,18(1,06)	7,25(0,20)	36,08(4,88)
	2012-2013	1365,82(246,90)	4,47(3,97)	9,45(11,23)	27,15(1,58)	5,86(1,53)	7,01(0,50)	38,59(11,90)
	2013-2014	2202,88(662,95)	4,62(2,10)	50,36(69,29)	24,22(2,70)	6,94(2,03)	7,25(0,52)	50,83(4,61)

Durante o período de estudo, a vazão do rio Iguaçu foi de 5.705,70 (máxima), 626,15 (mínima) e 1.684,07 (média) m³/s. Considerando as três porções ao longo do trecho e os valores da vazão, o tempo de trânsito foi de 05:38, 11:18 e 11:50 horas, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Máxima, mínima e média velocidade, área e fluxo em cada seção, e a velocidade média e tempo de trânsito para todo trecho.

Valores	Area (m ²)			Velocidade (m s ⁻¹)			Velocidade Média (m s ⁻¹)	Tempo de Trânsito (h)
	1	2	3	1	2	3		
Máxima	4967,44	5343,98	7743,88	1,15	1,07	0,74	0,98	5:38
Mínima	781,73	1563,33	2292,71	0,80	0,40	0,27	0,49	11:18
Média	2874,58	3453,66	5018,29	0,59	0,49	0,34	0,47	11:50

Simulações da direção da deriva de ovos e larvas usando velocidades de fluxo no Velmap (Figura 2) mostraram que a deriva geralmente predomina no sentido da corrente com maiores velocidades de fluxo (setas maiores) (Figura 2b, c). No entanto, eles podem derivar para as margens do rio ou ser

arrastados para um redemoinho de movimento da água (Figura 2a), típico do regime de fluxo turbulento.

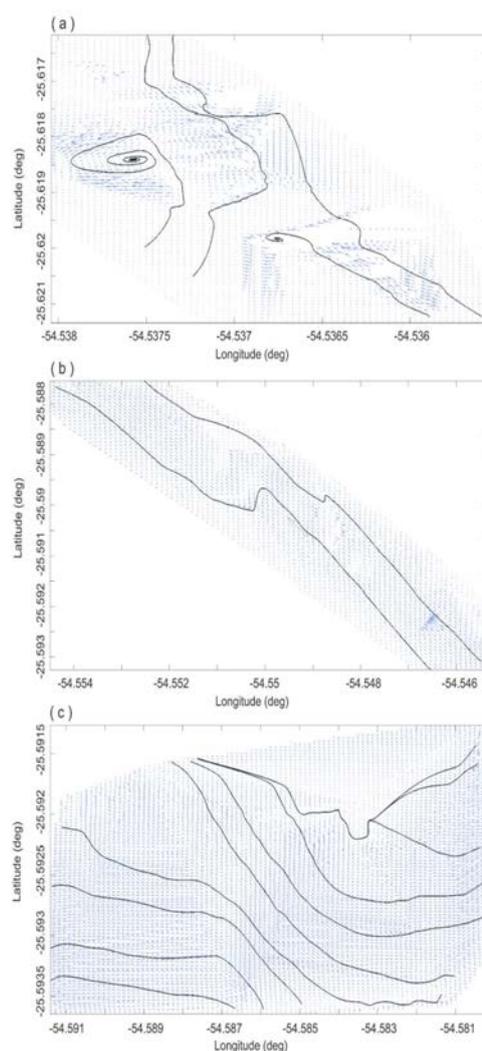


Figura 2. Simulação da direção de deriva (linhas pretas) do ictioplâncton em três seções do rio Iguaçu. a) Seção 1 - S1, b) Seção 2 - S2, e c) Seção 3 - S3. Setas azuis indicam vetores de velocidade.

A Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada às variáveis abióticas revelou a formação de dois eixos com uma explicação completa de 51,84% do conjunto de variabilidade dos dados (PC1 - 38,12%, e PC2 - 23,72%). As variáveis com valores maiores do que 0,40 foram utilizadas para interpretação. Para o primeiro componente (PC1), a temperatura da água foi positivamente correlacionada, embora fosse negativo para a vazão (Tabela 3). O segundo componente (PC2) mostrou correlação positiva para oxigênio dissolvido, e negativo para pH e precipitação (Tabela 3). A correlação de Pearson demonstrou correlação negativa significativa apenas para a

densidade de ovos em relação para PC2 ($R = -0,38$, $P < 0,05$). No PC2, a precipitação foi o fator predominante, mostrando que a densidade de ovos foi variável e alta nos meses com alta precipitação. Não foi encontrada correlação significativa para a densidade larval.

Tabela 3. Autovalores da Análise de Componentes Principais (PCA) para as variáveis abióticas.

Variáveis	PC1	PC2
Temperatura	0.4959	-0.0942
pH	-0.0105	0.6045
Oxigênio dissolvido	-0.1929	0.4361
Precipitação	-0.377	-0.4714
Turbidez	-0.3893	-0.3636
Condutividade	-0.3953	0.1285
Vazão	-0.5165	0.2542

Foram detectadas diferenças significativas no tempo deriva de ovos ao longo de meses (PERMANOVA, Pseudo-F = 5,6824, P (perm) $< 0,01$). Maiores densidades de ovos ocorreram principalmente em dezembro (testes de pares, P (perm) $< 0,01$) (Figura. 3a), bem como em outubro e janeiro. Além disso, as densidades de ovos foram significativamente diferentes entre as estações de desova (PERMANOVA, Pseudo-F = 11.883, P (perm) $< 0,01$), com maior deriva de ovo em 2012-2013 (testes de pares, P (perm) $< 0,01$) (Figura. 3b). O padrão de dispersão dos ovos foi semelhante em todo o trecho amostrado (PERMANOVA, Pseudo-F = 1,3707, P (perm) = 0,197): altas densidades de ovos ocorreram ao longo do trecho, mas há uma tendência de aumento da deriva de ovos em direção a foz com o rio Paraná (Figura. 3c). Todas as interações não foram significativas.

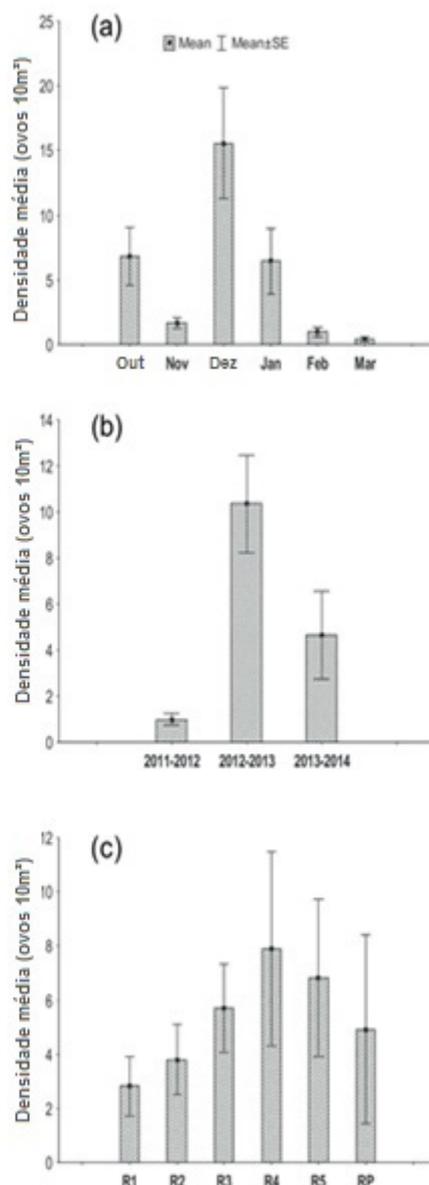


Figura 3. Padrões sazonais e espaciais de ovos de peixes derivando da jusante das Cataratas do Iguazu até a foz com o rio Paraná.

O tempo deriva de larvas foi significativamente diferente ao longo dos meses (PERMANOVA, Pseudo-F = 5.0006, P (perm) <0.05) (Figura 4a), com larvas principalmente à deriva em dezembro e fevereiro (testes de pares, P (perm) <0.05). Não foram observadas diferenças significativas para a deriva de larvas em relação às estações de desova (Figura 4b). No entanto, um padrão de dispersão de larvas foi encontrado (PERMANOVA, Pseudo-F = 4.503, P (perm) <0.01) (Figura 4c): maiores densidades de larvas ocorreram especialmente nos locais próximos das Cataratas do Iguazu (R1, R2 e R3)

(testes de pares, P (perm) <0.05) diminuindo em direção ao rio Paraná. As interações foram significativas para mês x estação de desova (PERMANOVA, Pseudo-F = 5.5921, P (perm) $<0,01$), mês x local (PERMANOVA, Pseudo-F = 2.4189, P (perm) $<0,01$), e o local x estação desova (PERMANOVA, Pseudo-F = 3,8632, P (perm) $<0,01$).

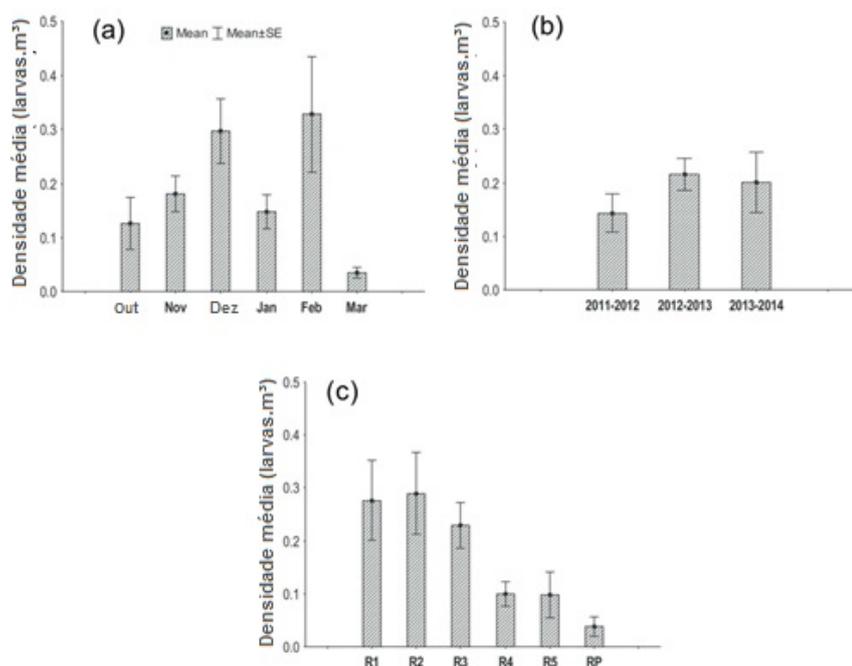


Figura 4. Padrões sazonais e espaciais da deriva de larvas de peixes da jusante das Cataratas do Iguaçu até a foz com o rio Paraná.

Padrão de dispersão dos estágios de desenvolvimento embrionário de larval

Os ovos fertilizados foram identificados no estágio inicial de clivagem, mórula, blástula, gástrula, embrião inicial e formação de cauda. Ovos no estágio de embrião final e cauda livre não foram amostrados durante o período do estudo. Ovos no estágio de embrião final e de cauda livre não foram amostrados durante o período de estudo. Além disso, muitos ovúlos não foram fertilizados (ou não prosseguiram o desenvolvimento) ou foram danificados (Tabela 4). A proporção de ovos fertilizados (50,62%) e não fertilizados (49,26%) foi semelhante (Tabela 4). Ovos não fertilizados derivaram principalmente nos locais próximos a foz com o rio Paraná (Tabela 4).

Tabela 4. Número total de ovos e porcentagem de ovos fertilizados, não fertilizados e danificados ao longo dos pontos amostrados, desde as Cataratas do Iguaçu até a foz com o rio Paraná.

Locais	Número total	Fertilizados (%)	Não fertilizado (%)	Danificados (%)
R1	961	7,39	3,62	0,0
R2	1.256	10,02	4,35	0,01
R3	1.986	12,54	10,17	0,03
R4	2.115	11,20	13,01	0,01
R5	1.755	8,17	11,89	0,05
RP	656	1,29	6,21	0,01
Total	8.729	50,62	49,26	0,11

Em relação ao padrão de dispersão espacial dos estágios de desenvolvimento embrionário, maiores densidades foram encontradas nos estágios iniciais, clivagem inicial e mórula, seguido por blástula e gástrula (Figura 5). Foram observadas diferenças significativas para clivagem inicial (Figura 5a) (PERMANOVA, Pseudo-F = 2.2532, P (perm) <0.05) e mórula (Figura 5b) estágios (PERMANOVA, Pseudo-F = 3.3701, P (perm) <0.05) ao longo do trecho. Maiores densidades de clivagem inicial ocorreram perto das Cataratas do Iguaçu (R1 e R2) (testes de pares, P (perm) <0.05), enquanto os ovos em estágio de mórula foram mais abundantes em R3 e R4 (testes de pares, P (perm) <0.05). Densidades mais elevadas dos estágios de blástula (R5) (Figura 5c) e gástrula (R4) (Figura 5d) foram observadas próximo a foz com o rio Paraná, no entanto, elas não foram significativas (PERMANOVA, blástula, Pseudo-F = 1.3472, P (perm) = 0.221; gástrula, Pseudo-F = 1.0665, P (perm) = 0.388). Apesar do estágio de embrião inicial (Figura 5e) ter ocorrido em todos os locais em baixas densidades (PERMANOVA, Pseudo-F = 0.56698, P (perm) = 0.776), este foi predominante nas proximidades do rio Paraná (R5). Ovos em estágio de formação da cauda (Figura 5f) também ocorreram em baixas densidades e somente perto do rio Paraná (R5) (PERMANOVA, Pseudo-F = 1.867, P (perm) = 0.083).

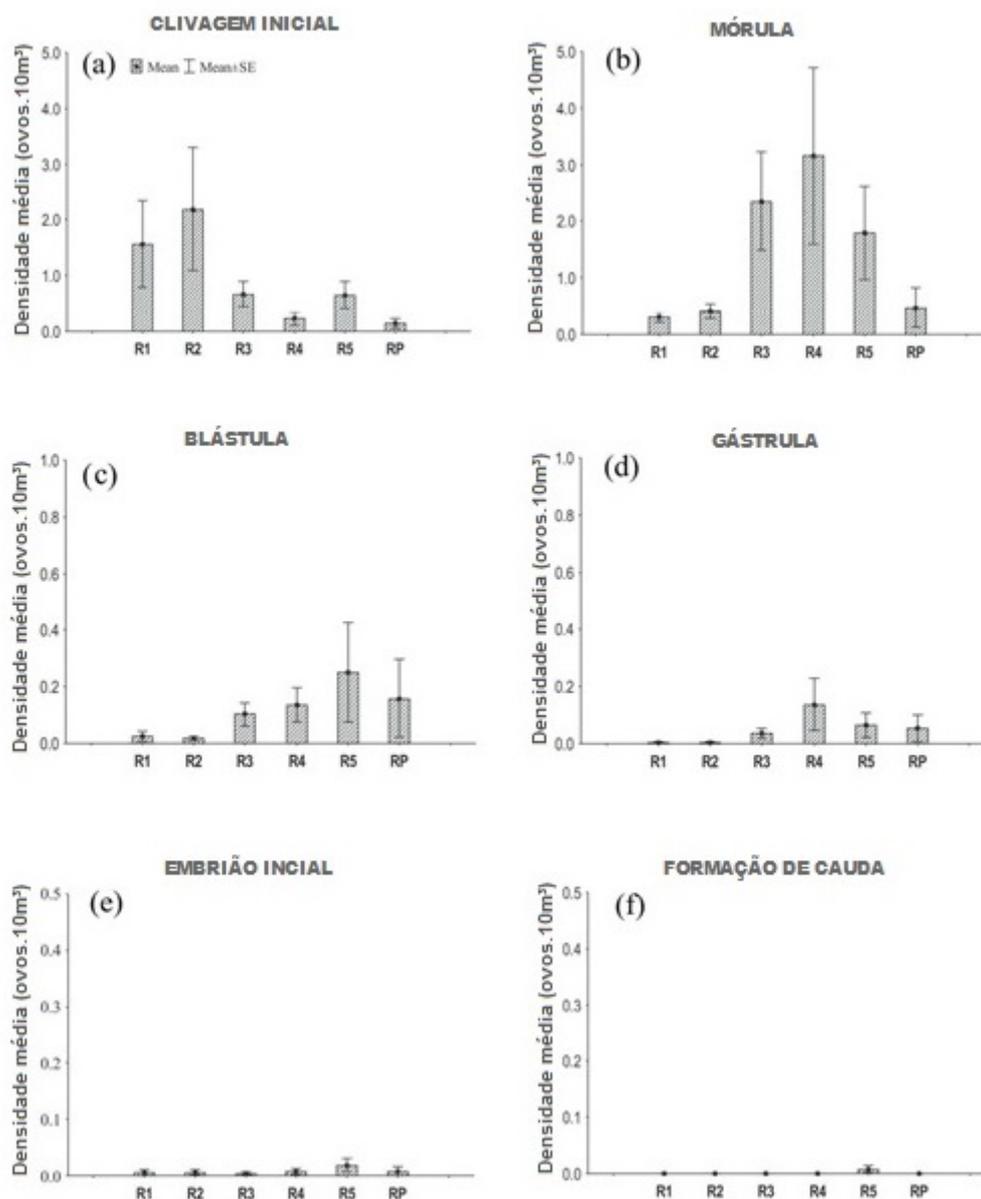


Figura 5. Padrões de dispersão dos estágios de desenvolvimento embrionário ao longo do trecho amostrado, da jusante das Cataratas do Iguaçu até a foz com o rio Paraná.

Considerando o padrão de dispersão de larvas em diferentes estágios de desenvolvimento, houve predomínio de estágios de pré-flexão e flexão (Figura. 6). Larvas em larval vitelino (Figura 6a) derivaram ao longo do trecho, mas em baixas densidades (PERMANOVA, Pseudo-F = 0.42749, P (perm) = 0.847). Foram observadas diferenças significativas para os estágios de pré-flexão (Figura 6b) (PERMANOVA, Pseudo-F = 2.8662, P (perm) <0.05), flexão (Figura 6c) (PERMANOVA, Pseudo-F = 2.3898, P (perm) <0.05) e de pós-

flexão (Figura 6d) (PERMANOVA, pseudo-F = 2.4631, P (perm) <0,05) ao longo do trecho. Densidades mais elevadas de estágios de pré-flexão e flexão ocorreram próximo das Cataratas do Iguaçu (R1, R2 e R3) (testes de pares, P (perm) <0.05) diminuindo em direção ao rio Paraná, e larvas em pós-flexão foram predominantes no local R2 (testes de pares, P (perm) <0.05).

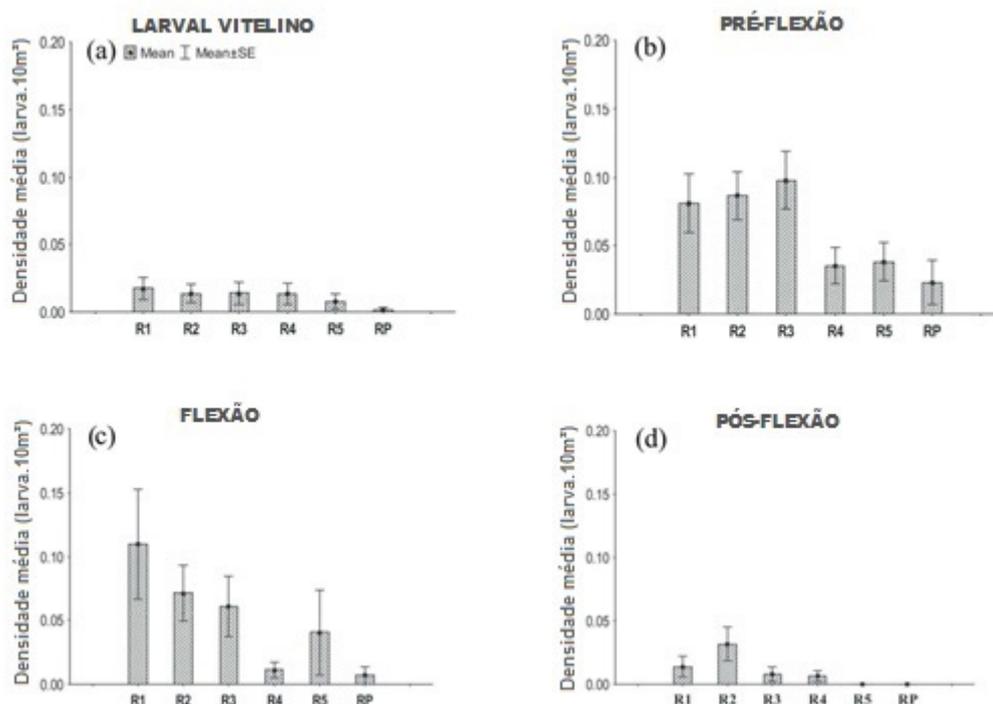


Figura 6. Padrões de dispersão dos estágios de desenvolvimento das larvas ao longo do trecho amostrado, da jusante das Cataratas do Iguaçu até a foz com o rio Paraná.

Discussão

Altas densidades de ovos ocorrem durante todo o trecho amostrado, a desova ocorreu especialmente à jusante das Cataratas do Iguaçu, e estes derivam passivamente pelo fluxo em direção ao rio Paraná. Além disso, a densidade baixa de deriva de larvas indica que a maioria dos ovos eclode no rio Paraná. Esta área pode ser considerada habitat crítico para muitas espécies de peixes. Estudos realizados nos rios da bacia do Uruguai (Ziober et al., 2015; Reynalte-Tataje et al., 2012; Corrêa et al., 2011), uma região sem

várzea semelhante a nossa área de estudo, enfatizaram a conservação desses rios como zonas de reprodução e áreas de berçário para muitas espécies de peixes.

Variações no tempo de deriva da densidade dos ovos encontradas entre outubro a março, com densidades mais elevadas em dezembro, mostram que a desova ocorre especialmente na primavera e verão. Este período corresponde ao período de desova da maioria das espécies de peixes da região tropical (Hermes-Silva et al., 2009; Shuai et al. 2016). Além disso, três picos de ovos derivando evidenciados neste estudo (outubro, dezembro e janeiro) podem indicar diferentes espécies de desova em momentos diferentes. De acordo com Jiang et al. (2010), águas ricas em espécies são caracterizadas por padrões sazonais bi e multimodal, e refletem tempo escalonado de desova e deriva de espécies. Diferenças na densidade de deriva (ovos e larvas) também incluem o sucesso na desova, no tamanho da população desovante, evitação da deriva, tempo de amostragem e efeitos de densidade (Lechner et al. 2014b). Além disso, os padrões sazonais da densidade de deriva de larvas de peixes são conduzidos pelo tempo de reprodução (Humphries e Lake, 2000; Baumgartner et al., 2008).

Fatores bióticos e abióticos influenciam a dinâmica de deriva de peixes (Harvey, 1991; Johnston et al., 1995). A desova dos peixes e, conseqüentemente, o processo de deriva são desencadeados por estímulos ambientais, e os gatilhos mais importantes são a temperatura e a vazão (Araújo-Lima e Oliveira, 1998; Worthington et al., 2014), com maior deriva à vazões elevadas (Pavlov, 1994; Jiang et al., 2010). As mudanças hidrológicas nas chuvas e vazão afetam o período reprodutivo das populações de peixes, especialmente na deriva de ovos de peixe (Shuai et al., 2016), onde a vazão é um dos mais importantes fatores que influenciam a desova dos peixes promovendo a deriva larval à jusante (Mallen-Cooper e Stuart, 2003; Zitek et al., 2004) para alcançar as áreas adequadas para desenvolvimento (King et al., 2003). Entretanto, nossos resultados mostraram a precipitação possível desse gatilho para desova dos peixes no trecho estudado. No entanto, não se observou qualquer influência da vazão no tempo de deriva de ovos. O curto espaço de tempo de trânsito da água do rio Iguaçu (5-11 horas), da jusante das Cataratas do Iguaçu até a foz com o rio Paraná, pode influenciar a

densidade de amostragem de ovos à deriva em períodos com maior vazão. O transporte dos ovos ocorre tão rapidamente que o tempo de amostragem (ao anoitecer) pode não ter coincidido com a desova e subsequente deriva de ovos. Cardumes são geralmente observados na época de desova na jusante das Cataratas do Iguaçu e a desova ocorre ao pôr do sol. Este comportamento semelhante foi mencionado por Baumgartner et al. (2004), que atribuíram elevada abundância noturna de ovos com a desova ao pôr do sol no alto rio Paraná.

Em outro estudo realizado por Worthington et al. (2014) em rios do Canadá no Norte Canadense, a vazão determina o tempo de captura média, enquanto a vazão e complexidade de habitat em conjunto influenciam a retenção de grânulos gelatina (que imitam ovos semi-flutuantes) dentro de um trecho. Conforme a vazão aumenta, os ovos podem ser mais retidos na coluna de água e o tempo de picos a uma distância a jusante são susceptíveis de ser reduzido, neste trecho de baixa complexidade habitat. Adicionalmente, a jusante das Cataratas do Iguaçu apresenta características adequadas para a desova, a fim de espécies de peixes, especialmente para espécies migratórias de longa distância que procuram seções de rios com água corrente para a reprodução. Estudos realizados por Tosetto (2013) na nossa área de estudo mostraram a ocorrência de dezessete espécies migradoras, destacando que os locais amostrados na área do Parque Nacional do Iguaçu são adequados para desova e transporte de ictioplâncton devido às altas concentrações de oxigênio dissolvido, águas rápidas e corredeiras. Por outro lado, o gradiente longitudinal de ovos não fertilizados (ou aqueles que não prosseguiram o desenvolvimento) no trecho amostrado, baixa taxa a jusante das Cataratas do Iguaçu aumentando em direção à foz com o rio Paraná, pode ser devido à alta turbulência e volume da água nas áreas de desova.

A ausência de diferenças significativas no padrão de dispersão de densidades de ovos demonstra a desova dos peixes à jusante das Cataratas do Iguaçu e deriva rápida em consequência das águas correntes do rio Iguaçu. Além disso, esta afirmação pode ser sustentada pelo um curto período de tempo encontrado para a velocidade de trânsito, de 5 a 11 horas. Este tempo de trânsito não é o suficiente para o desenvolvimento embrionário

completo e eclosão neste trecho de 20 km, uma vez que o tempo de incubação para espécies de peixes neotropicais, por exemplo, para *Prochilodus lineatus* à temperatura de 24-25 °C, é 19,5 horas (Reynalte-Tataje et al., 2015). A maior deriva do estágio embrionário inicial, clivagem inicial, nos locais R1 e R2, mostra que a desova ocorreu a poucos quilômetros a montante do local de amostragem. E, além disso, a elevada deriva do estágio demórula nos locais subsequentes, R3 e R4, indica rápida deriva ao longo do trecho, devido à rápida velocidade de trânsito da água, e como eles completam o seu desenvolvimento, estágios posteriores são evidenciados próximo ao rio Paraná, indicando que o desenvolvimento embrionário ocorre durante a deriva em direção à foz com o Rio Paraná e a maioria deles eclode lá. Esse padrão também foi evidenciado por Vianna e Nogueira (2008) ao longo do rio Cinza, um tributário da bacia do médio rio Paranapanema.

Alguns aspectos podem ter contribuído para o padrão espacial da deriva de larvas. Uma porção dos ovos derivando pode ter deixado a corrente de deriva e dirigido para as margens áreas de remanso. As larvas foram resultantes da sobrevivência de ovos à deriva em todo o trecho amostrado, principalmente nas áreas de conservação perto dos locais que têm fluxos mais elevados. Assim, alguns dos locais estudados estão localizados em uma área de conservação, e eles são caracterizados por trechos com corredeiras e águas turbulentas perto das Cataratas do Iguaçu, uma barreira natural impedindo o acesso a montante do Rio Iguaçu (Garavello et al., 1997). De acordo com Bialetzki et al., (1999), a ocorrência de maiores densidades de larvas em locais com maior fluxo é um padrão esperado para canais de rios, e nossos resultados seguem esse padrão encontrado pelos autores devido às características de alto fluxo em R1, R2 e R3. O rio Iguaçu especialmente no trecho estudado não apresenta áreas de várzea, de modo que as espécies de peixes desovam no canal principal do rio, e as margens (áreas de remanso) desempenham um papel fundamental no desenvolvimento das larvas de peixes para obter recursos alimentares (King, 2004).

Um transporte rápido do ictioplâncton para o estabelecimento em áreas ricas de alimentos e áreas berçário seguras é crucial (Pavlov et al., 1978; Urho, 1999). A maior abundância de larvas nos estágios iniciais do desenvolvimento (de pré-flexão e flexão) nos locais com águas mais rápidas e

corredeiras (R1, R2 e R3) indicam a deriva passiva pelo fluxo, como elas têm capacidade natatória fraca. No entanto, algumas larvas, provavelmente eclodem do rápido fluxo das áreas de desova e derivam para áreas berçário apropriados, áreas com baixo fluxo próximas às margens, especialmente em R4 e R5, que podem fornecer micro-habitats para o estabelecimento. De acordo com Schludermann et al. (2012), larvas são capazes de derivar ativamente em direção às margens utilizando gradiente hidráulico (Lechner et al. 2014b). Além disso, a baixa deriva das larvas de peixes em estágios posteriores próximo ao rio Paraná pode ser devido à retenção costeira. Em grandes rios, zonas costeiras são corredores importantes para a dispersão larval e juvenil (Reichard et al., 2004). Em um trecho estudado do alto rio Uruguai, um rio sem várzea de forma semelhante ao rio Iguaçu, Ávila-Simas et al. (2014) relataram que corredeiras e poços são essenciais para o ciclo de vida de várias espécies de peixes, e estes locais podem ser usados como desova e deriva de larvas.

Nossos resultados revelaram alta deriva de ovos flutuantes destacando a desova dos peixes nas águas correntes e turbulentas do rio Iguaçu, especialmente a jusante das Cataratas do Iguaçu, e a precipitação pode ser gatilho para a desova. Ovos derivam passivamente pelo fluxo rápido para a foz, e, provavelmente, a maioria deles eclode no rio Paraná. Além disso, zonas costeiras ao longo do trecho podem fornecer habitats (áreas de remanso) para o desenvolvimento larval. O rio Iguaçu, da jusante das Cataratas do Iguaçu para a foz com rio Paraná, desempenha um papel importante na conservação de espécies de peixes no médio rio Paraná. Estratégias de conservação são necessárias para esta área-chave, especialmente para o trecho fora do Parque Nacional do Iguaçu suscetível aos impactos causados por atividades humanas (de pesca, porto de extração de areia, urbanização), que alteram áreas costeiras e tendem a reduzir a heterogeneidade de habitats e os padrões de fluxo, afetando a dispersão das fases iniciais de vida e as populações de peixes. Assim, potenciais estratégias que poderiam ser aplicáveis ao trecho estudado incluem a proibição da pesca e restauração do habitat para aumentar a complexidade de habitats adequados para o desenvolvimento dos estágios iniciais de vida.

Referências

Ahlstrom, E.H., & Ball, O.P. 1954. Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. *Fish. B-NOAA* 56: 209-245.

Anderson, M.J., Gorley, R.N., & Clarke, K.R. 2008. PERMANOVA for PRIMER: Guide to software and statistical methods. PRIMER-E: Plymouth, UK.

Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.* 26: 32-46. doi: 10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x.

Araujo-Lima, C.A.R.M., & Oliveira, E.C. 1998. Transport of larval fish in the Amazon. *J. Fish Biol.* 53:297–306. doi:10.1006/jfbi.1998.0815.

Ávila-Simas, S.D., Reynalte-Tataje, D.A., & Zaniboni-Filho, E. 2014. Pools and rapids as spawning and nursery areas for fish in a river stretch without floodplains. *Neotrop. Ichthyol.* 12: 611-622.

Baumgartner, G., Nakatani, K., Gomes, L.C., Bialetzki, A., Sanches, P.V., & Makrakis, M.C. 2008. Fish larvae from the upper Paraná River: do abiotic factors affect larval density? *Neotrop. Ichthyol.* 6: 551–558. doi: 10.1590/S1679-62252008000400002.

Baumgartner, G., Nakatani, K., Gomes, L.C., Bialetzki, A., Sanches, P.V., & Makrakis, M.C. 2004. Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the upper Paraná River, Brazil. *Environ. Biol. Fish.* 71: 115-125.

Bialetzki, A., Sanches, P.V., Cavicchioli, M., Baumgartner, G., Ribeiro, R.P., & Nakatani, K. 1999. Drift of ichthyoplankton in two channels of the Paraná River, between Paraná and Mato Grosso do Sul States, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 42: 53-60.

Ciannelli, L., Bailey, K., & Olsen, E. M. 2014. Evolutionary and ecological constraints of fish spawning habitats. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 285–296.

Clarke, K.R., & Gorley, R.N. 2006. PRIMER v6: User's Manual/Tutorial PRIMER-E. Plymouth: England.

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). *Environ. Biol. Fish.* 91: 51-61.

Garavello, J.C., Pavanelli, C.S., & Suzuki, H.I. 1997. Caracterização da ictiofauna do rio Iguaçu. In *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Edited by A.A. Agostinho & L.C. Gomes. Eduem, Maringá. pp. 61-84.

Harvey, B.C. 1991. Interaction of abiotic and biotic factors influences larval fish survival in an Oklahoma stream. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1476-1480.

Hinckley, S., Hermann, A.J., Mier, K.L., & Megrey, B.A. 2001. Importance of spawning location and timing to successful transport to nursery areas: a simulation study of Gulf of Alaska walleye pollock. *ICES J. Mar. Sci.* 58: 1042-1052. doi:10.1006/jmsc.2001.1096.

Hermes-Silva, S., Reynalte-Tataje, D.A., & Zaniboni-Filho, E. 2009. Spatial and temporal distribution of ichthyoplankton in the upper Uruguay River, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 52: 933-944.

Humphries, P., & Lake, P.S. 2000. Fish larvae and the management of regulated rivers. *Regul. River* 16: 421-432. doi: 10.1002/1099-1646(200009/10)16:5<421::Aid-Rrr594>3.0.Co;2-4.

Humphries, P. 2005. Spawning time and early life history of Murray cod, *Maccullochella peelii* (Mitchell) in an Australian river. *Environ. Biol. Fish.* 72: 393-407.

Jackson, D.A. 1993. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* 74: 2204-2214.

Jiang, W., Liu, H.Z., Duan, Z.H., & Cao, W.X. 2010. Seasonal variation in drifting eggs and larvae in the Upper Yangtze, China. *Zool. Sci.* 27: 402-409.

Johnston, T.A., Gaboury, M.N., Janusz, R.A., & Janusz, L.R. 1995. Larval fish drift in the Valley River, Manitoba: influence of abiotic and biotic factors, and relationships with future year-class strengths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 2423-2431.

King, A. J. 2004. Ontogenetic patterns of habitat use by fishes within the main channel of an Australian floodplain river. *J. Fish Biol.* 65: 1582-1603.

King, A.J., Humphries, P., & Lake, P.S. 2003. Fish recruitment on floodplains: the roles of patterns of flooding and life history characteristics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60(6): 773-786.

Lechner, A., Keckeis, H., & Humphries, P. 2016. Patterns and processes in the drift of early developmental stages of fish in rivers: a review. *Rev. Fish Biol. Fisher.* doi: 10.1007/s11160-016-9437-y

Lechner, A., Keckeis, H., Schludermann, E., Loisl, F., Humphries, P., Glas, M., Tritthart, M., & Habersack, H. 2014a. Shoreline configurations affect dispersal patterns of fish larvae in a large river. *ICES J. Mar. Sci.* 71: 930-942. doi:10.1093/icesjms/fst139.

Lechner, A., Keckeis, H., Schludermann, E., Humphries, P., McCasker, N., & Tritthart, M. 2014b. Hydraulic forces impact larval fish drift in the free flowing section of a large European river. *Ecohydrology* 7: 648-658. doi: 10.1002/eco.1386.

- Mallen-Cooper, M., & Stuart, I.G. 2003. Age, growth and non-flood recruitment of two potamodromous fishes in a large semi-arid/temperate river system. *River Res. Appl.* 19: 697-719.
- Mccune, B., and Mefford, M.J. 2006. PC-ORD, version 5.0, Multivariate analysis of ecological data. MjM Software Desing, Glaneden Beach.
- Nakatani, K., Agostinho, A.A., Bialezki, A., Baumgartner, G., Sanches, P.V., Makrakis, M.C., & Pavaneli, C. 2001. Manual de identificação de ovos e larvas de peixes brasileiros de água doce. Eduem, Maringá.
- Pavlov, D.S., Pakhorukov, A.M., Kuragina, G.N., Nezdoliiy, V.K., Nekrasova, N.P., Brodskiy, D.A., & Ersler, A.L. 1978. Some features of the downstream migrations of juvenile fishes in the Volga and Kuban Rivers. *J. Ichthyol.* 17: 363-374.
- Pavlov, D.S. 1994. The downstream migration of young fishes in rivers - mechanisms and distribution. *Folia Zool.* 43:193-208.
- Reichard, M., Jurajda, P., & Smith, C. 2004. Spatial distribution of drifting cyprinid fishes in a shallow lowland river. *Archiv Hydrobiol.* 159: 395-407. doi: 10.1127/0003-9136/2004/0159-0395.
- Reynalte-Tataje, D.A., Baldisserotto, B., & Zaniboni-Filho, E. 2015. The effect of water pH on the incubation and larviculture of curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (Characiformes: Prochilodontidae). *Neotrop. Ichthyol.* 13(1): 179-186.
- Reynalte-Tataje, D.A., Nuñez, A.P.O., Nunes, M.C., Garcia, V., Lopes, C.A., & Zaniboni-Filho, E. 2012. Spawning of migratory fish species between two reservoirs. *Neotrop. Ichthyol.* 10(4): 829-835.
- Reynalte-Tataje, D.A., Hermes-Silva, S., Weiss, L.A., & Zaniboni-Filho, E. 2008. Distribuição e abundância temporal do ictioplâncton no alto rio Uruguai, Brasil. In *Reservatório de Itá: estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de cultivo e conservação da ictiofauna*. Edited by E. Zaniboni-Filho & A.P.O. Nuñez. Editora UFSC, Florianópolis. pp. 195-228.
- Santos, D.O. 2013. Estruturação longitudinal da ictiofauna a jusante das Cataratas do Iguaçu. M.Sc. thesis, Conservação e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná State, Brazil.
- Schiemer, F., Keckeis, H., & Kamler, E. 2003. The early life history stages of riverine fish: ecophysiological and environmental bottlenecks. *Comp. Biochem. Physiol. Part A* 133: 439-449. doi:10.1016/S1095-6433(02)00246-5.
- Schludermann, E., Tritthart, M., Humphries, P., & Keckeis, H. 2012. Dispersal and retention of larval fish in a potential nursery habitat of a large temperate river: an experimental study. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69: 1302-1315.

Shuai, F., Li, X., Li, Y., Li, J., Yang, J., & Lek, S. 2016. Temporal patterns of larval fish occurrence in a large subtropical river. *PLoS ONE* 11(1): e0146441. doi: 10.1371/journal.pone.0146441.

Sonny, D., Jorry, S., Wattiez, X., & Philippart, J. 2006. Inter-annual and diel patterns of the drift of cyprinid fishes in a small tributary of the Meuse River, Belgium. *Folia Zool.* 55: 75-85.

Tomas, G.P., Hopker, R.G., Frigo, A.L., & Bleninger, T. In press. Velocity Mapping Toolbox for Sontek M9 ADCP Data. In Eighth International Conference on Fluvial Hydraulics. River Flow. St. Louis, Missouri. EUA.

Tosetto, E.G. 2013. Habitats de desova de peixes migradores no trecho a jusante das Cataratas do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu. M.Sc. thesis, Conservação e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná State, Brazil.

Urho, L. 1999: Relationship between dispersal of larvae and nursery area in the Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 56: 114-121.

van der Molen, J., Rogers, S.I., Ellis, J.R., Fox, C.J., & McCloghrie, P. 2007. Dispersal patterns of the eggs and larvae of spring-spawning fish in the Irish Sea, UK. *J. Sea Res.* 58: 313–330.

Vianna, N.C., & Nogueira, M.G. 2008. Ichthyoplankton and limnological factors in the Cinzas River – an alternative spawning site for fishes in the middle Paranapanema River basin, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 20(2): 139-151.

Werner, R.G. 2002. Habitat requirements. In *Fishery Science: the unique contributions of early life stages*. Edited by L.A. Fuiman and R.G. Werner. Oxford, Blackwell Sciences. pp.161-182.

Winemiller, K.O., & Rose, K.A. 1992. Patterns of life-history diversification in North American fishes: implications for population regulation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2196-2218.

Worthington, T.A., Brewer, S.K., Farless, N., Grabowski, T.B., & Gregory, M.S. 2014. Interacting effects of discharge and channel morphology on transport of semibuoyant fish eggs in large, altered river systems. *PLoS ONE* 9(5): e96599. doi: 10.1371/journal.pone.0096599

Zimmer, R.K., Fingerut, J.T., & Zimmer, C.A. 2009. Dispersal pathways, seed rains, and the dynamics of larval behavior. *Ecology* 90: 1933–1947. doi: 10.1890/08-0786.1

Ziober, R.S, Reynalte-Tataje, D.A., & Zaniboni-Filho E. 2015. The importance of a conservation unit in a subtropical basin for fish spawning and growth. *Environ. Biol. Fish.* 98: 725-737.

Zitek, A., Schmutz, S., & Ploner, A. 2004. Fish drift in a Danube sidearm-system: II. Seasonal and diurnal patterns. *J. Fish Biol.* 65:1339-1357.