

VARIAÇÃO ECOMORFOLÓGICAS E TRÓFICAS EM POPULAÇÕES DE *Poecilia reticulata* PETERS 1859 (CYPRINODONTIFORMES: POECILIIDAE) EM CABECEIRAS NA BACIA DO ALTO RIO PARANÁ

ECOMORPHOLOGICAL AND TROPHIC VARIATION IN POPULATION OF *Poecilia reticulata* PETERS 1859 (CYPRINODONTIFORMES: POECILIIDAE) IN HEADWATERS IN THE UPPER PARANÁ RIVER BASIN

Fagner de Souza^{1*}, Paulo Ricardo da Silva Camargo², Ronielson Gaia da Silva², Luciano Santana Fiuza Ferreira², Kátia Aparecida Nunes Hiroki¹

¹Doutor em Ecologia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Laboratório de Ecologia Aquática.

²Graduando em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Laboratório de Ecologia Aquática.

*Endereço para correspondência: Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Laboratório de Ecologia Aquática, Avenida Guilherme Ferreira, 1940, 38022-200, Uberaba-MG.
Email: gnaofagner@hotmail.com

RESUMO

Embora a *Poecilia reticulata* Peters, 1859, esteja amplamente distribuída na região neotropical, é uma espécie exótica habitando os rios brasileiros. Como apresentam características de resistência e adaptação a diversos ambientes, podem ser utilizados como indicadores de qualidade ambiental em ecossistemas aquáticos. Neste contexto, testamos a hipótese de que há diferenças ecomorfológicas e alimentares em populações submetidas a ambientes qualitativamente distintos. Assim, objetivamos analisar as características ecomorfológicas e tróficas de *P. reticulata* em ambientes com características qualitativas diferentes. Os indivíduos foram coletados em três córregos na bacia do alto rio Paraná. Cada ambiente foi analisado quanto a sua qualidade ambiental, pelo Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Hábitats. Para a ecomorfologia foram utilizados 15 exemplares/córrego, para cada indivíduo foram calculados 22 índices ecomorfológicos, baseados em áreas e medidas corporais. A dieta foi obtida pela análise volumétrica dos conteúdos estomacais e logo após foi calculado índices alimentares. Baseado nos resultados, foram observadas variações entre todas as populações nas características ecomorfológicas e alimentares. As caracterizações das populações foram creditadas as interações biológicas e as características hidrodinâmicas dos córregos. Assim, estratégias ecomorfológicas e na obtenção de alimentos estão relacionadas com fluxo hídrico e a competição intra e interespecíficas que cada córrego provém às populações, como a diversidade de hábitat e disponibilidade de recursos.

Palavras-Chave: ambiente impactado; ecologia de populações; ecologia trófica; morfometria; qualidade ambiental.

ABSTRACT

Although *Poecilia reticulata* Peters, 1859, is widely distributed in Neotropical region, this species is exotic living in Brazilian Rivers. As it shows resistance and adaptation characteristics to several environments, it can be used as environmental quality indicators in aquatic ecosystem. In this context, we tested the hypothesis that there are ecomorphological and alimentary differences in populations submitted to qualitatively distinct environments. Thus, we aimed to analyze the ecomorphological and trophic characteristics of *P. reticulata* in environments with different qualitative characteristics. The specimens were sampled in three streams in Upper Paraná River Basin. In each environment, it was analyzed for its environmental quality, by Rapid Assessment Protocol for Habitat Diversity. For ecomorphology 15 specimens/stream were used, for each specimen 22 ecomorphological index were calculated, based on areas and body measurements. The diet was obtained by volumetric analysis of stomach contents and in sequence food index were calculated. Based in results, variations among all populations in ecomorphological and alimentary characteristics were observed. The population characterizations were credited to biological interactions and hydrodynamics characteristics of streams. Thus, ecomorphological and obtaining food strategies are related to water flow and intra and interspecific competition that stream provides to population, as habitat diversity and availability of resources.

Key Words: impact environment; ecology populations; trophic ecology; morphometry; environmental quality.

INTRODUÇÃO

Poecilia reticulata Peters, 1859, é uma espécie de peixe de água doce da ordem Cyprinodontiformes e família Poeciliidae nativa do norte da América do Sul e ilhas do Caribe (2), habitando poços e águas calmas em Barbados, Trinidad, Guiana, Venezuela e Nordeste do Brasil (3). O “Barrigudinho”, “Lebiste” ou “Guarú”, como é conhecido vulgarmente no Brasil, foi introduzido na região do sul, com o objetivo de combater e controlar larvas de insetos transmissores de doenças (4) e atualmente é amplamente empregado na aquarofilia ornamental.

As propriedades adaptativas da espécie, especialmente a resistência a diversas pressões impactantes, a torna interessante para uso em programas de monitoramento ambiental, porque consegue se desenvolver relativamente bem em ambientes degradados (5). Além disso, são peixes ovovivíparos e possuem dimorfismo sexual acentuado, sendo os machos bem menores do que as fêmeas. Ainda, os machos possuem uma modificação em sua nadadeira anal, denominado de gonopódio, cuja função é reprodutiva. São considerados peixes de pequeno porte, com os machos atingindo cerca de 3,5 cm e as fêmeas 6,0 cm. Ambos os sexos exibem um padrão de manchas em forma de rede (reticulado), padrão evidenciado em seu epíteto específico (2). As fêmeas não possuem manchas coloridas em seu corpo, já os machos apresentam várias manchas coloridas na lateral do corpo e uma faixa longitudinal irregular. O seu comportamento alimentar é generalista, explorando os mais diversificados habitats, possui uma alta taxa reprodutiva (6) e é relatado como bom competidor (5). Esse conjunto de caracteres biológicos pode explicar a sua ampla distribuição (7) e seu sucesso na sobreposição de nicho de espécies nativas, ocasionando mudanças drásticas na estrutura das assembleias de diversos organismos aquáticos (8).

A ecomorfologia é um ramo da ecologia que busca investigar as variações na morfologia causadas por distintas pressões ambientais. Esta ferramenta correlaciona à influência das especificidades dos ambientes nos aspectos morfológicos dos organismos, evidenciando atributos

característicos de cada grupo ecológico (9). A combinação da ecomorfologia com as particularidades tróficas das espécies pode culminar em um eficiente instrumento nas resoluções de questões ecológicas, como já demonstrado em diversos trabalhos (10-12). Desse modo, a *P. reticulata*, é um dos espécimes de peixes com elevado potencial para estudo de impactos ambientais no ecossistema aquático, devido sua plasticidade ecológica, o qual lhes permitem viver em vários tipos de ambientes (13-15).

Nessa concepção ecológica, traçamos a hipótese de que há diferenças ecomorfológicas e alimentares em populações submetidas a ambientes qualitativamente distintos. Assim, o foco do trabalho foi analisar as características ecomorfológicas e tróficas de *P. reticulata* em diferentes ambientes com características qualitativas distintas.

METODOLOGIA

Área de estudo

As coletas foram efetuadas num trecho de 100 m, em três córregos de primeira ordem pertencentes a bacia do alto rio Paraná, relacionados a três sub-bacias distintas localizados no município de Apucarana (PR).

O córrego Jurema pertence a sub-bacia do rio Pirapó, tributário do rio Paranapanema. Está localizado na região noroeste do município em 23°33'18,61"S/51°29'12,51"O. Apresenta uma estreita faixa de mata ripária em suas margens (cerca de 20 metros), que sombreia todo o corpo d'água, porém circundada por residências. O fluxo hídrico se alterna em corredeiras e remansos, neste trecho há grande concentração de rochas, mas com pouca quantidade de sedimento fino.

O córrego Japira pertence a bacia do rio Tibagi, que também deságua no rio Paranapanema. Trecho situado na região nordeste do município em 23°32'43,80"S/51°26'19,95"O. Suas margens praticamente não exibem mata ciliar, apenas em sua margem direita há uma faixa de no máximo 5 metros de pequenos arbustos. Além disso, há residências bem próximas, cerca de 10 metros da calha do córrego. Em sua margem esquerda há apenas presença de uma grande concentração de gramíneas, algumas regiões sem cobertura vegetal e

atividades de pastoreio. Todo o fluxo d'água é praticamente lântico, formado de poços e remansos. Seu leito é composto por uma grande quantidade de pequenos seixos e bastante sedimento fino.

O córrego Biguaçu, pertence a sub-bacia do rio Ivaí, tributário direto do rio Paraná. Localizado na região sul do município em 23°33'51,81"S/51°27'12,48"O. Possui em sua margem direita baixa densidade de mata ciliar (no máximo 10 metros), muito próxima a residências. Em sua margem esquerda apresenta uma faixa mais ampla de mata ciliar (cerca de 40 metros), mas também circundada por uma região residencial. Seu fluxo hídrico exhibe trechos com pequenas quedas d'água, corredeiras e remansos. O leito é constituído por grande quantidade de rochas de diversos tamanhos, muitas vezes expostas fora da água, e em algumas localidades há trechos com sedimento fino em abundância.

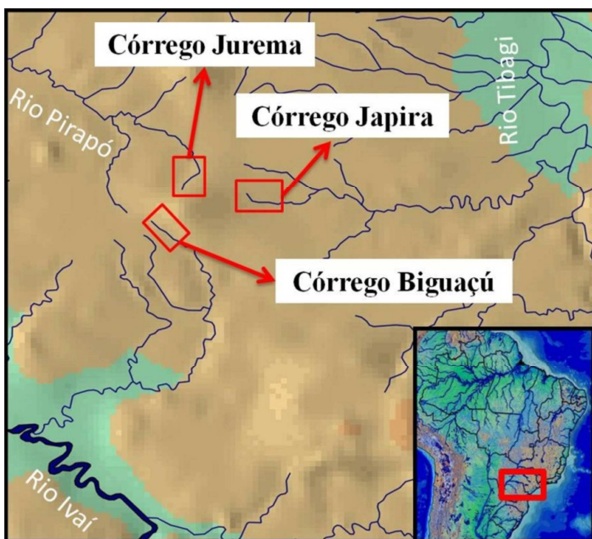


Figura 1. Mapa da área estudada na bacia do alto rio Paraná.

Amostragem ictiológica

Os peixes foram coletados trimestralmente no período de Janeiro à Novembro de 2012, com peneiras, de 1,0 x 0,50 m com malha de 3 mm entre nós adjacentes, e rede de arrasto, de 5 metros com malha de 5 mm entre nós adjacentes. A licença de coleta foi adquirida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (Número 33448-1).

Após a coleta, os peixes foram anestesiados (Cloridrato de Benzocaína dissolvido em água, 100 ml/15 litros), mortos, fixados em formol 10% e conservados em

álcool 70%. Em laboratório, os peixes foram identificados de acordo com bibliografia específica (1). Os exemplares testemunhos foram depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM 97, UFTM 114 e UFTM 153).

Análise de qualidade ambiental

Os trechos foram avaliados aplicando-se o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Hábitat. Este método observacional avalia 22 questões qualitativas pontuando diferentes atributos ambientais, a soma total das pontuações dos atributos permite classificar os ambientes em impactado (0 a 40 pontos), alterado (41 a 60 pontos) e natural (acima de 60 pontos) (16).

Análise ecomorfológica

Para a análise ecomorfológica foram utilizados 15 exemplares de *P. reticulata* de cada córrego (totalizando 45 indivíduos), de maneira que em cada indivíduo foram tomadas 24 medidas morfométricas e calculadas seis áreas corporais. As medidas foram realizadas todas no lado esquerdo do corpo de cada espécime, com a utilização de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, e as áreas foram obtidas através do contorno manual em plástico transparente das estruturas e em seguida digitalizadas e calculadas no *software* AUTO CAD 2009.

As medidas morfométricas foram: **Comprimento Padrão (CP)**, da extremidade anterior do focinho (na sínfise do pré-maxilar) até a extremidade posterior da coluna vertebral (evidenciada ao se curvar à nadadeira caudal para os lados); **Altura Máxima do Corpo (AIMCp)**, distância medida verticalmente na base do primeiro raio da nadadeira dorsal até a região ventral; **Altura Média do Corpo (AIM)**, distância medida verticalmente da linha lateral, abaixo da nadadeira dorsal, até a região ventral; **Largura Máxima do Corpo (LMCp)**, medida realiza na região mais larga do corpo; **Comprimento do Pedúnculo Caudal (CPd)**, distância entre a inserção do último raio da nadadeira anal a origem da nadadeira caudal; **Altura do Pedúnculo Caudal (AIPd)**, distância medida verticalmente na região mais baixa do pedúnculo caudal; **Comprimento da Nadadeira Caudal (CC)**, distância da inserção do primeiro raio da nadadeira caudal até a extremidade de seu raio mais longo; **Altura da Nadadeira**

Caudal (AIC), maior distância vertical entre as extremidades dos raios mais longos dorsal e ventral, quando a nadadeira esta aberta; **Comprimento da Nadadeira Dorsal (CD)**, distância da base do primeiro raio da dorsal até seu raio mais longo; **Altura da Nadadeira Dorsal (AID)**, maior distância longitudinal entre as extremidades dos raios anteriores e posteriores, quando a nadadeira esta aberta; **Comprimento da Nadadeira Anal (CA)**, distância da origem até a inserção do último raio da nadadeira anal; **Altura da Nadadeira Anal (AIA)**, distância da origem até a extremidade do raio mais longo da nadadeira anal; **Comprimento da Nadadeira Peitoral (CPT)**, distância da origem até a extremidade do raio mais longo da nadadeira peitoral; **Altura da Nadadeira Peitoral (AIPt)**, maior distância entre as extremidades dos raios mais distantes entre si, quando a nadadeira esta aberta; **Comprimento da Nadadeira Pélvica (CPv)**, distância da origem até a extremidade do raio mais longo da nadadeira pélvica; **Altura da Nadadeira Pélvica (AIPv)**, maior distância entre as extremidades dos raios mais distantes entre si, quando a nadadeira esta aberta; **Comprimento da Cabeça (CCb)**, distância entre as extremidades anterior do focinho e súpero-posterior do opérculo, excluindo a membrana opercular; **Altura da Cabeça (AICb)**, distância medida verticalmente na região do olho; **Largura da Cabeça (LCb)**, distância medida transversalmente na região do olho; **Altura Média do Olho (AIO)**, distância medida verticalmente da região média do olho até a região ventral; **Altura Máxima da Boca (AIBo)**, distância medida verticalmente da sínfise do pré-maxilar até a sínfise do dentário, quando a boca está aberta; **Largura Máxima da Boca (LBo)**, distância medida transversalmente na região media do maxilar, quando a boca está aberta; **Comprimento do Focinho com a boca Aberta (CFA)**, distância entre a extremidade anterior do focinho até o limite anterior da órbita, quando a boca está aberta; **Comprimento do Focinho com a boca Fechada (CFF)**, distância entre a extremidade anterior do focinho até o limite anterior da órbita, quando a boca está fechada.

Também foram calculadas as áreas corporais: Área da nadadeira Dorsal (AD), Área da nadadeira Anal (AA), Área da

nadadeira Caudal (AC), Área da nadadeira Peitoral (APt), Área da nadadeira Pélvica (APv) e a Área do Olho (AO). Para obter a área real foi utilizada a seguinte função: $f(x) = (ADN \cdot ARE) / ADE$. Sendo que: “x” é a área real da nadadeira ou olho; “ADN” equivale a área digital da nadadeira ou olho (dado pelo *software*); “ARE” se refere a área real da escala utilizada; e “ADE” indica a área digital da escala (dada pelo *software*).

Após a obtenção dos dados, foram calculados 22 índices ecomorfológicos com base nos valores obtidos das áreas e medidas corporais (11-12, 18-19,). Estas proporções serviram para controlar o efeito do tamanho dos indivíduos e demonstrar divergências nas formas e estruturas corporais (17). Os índices foram calculados de acordo com as metodologias de.

Os índices utilizados foram: índice de compressão (IC), $f(x) = AIMc / LMc$, os maiores valores indica um corpo mais comprimido e é atribuído para peixes que ocupam ambientes lênticos (20); índices de depressão da região ventral (ID), $f(x) = AIM / AIMc$, baixos valores indicam espécies com corpos comprimidos e é caracterizado por peixes que habitam áreas de fluxo hidrodinâmico rápido (20); comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPd), $f(x) = CPd / CP$, maiores valores indicam pedúnculo caudal longo e é associado a peixes que possuem capacidade de arranques de curto deslocamento e exploram ambientes com fluxo hidrodinâmico rápido (20); altura relativa do pedúnculo caudal (AIRPd), $f(x) = AIPd / AIMc$, valores baixos indicam alta capacidade de mobilidade (11); largura relativa do pedúnculo (LRPd), $f(x) = LPd / LMc$, valores altos são associados a peixes com natação contínua (11); comprimento relativo da cabeça (CRCb), $f(x) = CCb / Cp$, valores relacionado com o tamanho do alimento (alto valor equivale a um recurso de tamanho maior) (17, 20, 21); altura relativa da cabeça (AIRCb), $f(x) = AICb / AIMc$, interpretação similar ao comprimento relativo da cabeça (17); Largura relativa da cabeça (LRCb), $f(x) = LCb / LMc$, interpretação similar ao comprimento relativo da cabeça (17); Altura relativa da boca (AIRBo), $f(x) = AIBo / AIMc$, valores relacionado com o tamanho do alimento (alto valores equivale a um recurso de tamanho maior) (18) e pode também ser interpretado em relação a capacidade de sucção

(menores valores associado a maior capacidade de sucção) (22); largura relativa da boca (LRBo), $f(x) = \text{LRBo}/\text{LMCp}$, interpretação similar ao índice Altura relativa da boca; Índice de protusão da boca (IP), $f(x) = \text{CFA}/\text{CFF}$, relacionado com a habilidade de capturar presas evasivas e grandes (23; 24); Posição vertical do olho (PVO), $f(x) = \text{AIO}/\text{AICb}$, associado a posição na coluna d'água para forrageamento (maiores valores espécies bentônicas e baixos valores espécies nectônicas) (18, 20, 25); Área relativa do olho (ARO), $f(x) = \text{AO}/(\text{Cp})^2$, relacionado com a detecção do alimento e posição na coluna d'água (menores valores associado a explorares de regiões bentônicas) (18, 26); Área relativa da nadadeira dorsal (ARD), $f(x) = \text{AD}/(\text{Cp})^2$, altos valores indicam maior capacidade de estabilização, frenagens e acelerações durante a natação (27-29); Área relativa da nadadeira caudal (ARC), $f(x) = \text{AC}/(\text{Cp})^2$, valores altos indicam maior capacidade de aceleração (27, 29); Razão aspecto da nadadeira caudal (RAC), $f(x) = (\text{AIC})^2/\text{AC}$, altos valores sugerem nadadeiras caudais com tendência a realizar natação contínua (27-30); Área relativa da nadadeira anal (ARA), $f(x) = \text{AA}/(\text{Cp})^2$, altos valores sugerem maior capacidade de realizar manobras (manobrabilidade) e movimento estáveis (27, 29); Razão aspecto da nadadeira anal (RAA), $f(x) = (\text{CA})^2/\text{AA}$, maiores valores relacionados com maior capacidade de realizar movimentos regressivos durante a natação (27, 29); Área relativa a nadadeira peitoral (ARPt), $f(x) = \text{APt}/(\text{Cp})^2$, valores altos sugerem maior capacidade de realizar movimento rápidos de frenagens e aceleração durante a natação (18, 20) e em peixes bentônico de corredeiras maiores valores pode indicar maior capacidade de aderir ao substrato (31, 32); Razão aspecto da nadadeiras peitoral (RAPt), $f(x) = (\text{CPt})^2/\text{APt}$, altos valores relacionado com maior velocidade de natação (29, 33, 34) e em peixes bentônico de corredeiras maiores valores pode indicar maior capacidade de aderir ao substrato (31, 32); Área relativa da nadadeira pélvica (ARPv), $f(x) = \text{APv}/(\text{Cp})^2$, maiores valores indicam maior capacidade de aderir ao substrato (31, 32) e menores valores sugerem peixes pelágicos (29, 35); Razão aspecto da nadadeira pélvica (RAPv), $f(x) = (\text{CPv})^2/\text{APv}$, altos valores estão relacionados com a capacidade de realizar

movimento de frenagens (18) e em peixes bentônicos uma maior capacidade de aderir ao substrato (31).

A análise de Variáveis Canônicas (AVC) foi utilizada para diminuir a dimensionalidade dos dados e facilitar a verificação das diferenças ecomorfológicas entre os espécimes. Esta análise produz uma separação máxima entre todos os grupos, sendo que os eixos são combinações lineares das variáveis originais e seus valores evidenciam a quantidade de variação explicada por cada eixo. Posteriormente, foi realizado o teste de Wilk's lambda, para verificar se havia diferenças entre as populações, e logo após o teste "*post hoc*" de comparações pareadas de *Hotelling* entre as populações, para verificar em qual relação espacial havia diferenças significativas. Todas as análises foram realizadas no software PAST versão 2.03 (36).

Análise da dieta

A composição da dieta foi realizada por meio da análise do conteúdo estomacal dos indivíduos. Para isso, foi observada a ocorrência e o volume de cada item alimentar contidos no estômago de cada espécime (37). O conteúdo estomacal foi mensurado com uma placa milimétrica, obtendo-se o volume em unidade mm^3 para posterior conversão em ml (38).

Os itens alimentares encontrados foram identificados ao menor nível taxonômico possível, com auxílio de manuais de identificação (39, 40). Os grupos não identificados foram agrupados em categorias como, Detrito/sedimento, Raiz, resto de inseto, resto de planta e semente.

Os dados de conteúdo estomacal foram utilizados para os cálculos dos seguintes índices, para cada população: Quantidade de Itens Alimentares por espécime, Volume Total por espécime, Índice Alimentar, Diversidade de Shannon e Simpson de itens alimentares, Equitabilidade dos itens alimentares e Dominância dos itens alimentares. Em posse desses dados, foi realizada uma análise comparativa de Kruskal-Wallis das variáveis alimentares entre os córregos analisados. As variáveis que apresentaram diferenças significativas foram analisadas de forma pareada com o teste de Mann-Whitney, para verificar em qual relação inter-córregos houve diferenças significativas. Todas as análises foram

realizadas no software PAST versão 2.03 (36).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de qualidade ambiental e diversidade de habitats, a somatória dos atributos exigidos pelo protocolo demonstrou

que o córrego Jurema, com 68 pontos, foi considerado natural, seguido pelo córrego Biguaçu, com 58 pontos, evidenciado como um ambiente alterado e por fim o córrego Japira, com 36 pontos, indicando como impactado (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da análise de qualidade ambiental, média dos índices utilizados na análise da dieta e análise descritiva dos recursos/itens alimentares consumidos por *Poecilia reticulata* nos córregos analisados. Protocolo de avaliação rápida (PAR); Porcentagem de ocorrência (%ocor); porcentagem de volume (%vol); índice de importância alimentar (iai); terrestre (TER); Adulto (A); Larva (L).

Córrego	Jurema			Biguaçu			Japira		
Qualidade ambiental	Natural			Alterado			Impactado		
Pontuação no PAR	68			58			36		
Quantidade de itens	3,6			3,9			2,7		
Volume total	0,03			0,04			0,83		
Índice alimentar	114,59			156,48			66,80		
Diversidade de Shannon	0,74			0,95			0,41		
Diversidade de Simpson	0,38			0,51			0,22		
Equitabilidade	0,55			0,71			0,34		
Dominância	0,61			0,48			0,77		
Itens alimentares	%ocor.	%vol	iai	%ocor.	%vol	iai	%ocor.	%vol	iai
Detrito/Sedimento	70,00	53,17	53,13	80,00	58,95	70,60	100,00	99,14	99,63
Resto De Raiz	0,00	0,00	0,00	10,00	0,48	0,07	20,00	0,16	0,03
Diptera (A) (T)	20,00	0,83	0,24	40,00	7,88	4,72	0,00	0,00	0,00
Resto de Inseto	70,00	12,12	12,11	80,00	14,80	17,72	70,00	0,31	0,22
Resto de Planta	10,00	0,28	0,04	40,00	7,16	4,29	10,00	0,10	0,01
Coleoptera	10,00	0,28	0,04	10,00	1,43	0,21	0,00	0,00	0,00
Trichoptera (L)	10,00	0,28	0,04	20,00	0,72	0,21	0,00	0,00	0,00
Trichoptera (Ninfa)	0,00	0,00	0,00	20,00	2,15	0,64	0,00	0,00	0,00
Trichoptera (A)	0,00	0,00	0,00	20,00	0,95	0,29	0,00	0,00	0,00
Chironomidae (L)	90,00	24,52	31,50	30,00	1,43	0,64	40,00	0,26	0,11
Lepdoptera	20,00	3,58	1,02	10,00	0,24	0,04	10,00	0,01	0,00
Hymenoptera	0,00	0,00	0,00	10,00	0,24	0,04	20,00	0,02	0,00
Semente	0,00	0,00	0,00	10,00	2,86	0,43	0,00	0,00	0,00
Homoptera (L)	30,00	3,58	1,53	10,00	0,72	0,11	0,00	0,00	0,00
Odonata	20,00	1,10	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ephydriidae	10,00	0,28	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Na análise de variáveis canônicas os índices que mais explicaram variações ecomorfológicas em *P. reticulata* foram encontrados no eixo "CVA 1", com 72,33% de variância, que caracterizou, principalmente, a relação entre os córregos Jurema e Biguaçu. Neste eixo, os índices mais representativos foram Razão aspecto da nadadeira anal, Área relativa da nadadeira pélvica (valores positivos), Razão

aspecto da nadadeira caudal e Razão aspecto da nadadeira pélvica (valores negativos). No eixo "CVA 2", que expressou 27,67% de explicação nas diferenças populacionais, os índices mais representativos foram Largura relativa da boca, Área relativa do olho, Área relativa da nadadeira anal, Área relativa da nadadeira peitoral (valores positivos), Área relativa da nadadeira caudal, Razão aspecto da

nadadeira anal e Razão aspecto da nadadeira peitoral (valores negativos). Este eixo foi o que melhor caracterizou a relação entre o córrego Japira com os córregos

Jurema e Biguaçu (Tabela 2 e Figura 2). Na comparação pareada entre os córregos, houve diferenças significativas em todas as relações (Tabela 3).

Tabela 2. Valores na Análise de Variáveis Canônicas (CVA) dos índices para todos os índices ecomorfológicos nas populações de *Poecilia reticulata*. Números em negrito representam os valores que influenciaram a separação das populações.

Wilks' lambda= 0,04; f= 3,61; p=0,00002		
Eixo	CVA1	CVA2
Autovalores	5,978	2,287
Variância (%)	72,33	27,67
Índice de compressão (IC)	-0,00092565	-0,0030416
Índice de depressão (ID)	0,0019583	-0,011184
Comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPD)	0,0076086	-0,00042621
Altura relativa do pedúnculo caudal (ALRPD)	0,006089	0,0026183
Largura relativa do pedúnculo caudal (LRPD)	-0,0074157	-0,019839
Comprimento relativo da cabeça (CRCB)	0,0024934	0,0065477
Altura relativa da cabeça (ALRCB)	-0,0016537	-0,0026662
Largura relativa da cabeça (LRCB)	0,00043587	0,014752
Altura relativa da boca (ALRBO)	0,015926	0,017319
Largura relativa da boca (LRBO)	0,001767	0,038939
Índice de protrusão (IP)	0,001661	-0,0010975
Posição vertical do olho (PVO)	0,005679	0,004716
Área relativa do olho (ARO)	0,011123	0,047602
Área relativa da nadadeira dorsal (ARD)	0,0034122	-0,012151
Área relativa da nadadeira caudal (ARC)	-0,0061938	-0,026337
Razão aspecto da nadadeira caudal (RAC)	-0,028637	0,018786
Área relativa da nadadeira anal (ARA)	-0,0043655	0,032191
Razão aspecto da nadadeira anal (RAA~)	0,022458	-0,037866
Área relativa da nadadeira peitoral (ARPT)	0,01261	0,029778
Razão aspecto da nadadeira peitoral (RAPT)	-0,0083455	-0,022452
Área relativa da nadadeira pélvica (ARPV)	0,027006	-0,0057537
Razão aspecto da nadadeira pélvica (RAPV)	-0,022091	-0,00039576

Tabela 3. Comparações pareadas de Hotelling entre as populações de *Poecilia reticulata*.

	JAPIRA	JUREMA	BIGUAÇU
JAPIRA	-	0,046537	0,009479
JUREMA		-	0,048298

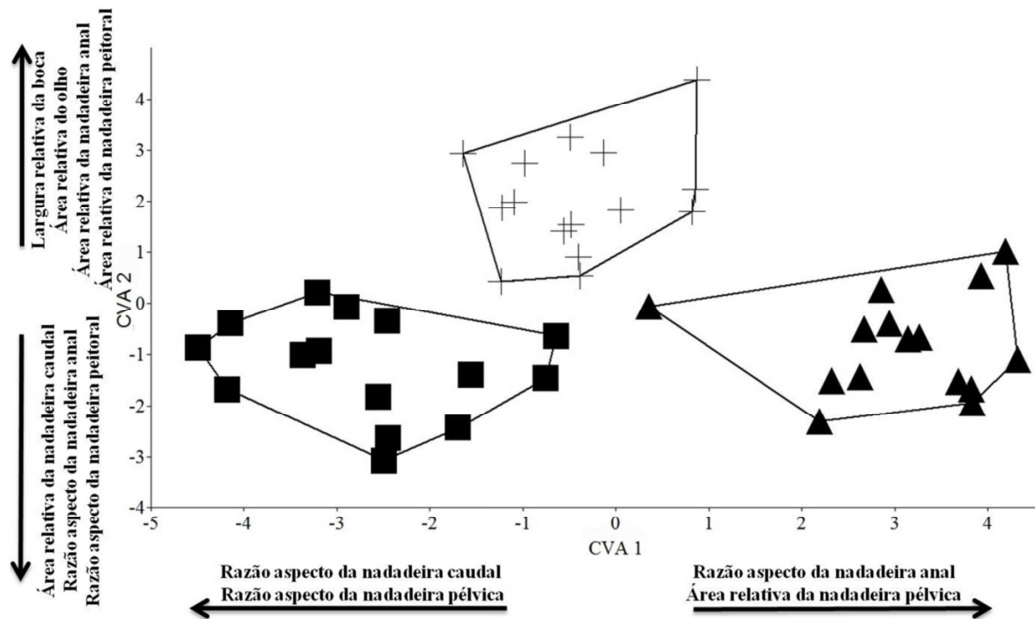


Figura 2. Distribuição dos escores na Análise das Variáveis Canônicas (CVA) entre as populações de *Poecilia reticulata*, com indicações dos índices que mais influenciaram as diferenças entre populações. Quadrado= córrego Jurema; cruz= córrego Japira; triângulo= córrego Biguaçu.

Na análise de atributos alimentares os parâmetros que exibiram diferenças significativas foram o Índice Alimentar ($p=0,06$), Dominância ($p=0,04$), Equitabilidade ($p=0,02$), diversidade de Shannon ($p=0,04$) e diversidade de Simpson ($p=0,04$) (Figura 3). Apenas os atributos Quantidade de Itens Alimentares e Volume Total do Estômago não apresentaram diferenças significativas (respectivamente,

$p=0,18$ e $p=0,86$). Em quase todos atributos o córrego Biguaçu foi o que apresentou os maiores valores, seguido pelo córrego Jurema (valores intermediários) e córrego Japira (menores valores). Porém, no índice de dominância esta tendência se inverteu, com o córrego Japira com maiores valores, seguido pelo córregos Jurema (valores intermediários) e Biguaçu (menores valores) (Figura 3).

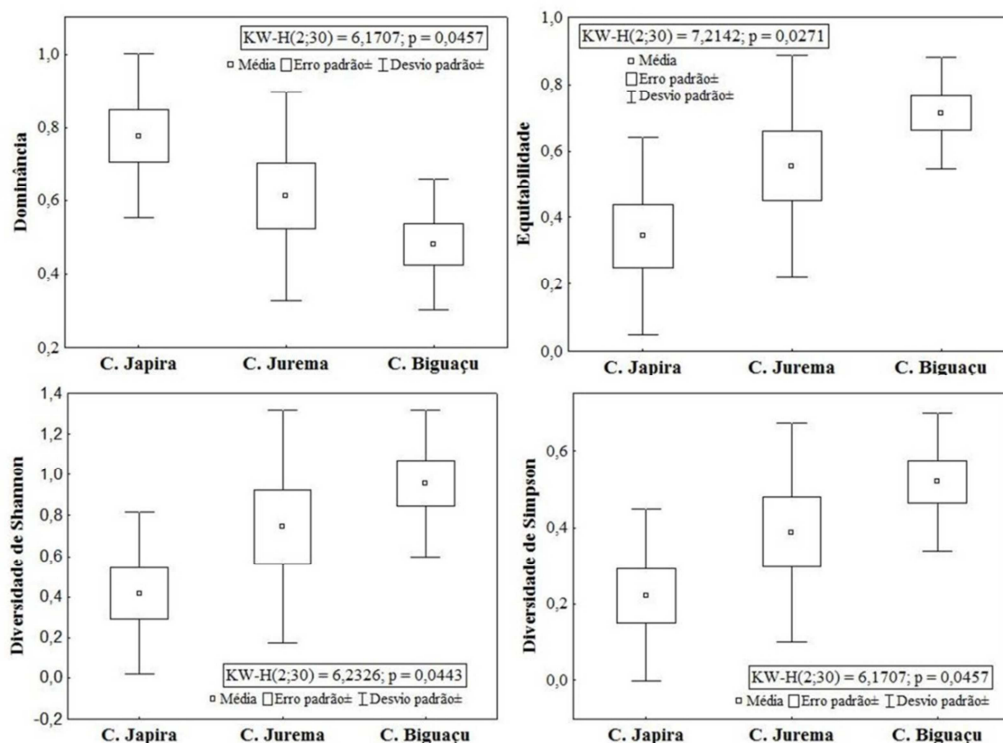


Figura 3. Análise comparativa das variáveis alimentares entre os córregos analisados.

As análises pareadas dos atributos com diferenças significativas, demonstrou que a relação entre os córregos Japira e Biguaçu foi a única que exibiu variações

significativas para maioria dos atributos testados (exceto para Índice Alimentar que não exibiu diferenças significativas em nenhuma relação) (Tabela 4).

Tabela 4. Comparações pareadas dos atributos alimentares encontrado nos córregos para *P. reticulata*.

Kruskal-Wallis: H (2, N= 30) =5,361193 p = 0,0685			
Índice Alimentar	Córrego Japira	Córrego Jurema	Córrego Biguaçu
Córrego Japira	-	0,213975	0,092550
Córrego Jurema	-	-	1,000000
Kruskal-Wallis: H (2, N= 30) =6,170652 p = 0,0457			
Dominância	Córrego Japira	Córrego Jurema	Córrego Biguaçu
Córrego Japira	-	0,401931	0,041242
Córrego Jurema	-	-	1,000000
Kruskal-Wallis: H (2, N= 30) =6,232643 p = 0,0443			
Diversidade de Shannon	Córrego Japira	Córrego Jurema	Córrego Biguaçu
Córrego Japira	-	0,487239	0,038409
Córrego Jurema	-	-	0,824234
Kruskal-Wallis: H (2, N= 30) =6,170652 p = 0,0457			
Diversidade de Simpson	Córrego Japira	Córrego Jurema	Córrego Biguaçu
Córrego Japira	-	0,401931	0,041242
Córrego Jurema	-	-	1,000000
Kruskal-Wallis: H (2, N= 30) =7,214162 p = 0,0271			
Equitabilidade	Córrego Japira	Córrego Jurema	Córrego Biguaçu
Córrego Japira	-	0,328662	0,022959
Córrego Jurema	-	-	0,858185

DISCUSSÃO

A relação ecomorfológica aponta que as diferenças interpopulacionais são afetadas pela qualidade ambiental, visto que essas mostram diferenças significativas em seus caracteres morfológicos. Assim, a população do córrego Jurema (considerado qualitativamente como ambiente natural), em relação ao córrego Biguaçu (considerado como ambiente alterado), é constituída por indivíduos que exibem atributos natatórios com bom desempenho na aceleração, mas com baixa capacidade de realizar movimentos rápidos e com natação descontínua, se mantendo principalmente nas regiões mais superficiais da coluna d'água, de acordo com a interpretação dos índices (18, 27, 29-32, 35).

A caracterização destas populações pode estar ligada às interações biológicas e às características do fluxo hidrodinâmico dos córregos. As características natatórias dos

representantes do córrego Jurema ligadas a interações ecológicas podem ser explicadas pela presença de predadores, como *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, 2000 (válida taxonomicamente como *A. lacustris* (Lütken, 1875)), *Astyanax aff. fasciatus* (Cuvier, 1819) e *Astyanax aff. paranae* Eigenmann, 1914 (41). Os diferentes obstáculos observados no córrego Jurema, como corredeiras, poços, remansos, rochas, raízes e folhas submersas, podem responder pela atividade do fluxo hidrodinâmico, pois os espécimes são obrigados a executar respostas de transposição e migração rápida (41, 42). Desse modo, os atributos mais eficientes para essas ações trazem vantagens adaptativas que garantem a sobrevivência, providenciando a fuga rápida de predadores e/ou capacidade de dispersão dentro dos micro habitats aquáticos. Esta tendência também é relatada para espécie por outros autores (13).

Em contraposição a população do córrego Japira, classificado como ambiente impactado, pode ser formado por indivíduos com uma baixa capacidade para executar a natação de manobras e com relativa perda da capacidade migratória, sendo obrigados a explorar regiões mais profundas da coluna d'água, com baixa capacidade de sucção, conforme interpretação dos índices (18, 22, 26-31, 33, 34).

Estas características podem estar ligadas às estratégias na obtenção de alimentos no córrego Japira, cujo micro habitats são mais homogêneos resultando no aumento da competição intra e interespecífica, padrão esse observado para *Phaloceros harpagos* Lucinda, 2008 (41). Desta forma, a alta capacidade natatória proporciona uma maior varredura do ambiente, maior agilidade de forrageamento e maior probabilidade de sucesso de captura do alimento à deriva.

A heterogeneidade espacial do leito do córrego Jurema provavelmente favorece a maior diversidade de espécies de invertebrados em comparação aos outros córregos, especialmente o grupo dos fragmentadores (42). A presença desse grupo trófico de macroinvertebrados disponibiliza recursos de menor porte (43), reduzindo o gasto energético nos processos de fragmentação e diminuindo o tempo de exposição dos indivíduos na coluna d'água (por exemplo, exploração de recursos na região superficial da coluna d'água). Além disso, pode-se considerar como uma estratégia anti-predatória, por não precisar competir por recursos de grande porte se expondo na coluna d'água.

Assim, a qualidade ambiental afeta diretamente as características ecomorfológicas, pois em ambientes naturais os recursos alimentares em maior abundância possibilita um menor gasto energético no forrageamento e esta energia pode ser investida em estratégias contra possíveis predadores, mantendo uma maior amplitude de atributos ecomorfológicos, como pode ser observado na Figura 2. Em ambientes impactados a ausência de predadores, por influência da qualidade ambiental, e a baixa quantidade de recursos alimentares tendem a selecionar atributos especializados na exploração e captura de recursos de forma rápida na coluna d'água, compactando e diminuindo a diversidade

ecomorfológica. A pressão ambiental é maior em indivíduos que não apresentam uma característica adaptativa desejável, desse modo o ambiente seleciona os indivíduos através da supressão ou exclusão desses caracteres dentro de uma população (44).

As diferenças significativas entre os índices alimentares observados nos indivíduos do córrego Japira e Biguaçu, podem ser também um fator de pressão ambiental. A interferência do fluxo hidrodinâmico em cada córrego, transpõem parte dos pressupostos do protocolo aqui admitidos. Provavelmente, as variações dos micro habitats como presença de corredeiras no córrego Biguaçu e poços no córrego Japira, afetam a disponibilidade de alimento, induzindo a uma resposta comportamental e ecomorfológica dos indivíduos nesse ambiente. Em ambientes com menor taxa de renovação da água, com fluxo lântico e laminar, tendem a sedimentar quase todo o aporte que chega (45, 46) ou produzido no ambiente. Assim, há uma menor disponibilidade de recursos e um excesso de exploração de outros (evidenciada nos valores dos parâmetros ecológicos), como por exemplo, sedimento (ver Tabela 3)

Em síntese, a hipótese inicial proposta foi corroborada, tendo em vista que houve diferenças significativas entre as populações analisadas. As diferenças se pautaram, principalmente, em questões relacionadas as características ambientais, como a diversidade de hábitat e disponibilidade de recursos, e secundariamente na interações ecológicas que cada córrego possui. Neste sentido, verificar outras interações no desempenho do comportamento natatório e observar as interações ecológicas em experimentos, podem auxiliar a compreender como as condições qualitativas do ambiente afeta na manutenção e seleção dos organismos aquáticos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos Laboratórios de Ecologia Aquática de UFTM (LEA-UFTM) e da Coleção Ictiológica do Nupélia/UEM (NUP) pelo suporte técnico e logístico. Souza F. agradece a CAPES pelo provimento de bolsa. Camargo PRS e Silva RG agradecem a PROACE pelo provimento de auxílios acadêmicos.

CONCLUSÕES

Os extratos de *S. spectabilis* e *R. officinalis* apresentaram atividade frente à *C. albicans* nas concentrações de 500 e 250 µg/mL, respectivamente. O estudo cinético

revelou que ao se colocar os extratos em contato com a *C. albicans* há efeito proporcional ao tempo de exposição, com destaque para a observação no tempo inicial 30 minutos.

REFERÊNCIAS

- (1) GRAÇA, W.J.; PAVANELLI, C.S. 2007. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007.
- (2) VIEIRA, F.; GOMES, J.P.G.; MAIA, B.P.; MARTINS, L.G. **Peixes do Quadrilátero Ferrífero – Guia de Identificação**: Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2015.
- (3) HASKINS, C.P.; HASKINS, E.F. The inheritance of certain color patterns in wild populations of *Lebistes reticulatus* in Trinidad. **Evolution**, v.5, p.216–225, 1951.
- (4) IHERING, R. Cyprinodontes brasileiros (peixes “guarús”) systemática e informações biológicas. **Archivos do Instituto Biológico**, v.4, p.243-283, 1931.
- (5) SOUZA, F.; TOZZO, R.A. *Poecilia reticulata* Peters 1859 (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) como possível bioindicador de ambientes degradados. **Revista Meio ambiente e Sustentabilidade**, v.3, n.2, p.163-175, 2013.
- (6) GOMIERO, L.M.; BRAGA, F.M.S. Reproduction of a fish assemblage in the State of São Paulo, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.67, n.2, p.283-292, 2007.
- (7) ALVES, D.R.; LUQUE, J.L.; PARAGUASSÚ, A.R.; MARQUES, F. A. Ocorrência de *Camallanus cotti* (Nematoda: Camallanidae) parasitando o Guppy, *Poecilia reticulata* (Osteichthyes: Poeciliidae) no Brasil. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida** v.22, p.77-79, 2000.
- (8) POMPEU, P.S.; ALVES, C.B.M. Local fish extinction in a small tropical lake in Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.1, n.2, p.133-135, 2003.
- (9) PERES-NETO, P.R. Alguns métodos em estudo e em ecomorfologia de peixes em riachos. **Série Oecologia barsileinsis**, v.6, p.209-236, 1999.
- (10) TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S.T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotropical**, v.7, n.2, p.67-76, 2007.
- (11) OLIVEIRA, E.F.; GOULART, E.; BREDÁ, L.; MINTE-VERA, C.V.; PAIVA, L.R.S. VISMARA, M.R. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v.8, n.3, p.569-586, 2010.
- (12) PAGOTTO, J.P.A.; GOULART, E.; OLIVEIRA, E.F.; YAMAMURA, C.B. Trophic ecomorphology of Siluriformes (Pisces, Osteichthyes) from a tropical stream. **Brazilian Journal of Biology**, v.71, n.2, p.469-479, 2011.
- (13) MISE, F.T.; SOUZA, F.; PAGOTTO, J.P.A.; GOULART, E. Intraspecific ecomorphological variations in *Poecilia reticulata* (Actinopterygii, Cyprinodontiformes): comparing populations of distinct environments. **Iheringia, Série Zoologia**, v.105, n.2, p.217-222, 2015.
- (14) WESTNEAT, M.W. Phylogenetic systematics and biomechanics in ecomorphology. **Environmental Biology of Fishes**, v.44, p.263-283, 1995.
- (15) PINTO, G.S.; ÁVILA-PIRES, T.C.S. Crescimento alométrico, morfologia e uso do habitat em cinco espécies de *Mabuya Fitzinger* (Reptilia, Scincidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, n.2, p.161-168, 2004.
- (16) CALLISTO, M.; FERREIRA, W.R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRICIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MGRJ). **Acta Limnologica Brasiliensis**, v.14, n.1, p.91-98, 2002.
- (17) WINEMILLER, K.O. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish

- assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, v.61, n.4, p.343-365, 1991.
- (18) GATZ JR., A.J. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane Studies in Zoology and Botany**, v.21, n.2, p.91-124, 1979.
- (19) MAZZONI, R.; MORAES, M.; REZENDE, C.F.; MIRANDA, J.C. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto Tocantins, Goiás, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v.100, n.2, p.162-168, 2010.
- (20) WATSON, D. J.; BALON, E. K. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**, v.25, p.371-384, 1984.
- (21) POUILLY, M.; LINO, F.; BRETENOUX, J.G.; ROSALES, C. Dietary-morphological relationship in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. **Journal of Fish Biology**, v.62, p.1137-1158, 2003.
- (22) NORTON, S.F.; BRAINERD, E.L. Convergence in the feeding mode of ecomorphologically similar species in the Centrarchidae and Cichlidae. **Journal of Experimental Biology**, v.176, p.11-29, 1993.
- (23) HULSEY, C.D.; GARCÍA DE LEÓN, F.J. Cichlid jaw mechanics: linking morphology to feeding specialization. **Functional Ecology**, v.19, n.3, p.487-494, 2005.
- (24) COCHRAN-BIEDERMAN, J.L.; WINEMILLER, K.O. Relationships among habitat, ecomorphology and diets of cichlids in the Bladen River, Belize. **Environmental Biology of Fishes**, v.88, n.2 p.143-152, 2010.
- (25) FREIRE, A.G.; AGOSTINHO, A.A. Ecomorfologia de oito espécies dominantes da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná/Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.13, n.1, p.1-9 30, 2001.
- (26) WIKRAMANAYAKE, E.D. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. **Ecology**, v.71, n.5, p.1756-1764, 1990.
- (27) GOSLINE, W.A. **Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes**. Honolulu: University Press of Hawaii, 1971.
- (28) BOND, C. E. **Biology of fishes**. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1979.
- (29) BREDA, L.; OLIVEIRA, E.F.; GOULART, E. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.27, n.4, p.371-381, 2005.
- (30) PAULY, D. Food consumption by tropical and temperate fish populations: some generalizations. **Journal of Fish Biology**, v.35, p.11-20, 1989.
- (31) CASATTI, L.; CASTRO, R.M.C. A fish community of the São Francisco River headwater riffles, Southeastern Brazil. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v.9, n.3, p.229-242, 1998.
- (32) KERFOOT JR., J.R.; SCHAEFER, J.F. Ecomorphology and habitat utilization of *Cottus* species. **Environmental Biology of Fishes**, v.76, n.1, p.1-13, 2006.
- (33) GOSLINE, W.A. Function and structure in paired fins of Scorpaeniform fishes. **Environmental Biology of Fishes**, v.40, p.219-226, 1994.
- (34) WAINWRIGHT, P.C.; BELLWOOD, D.R.; WESTNEAT, M.W. Ecomorphology of locomotion in Labrid fishes. **Environmental Biology of Fishes**, v.65, p.47-62, 2002.
- (35) VIDELER, J.J. **Fish swimming**. Netherlands: Chapman & Hall, 1993.
- (36) HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v.4, n.1, p.1-9, 2001.
- (37) HYSLOP, E.J. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. **Journal Fish Biology**, v.17, p.411-429, 1980.
- (38) HELLAWELL, J.M.; ABEL, R. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. **Journal of Fish Biology**, v.3, p.29-37, 1971.
- (39) COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C.E. **Insetos imaturos: metamorfose e identificação**. Ribeirão Preto: Holos, 2006.
- (40) MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. **Manual de**

identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

- (41) SOUZA, F.; ABREU, J.A.S.; SILVA, C.E.; GOUVEIA, A.A. Relação entre parâmetros ecológicos e qualidade ambiental em três córregos na bacia do alto rio Paraná. **Biotemas**, v.26, n.4, p.101-110, 2013.
- (42) SOUZA, F.; SANTOS, C.J.; TRAMONTE, R.P.; KLEPKA, V. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados em três córregos na bacia do alto rio Paraná: uma relação entre qualidade ambiental e parâmetros ecológicos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.7, n.2, p.413-427, 2014.
- (43) VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SENADELL, J.R.; CUSHING C.E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.37, n.1, p.130-137, 1980.
- (44) DARWIN, C. **On the Origin of Species**. London: John Murray, 1859.
- (45) AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO JR., H.F.; BORGHETTI, J.R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, v. 14, p.89-107, 1992.
- (46) ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2ªed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998.

Enviado: 05/06/2019
Revisado: 12/10/2019
Aceito: 27/01/2020