

Influência de impactos antrópicos refletem na relação predador-presa?

Does the influence of anthropic impacts reflect on the predator-prey relationship?

Fagner de Souza¹; Luiz Felipe Godinho Barreiros²; Ronielson Gaia da Silva³; Paulo Ricardo da Silva Camargo⁴; Nataly Mendes Neves^{*5}; Jordana Oliveira Borges^{*6}

¹ Doutor em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4203-8125>; E-mail: gnaofagner@hotmail.com

² Aluno do curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1874-8194>; E-mail: luizfelipegodinho100@gmail.com

³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6507-747X>; E-mail: ronielsongaia@hotmail.com

⁴ Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2089-4905>; E-mail: ricarduber@hotmail.com

^{*}Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade pela Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

⁵ Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0703-5348>; E-mail: natalymendesneves@hotmail.com

⁶ Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0371-1145>; E-mail: jordana_oborges@hotmail.com

RESUMO: As interações predador-presa presentes nas comunidades influenciam sua composição e estrutura, atuando como força controladora na dinâmica espacial e temporal das populações. Nesse contexto, objetivamos avaliar a influência dos impactos ambientais na dinâmica interacional entre predadores e presas em ambientes com distintas características qualitativas. Para isso, foram realizadas coletas de macroinvertebrados (presa) e peixes (predador) em quatro pontos amostrais com distintos períodos sazonais. Foram realizadas análises de correlação entre predadores e presas em diferentes cenários e, posteriormente, avaliado o tipo de relação, positiva ou negativa. Contudo, em nossos resultados foram encontradas mais relações positivas do que negativas, que pode indicar que a predação diretamente afeta outros tipos de relações ecológicas entre os grupos de presas. Foram exibidas maiores relações significativas nas regiões a montante em relação a jusante. Este fato pode estar ligado aos impactos antrópicos observados a jusante. Em síntese, a relação entre as interações predador-presa e a qualidade ambiental, prevista na hipótese inicial, foi corroborada, na qual as regiões a montante (com características qualitativas melhores) exibiram esta relação mais estável do que as regiões a jusante.

Palavras-chave: Bacia do rio Uberaba; ecologia de comunidades; impactos humanos; predação; relações ecológicas.

ABSTRACT: *The predator-prey interactions present in communities influence their composition and structure, acting as a controlling force in the spatial and temporal dynamics of populations. In this context, we aimed to evaluate the influence of environmental impacts on the interaction dynamics between predators and prey in environments with different qualitative characteristics. To this end, we collected macroinvertebrates (prey) and fish (predators) in four sampling sites with distinct seasonal periods. Correlation analyses were performed between predators and prey in different scenarios and, afterwards, the type of relationship, positive or negative, was evaluated. However, in our results more positive relationships were found than negative, which may indicate that predation directly affects other types of ecological relationships between prey groups. More significant relationships were exhibited in the upstream versus downstream regions. This fact may be linked to the anthropic impacts observed downstream. In summary, the relationship between predator-prey interactions and environmental quality, predicted in the initial hypothesis, was corroborated, in which upstream regions (with better qualitative characteristics) exhibited this relationship more stable than downstream regions.*

Keywords: *Uberaba river basin; ecology of communities; human impacts; predation; ecological relationships.*

INTRODUÇÃO

As populações vivem e interagem entre si numa determinada área ou habitat. Relyea e Ricklefs (2021) define essa convivência entre as populações como comunidade biótica, podendo está interagir de várias maneiras (e.g., transferência de energia e matéria). Essa dinâmica ecológica faz com que as interações dentro dessa comunidade possam acarretar competições que possa influenciar no número de indivíduos da população, até mesmo levar a extinção dentro da comunidade (ODUM, 2010).

Esta oscilação pode ser gerada por alguns fatores e estes podem ser explicados pelas interações dentro de uma comunidade. De acordo Cain; Bowman e Hacker (2017) os autores explica que a ação de uma população pode afetar a taxa de crescimento de outra população. Assim, as populações podem inter-relacionar umas às outras de maneira recíproca.

Para Chaves e Alves (2010), a sobrevivência e a reprodução dos animais são possíveis graças à disponibilidade de energia, ou seja, enquanto maior o consumo, maior será o ganho de energia. Os predadores, por exemplo, desenvolveram diversas estratégias para capturarem o maior número de presas possíveis, durante suas ações de forrageamento. Nesse sentido, a teoria de forrageamento ótimo proposto por MacArthur e Pianka (1966), estipula que os custos de energia envolvidos na procura, captura e manipulação da presa, não deve ser maior que a energia obtida nos itens alimentares.

Segundo , Relyea e Ricklefs (2021) as populações podem interagir de diversas formas: harmônicas, com nenhuma das populações prejudicadas (e. g., neutralismo); com uma espécie se beneficiando enquanto a outra não é afetada (e. g., comensalismo) e com ambas populações sendo favorecidas (e. g., protocooperação ou mutualismo); e desarmônicas, com as duas populações disputando entre si um recurso (competição), com uma população inibida enquanto a outra não é afetada (e. g., amensalismo), com uma espécie parasita usando a outra como hospedeiro (e. g., parasitismo) e com uma população se alimentando da outra (e. g., predação).

As interações desarmônicas podem ocorrer nas comunidades determinando, pelo menos em parte, sua composição e estruturação. Neste contexto a predação, pode atuar como força controladora na dinâmica espacial e temporal das espécies. Seu efeito pode auxiliar na sincronia dos ciclos populacionais na relação predador-presa (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2017).

Esta perspectiva foi constatada experimentalmente por Paine (1966), que observou que a remoção de predadores nas rochas de maré reduziu drasticamente a diversidade de herbívoros. Essa redução ocorreu, principalmente, pela intensificação da competição interespecífica entre os herbívoros (PAINE, 1966; ODUM, 2010; MORENO; ROCHA, 2012; RELYEA; RICKLEFS, 2021).

Vale ressaltar que a interação negativa em muitos casos se torna um mecanismo de seleção natural, pois, algumas populações que não se autorregulam são controladas e impedidas de ter uma superpopulação resultando no decréscimo de sua abundância (ODUM, 2010, RELYEA; RICKLEFS, 2021).

Mendonça et al. (2015) verificou a sobreposição espacial das densidades entre larvas de peixes (e. g., predadores) e o zooplâncton (e. g., presas). Com isso, evidenciaram que a migração vertical diária das larvas de *H. edentatus* e *P. squamosissimus* é utilizada como estratégia antipredatória entre as larvas e outros peixes.

As interações entre predador-presa têm sido abordadas em diferentes aspectos na ecologia. Na tentativa de compreender o que determina a dieta de um predador, os ecólogos têm concentrado sua atenção especial à teoria do forrageamento ótimo. Essa teoria se pauta no desenvolvimento de previsões de como as presas e os predadores ajustam seu comportamento e estratégias em resposta a mudanças sob condições específicas (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 2007).

Apesar dos predadores exibirem ampla variabilidade de táticas de forrageamento, em geral, exercem forte pressão de seleção sobre suas presas, influenciando no comportamento de fuga, sendo essa uma resposta desenvolvida ao longo da história evolutiva das relações predador-presa (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2017). O habitat influencia diretamente as relações, já que a heterogeneidade/complexidade exerce fator decisivo na oferta de recursos, como também na criação de áreas de refúgio. Um bom exemplo desta relação é a presença de bancos de macrófitas que podem fornecer, estabilidade climática, recursos alimentares e refúgios para diversas espécies (AGOSTINHO et al., 2007).

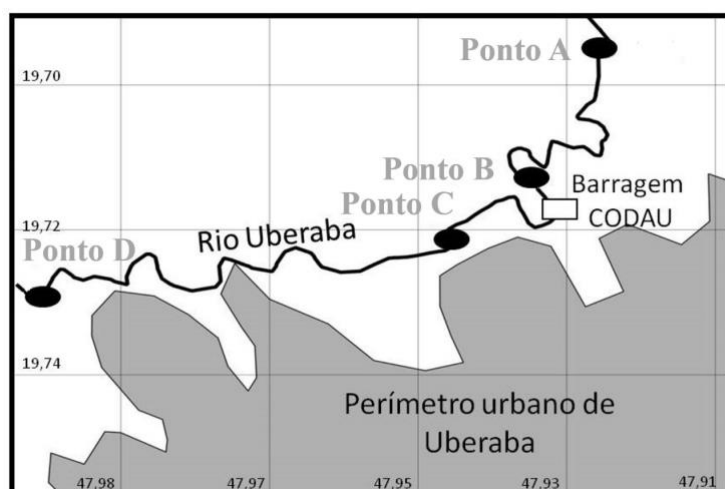
Em consonância com essas ideias hipostenizamos que os impactos ambientais e as mudanças das características do ambiente influenciam as relações predador-presa nas regiões afetadas. Para isso, objetivamos avaliar a influência dos impactos ambientais na dinâmica ecológica de predador-presa em diferentes pontos, com distintas características qualitativas no rio Uberaba, bacia do baixo rio Grande.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

As coletas foram realizadas em quatro pontos distintos (Pontos A; B; C e D), divididos em dois grupos, os pontos A e B localizados a montante da barragem e pontos C e D localizados a jusante da barragem, em um percurso longitudinal estabelecido de 100 metros de comprimento para cada ponto amostrado do rio Uberaba, no município de Uberaba-MG, (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo no Município de Uberaba-MG



O **Ponto A** é a região mais a montante em relação aos demais pontos, com característica de zona rural, localizada nas coordenadas 19°38'26,77" S/47°53'12,70" O. Conforme Souza et al. (2016) e Camargo, Souza e Buranello (2019), esse trecho apresenta matas ciliares densas em ambos os lados, o leito é composto por pouco sedimento fino com abundantes rochas de tamanhos distintos; o fluxo hídrico se alterna em corredeiras e poços.

O **Ponto B** é uma região também com características de zona rural, localizada nas coordenadas 19°42'48,35" S/47°56'17,94" O. Ainda de acordo com os mesmos autores, esse ambiente apresenta mata ciliar densa na margem direita, enquanto, na margem esquerda, exibe regiões cobertas por gramíneas e outras desprovidas de mata, seu leito é composto por poucas rochas e de sedimento fino; seu fluxo é predominante lântico; apresenta odor forte; ocorrem macrófitas submersas fixas e emersas livres.

O **Ponto C**, é uma região com maior proximidade do perímetro urbano de Uberaba, mesmo assim, o ambiente apresenta características de regiões de zona rural, localizada nas coordenadas 19°43'17,28" S/47°56'51,95" O. De acordo com Souza et al. (2016) e Camargo, Souza e Buranello (2019), este ponto exibe em sua margem esquerda uma densa mata ciliar e, em sua margem direita área para atividades de pastoreio com presença de bovinos; seu leito é composto, principalmente, de rochas grandes, muitas vezes expostas pra fora da lâmina d'água, e sedimento fino em poucas regiões; seu fluxo é alternado entre corredeiras e poções pouco profundos; apresenta odor forte e fios de óleo; presença de macrófitas submersas em grande quantidade.

O **Ponto D** é a região mais a jusante, dentre os pontos, localizado no perímetro urbano de Uberaba, mais especificamente no distrito Alfredo Freire, próximo a central de tratamento de esgoto, nas coordenadas 19°43'45,18" S/47°59'55,57" O. Os mesmos autores relatam que este trecho apresenta mata ciliar densa em ambas as margens; leito composto por rochas e seixos de tamanhos distintos, fluxo hídrico composto na maior parte de corredeiras, mas apresenta alguns remansos próximos a sua margem; tem um odor extremamente forte; e, em certos períodos do ano há elevada concentração de algas.

Amostragem

As amostragens foram realizadas no período de outubro, dezembro de 2014 à março e junho de 2015, com autorização do SISBIO N° 33448-1. Foram utilizadas peneiras de 1,0 x 0,50m, com malha de 0,3 mm entre nós adjacentes para ambos os grupos taxonômicos (macroinvertebrados e peixes) sendo empregado por dois colaboradores e 50 minutos de amostragem para cada ponto. Adicionalmente para macroinvertebrados foi realizado o recolhimento de sedimento em um cano de PVC de 1 litro. Em laboratório o material foi triado em tamises de 25 cm de diâmetro x 10 cm de altura com abertura de 2, 1 e 0,5 mm. Os espécimes coletados foram fixados em formalina 10% e conservados em álcool 70%. Em laboratório os macroinvertebrados foram identificados de acordo com Costa, Ide e Simonka (2006) e Mugnai, Nessimian e Baptista (2010), e o peixes de acordo com Graça e Pavanelli (2007) e Ota et al. (2018).

Análise de dados

As interpretações dos dados relacionados sobre as interações predatórias foram confrontadas de acordo Ota et al. (2018). Em posse dos dados, a abundância relativa de

todos os potenciais predadores e presas foram tabulados conforme sua escala temporal em cada ponto.

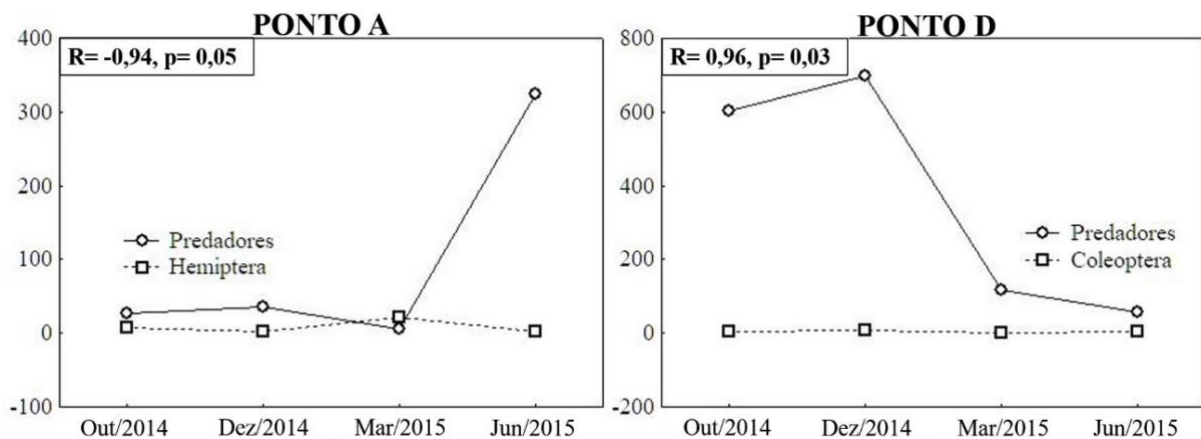
Após a tabulação, foi realizado uma análise de correlação entre predadores (peixes) e presas (macroinvertebrados) seguindo os seguintes blocos analíticos: a) relação entre todos os predadores e todas as presas; b) relação entre todos os predadores e cada taxa; c) relação entre cada predador e todas as taxas; d) relação entre cada categoria taxonômica e cada taxa. Em consequente, foi avaliado o tipo de relação, positiva ou negativa, e testado a significância utilizando das correlações de Spearman, devido os dados não atingirem os pressupostos necessários de normalidade e homocedasticidade. Todas as análises foram realizadas no software Statistica 7 (STATSOFT, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram relacionadas 35 *taxas*, destes, 7 pertencem a Hexapoda e 28 ao grupo taxonômico dos peixes. Destes últimos *taxas*, 21 espécies foram analisadas na relação predador/presa, devido os relatos desta interação encontrados em bibliografia especializada (ver OTA et al., 2018). Assim, ficaram apenas as espécies que apresentavam esta característica de forrageio ou relatos destes itens em sua alimentação (**Tabela 1**).

Nas análises de relação predador/presa, o bloco analítico de relações espaciais entre predadores e ordens, as que se apontaram significativas foram no ponto A, com relação negativa para predadores e Hemiptera, e ponto D, com relação positiva para predadores e Coleoptera (**Figura 2**).

Figura 2. Análise de correlação de Spearman entre predadores (peixes) em geral versus ordens de presas (macroinvertebrados). Correlação negativa no Ponto A (montante) e positiva no Ponto D (jusante)



No bloco analítico das relações entre espécies de predadores e ordens de presas, as relações significativas foram encontradas nos seguintes pontos: ponto A, entre *A. lacustris* e Trichoptera, *P. harpagos* e Trichoptera (relações negativas), *P. harpagos* e Coleoptera, e *G. inaequilabiatus* e Plecoptera (relações positivas) (**Figura 3**); ponto B, entre *A. lacustris* e Trichoptera (relação negativa), *S. marmoratus* e Diptera, e *P. reticulata* e Odonata, e *P. reticulata* e Hemiptera (relações positivas) (**Figura 4**).

Tabela 1. Lista de categorias taxonômicas relacionadas nos pontos de coleta no Rio Uberaba, município de Uberaba/MG, nos meses de outubro a dezembro de 2014 e março a junho de 2015

Ordem	Ponto A				Ponto B				Ponto C				Ponto D			
	O u t o b r o	D e z	M a r	J u n	O u t o b r o	D e z	M a r	J u n	O u t o b r o	D e z	M a r	J u n	O u t o b r o	D e z	M a r	J u n
ARTHROPODA																
Hexapoda																
Coleoptera	36	16	5	6	0	0	0	0	0	0	6	7	6	7	2	3
Diptera	0	0	1	0	0	34	4	0	0	15	109	423	0	118	3753	633
Ephemeroptera	0	2	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	8	2	22	2	3	12	21	0	2	1	3	9	0	1	3	2
Odonata	12	12	11	9	19	53	136	0	101	113	5	23	0	2	0	0
Plecoptera	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEIXES																
Characiformes																
<i>Astyanax aff. paranae</i>	20	25	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax lacustris</i>	0	0	2	11	21	14	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax bockmanni</i>	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax fasciatus</i>	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax fuscoguttatus</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cichlasoma paranaense</i>	0	1	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Characidium sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligosarcus pintoii</i>	0	0	0	0	7	9	10	15	0	0	0	38	0	0	0	0
Siluriformes																
<i>Hypostomus cf. ancistroides</i>	1	5	2	132	3	2	0	14	12	0	0	1	0	0	0	1
<i>Hypostomus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus paulinus</i>	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus nigromaculatus</i>	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus lheringi</i>	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhamdia quelen</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Rhamdia pentamaculata</i>	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perciformes																
<i>Geophagus brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	6	6	15	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oreochromis niloticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	289	2	1	0
Cyprinodontiformes																
<i>Poecilia harpagos</i>	5	1	0	0	36	53	55	115	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Poecilia reticulata</i>	0	0	0	0	2	2	14	0	858	37	109	1574	314	696	116	57
Gymnotiformes																
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i>	1	0	0	4	2	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Symbranchiformes																
<i>Synbranchus marmoratus</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Macroinvertebrados presas: Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Tricopetera; Peixes predadores: Characiformes: *Astyanax aff. Paranae*; *Astyanax lacustris*; *Astyanax bockmanni*; *Astyanax fasciatus*; *Astyanax fuscoguttatus*; *Cichlasoma paranaense*. *Characidium sp.*; *Oligosarcus pintoii*. Siluriformes: *Hypostomus cf. ancistroides*; *Hypostomus sp.*; *Hypostomus paulinus*; *Hypostomus nigromaculatus*; *Hypostomus lheringi*; *Rhamdia quelen*; *Rhamdia pentamaculata*. Perciformes: *Geophagus brasiliensis*; *Oreochromis niloticus*. Cyprinodontiformes: *Poecilia harpagos*; *Poecilia reticulata*. Gymnotiformes: *Gymnotus inaequilabiatus*, Symbranchiformes: *Synbranchus marmoratus*.

Figura 3. Análise de correlação de Spearman entre espécies de predadores versus ordens de presas no ponto A (montante). *A. lacustris* e Trichoptera, *P. harpagos* e Trichoptera (relações negativas), *P. harpagos* e Coleoptera, e *G. inaequilabiatus* e Plecoptera (relações positivas)

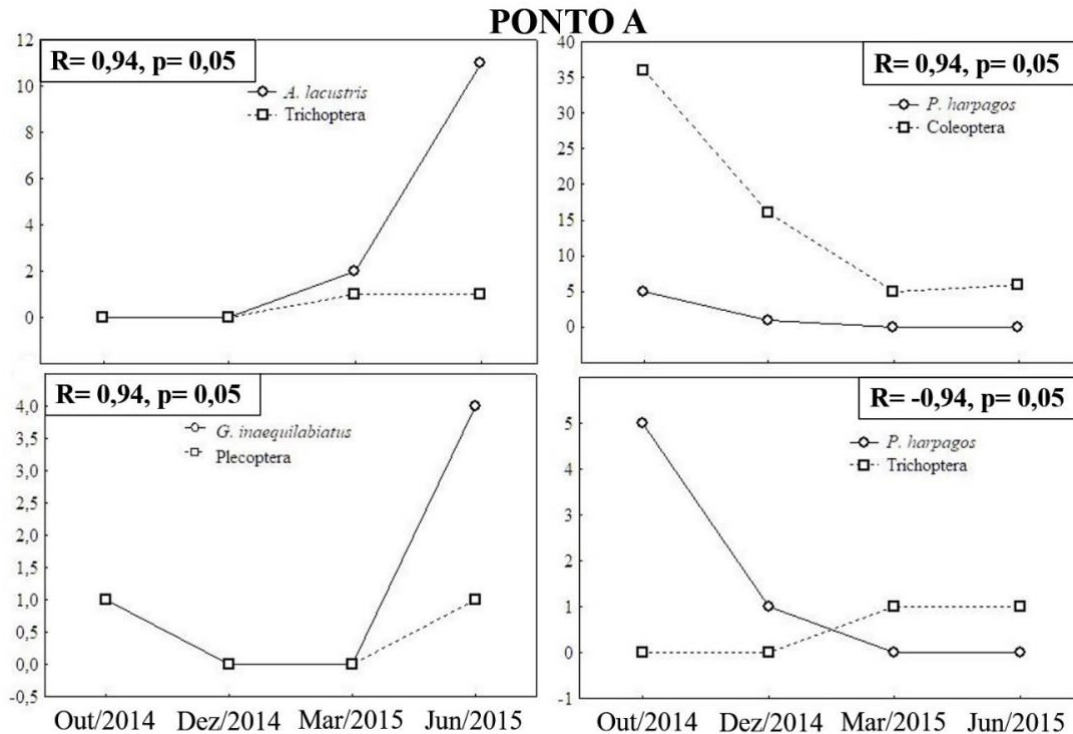
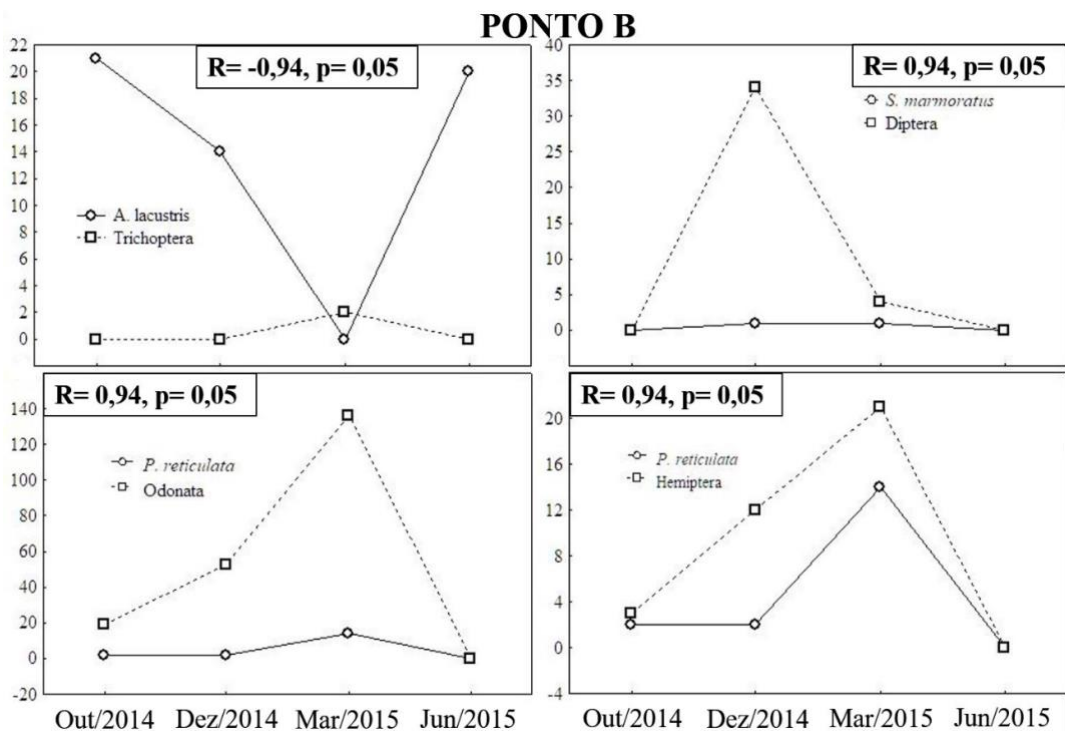


Figura 4. Análise de correlação de Spearman entre espécies de predadores versus ordens de presas no ponto B (montante). *A. lacustris* e Trichoptera (relação negativa), *S. marmoratus* e Diptera, e *P. reticulata* e Odonata, e *P. reticulata* e Hemiptera (relações positivas)



As relações significativas não foram encontradas nas regiões pós-barragem (exceto nas relações de predadores em um contexto geral), sendo assim, as regiões acima da barragem exibiram estas relações ecológicas mais claramente. Este fato pode estar ligado aos impactos antrópicos observados a jusante da barragem, que de acordo com Souza et al. (2016) e Camargo, Souza e Buranello (2019) afetaram negativamente a composição das comunidades aquáticas. A quebra do fluxo longitudinal nas regiões a jusante de uma barragem afeta diretamente a dinâmica hídrica e a concentração de nutrientes, e consequentemente afeta a estrutura das redes tróficas (AGOSTINHO; JÚLIO JR.; BORGHETTI, 1992).

Elton (1958) aponta que a desestruturação de uma rede trófica força novas ligações ecológicas de predação e consequentemente a dinâmica desta interação. Além disso, a cadeia de detritos, mais efetiva em ambientes aquáticos, é afetada diretamente pela diminuição de nutrientes, que são a base trófica destas comunidades (ODUM, 2010).

Em ambientes com controle da comunidade pautada em uma dinâmica de baixo para cima (*bottom up*), revela a composição das espécies e suas relações encontradas nas regiões a jusante, a diminuição de abundância populacional da base alimentar (e.g. presas macroinvertebrados) influencia negativamente os níveis tróficos superiores (e.g. peixes predadores), as conexões interacionais e, consequentemente, o comportamento trófico da comunidade (RICKLEFS, 2021). No entanto, nas regiões a montante da barragem nas quais exibiram interações significativas entre os predadores e suas presas o controle da comunidade se aproxima mais a uma relação de cima para baixo (*top-down*).

Neste contexto, as relações inversas, ou seja, relações negativas são teoricamente previstas nas relações predador-presa, seguindo a lógica do modelo de Lotka-Volterra (RICKLEFS, 2009; ODUM, 2010). Contudo, em nossos resultados foram encontradas mais relações positivas do que negativas, que pode indicar que a predação diretamente afeta outros tipos relações ecológicas entre as espécies de presas. Destaque para o efeito da predação sobre a competição das espécies. A predação pode agir como controladora da estrutura das comunidades em certos ambientes, assim, a predação de organismo que são bons competidores pode auxiliar na recuperação de outros grupos com menor habilidade competitiva (STILLING, 2002).

Este efeito é observado no trabalho clássico em costões rochosos, no qual o forrageio de *Pisaster spp.* (estrela do mar) proporciona uma menor taxa de competição entre os mexilhões (RICKLEFS, 2009; RELEYA, RICKLEFS, 2021). Assim, a ação dos predadores de forma a suprimir a abundância de algumas presas possibilita o aumento populacional de outras, fatos que podem ser observados nas relações entre *P. harpagos* vs Coleoptera, *A. lacustris* vs Trichoptera, *G. inaequilabiatus* vs Plecoptera (todos no ponto A), *S. marmoratus* vs Diptera, *P. reticulata* vs Odonata/Hemiptera (todos no ponto B) (Figuras 2-4).

Caso os predadores sofram impactos negativos, a ausência de predação ou eliminação dos predadores, pode alterar drasticamente o modelo estruturador da comunidade, de controle estrutural pela predação para um controle mediado pela competição (STILLING, 2002). Esta mudança pode favorecer espécies com maior capacidade/estratégias de competição e consequentemente diminuir drasticamente as espécies não adaptadas a esta configuração estrutural, ou ainda, levá-las a extinção local, seguindo o modelo de exclusão competitiva (ODUM, 1988).

Além disso, nas relações de presas mais comuns encontradas e sua localização na coluna d'água, as bentônicas, representadas por Coleoptera e Trichoptera, assim como as

presas bento/pelágicas, representada por Hemiptera (ESTEVES, 2011), exibiram predadores de regiões mais superficiais como *P. harpagos* e *A. lacustris* (GRAÇA; PAVANELLI, 2007; OTA et al., 2018). No entanto, apesar da definição estática comum para as espécies predadoras, este fato pode ser explicado pela capacidade ecomorfológica das espécies predadoras, que quando submetidas a pressões do ambiente (e.g. disponibilidade de recursos) podem ocupar outras regiões da coluna d'água durante a procura de recursos alimentares, principalmente, devido a suas características de forrageador ativo (SOUZA; TOZZO, 2013; SOUZA et al., 2015; CANO et al., 2020).

Da mesma forma, os predadores que mais foram encontrados com relações significativas foram *A. lacustris*, *P. reticulata* e *P. harpagos*. Isto pode ser explicado pela forma de forrageio dinâmico (SOUZA; TOZZO, 2013; SOUZA et al., 2015; CANO et al., 2020), já relatado anteriormente, ocupando várias regiões da coluna d'água e por ter uma dieta generalista (LIEM, 1980; ABELHA et al., 2006).

Outro ponto interessante encontrado nos resultados é que as relações são encontradas, principalmente, nos pontos a montante A e B (apenas uma relação foi encontrada no ponto D), estes fatos também podem ser relativos à qualidade ambiental de suas margens e seu entorno. Os pontos A e B estão localizados em regiões mais rurais com menor contato das atividades urbanas e com presença de mata ciliar mais densa em relação aos pontos a jusante (SOUZA et al., 2016; CAMARGO; SOUZA; BURANELLO, 2019).

Desta maneira, os impactos urbanos podem gerar efeitos negativos amplificados na calha do rio das regiões a jusante (Pontos C e D), devido as ações mais nocivas neste ambiente como descarte de resíduos domésticos e industriais, compactação do solo, desmatamento da mata ripária, lixiviação do solo e maior taxa de assoreamento (GALDEAN, 2000; JESUS; CAVALHEIRO, 2004; SOUZA et al., 2016). Estes fatores influenciam na dinâmica hídrica abiótica que gera efeitos danosos a estrutura da comunidade (WARD, 1992; GALDEAN, 2000; SOUZA et al., 2014) e conseqüentemente suas relações comportamentais (LIEM, 1980; CANO et al., 2020).

CONCLUSÃO

Em síntese, a relação entre as interações predador-presa e a qualidade ambiental, prevista na hipótese inicial, foi corroborada, na qual as regiões a montante (com características qualitativas melhores) exibiram esta relação mais estável do que as regiões a jusante. Além disso, com bases nos resultados o controle estrutural destas comunidades está mais similar ao controle de cima pra baixo (*topdown*) mediado pela predação. Já que, as relações interacionais mais encontradas foram as positivas e com a diminuição de predadores nas estações de coleta a jusante pode estar relacionada a ausência de correlação destas interações.

AGRADECIMENTOS

Aos laboratórios de Ecologia e Evolução e Ecologia Aquática (LEA) da UFTM pelo suporte estrutural e de materiais. Ao Professor Doutor Paulo Fiuza (UFV) pelo empréstimo da Lupa. Aos graduandos Kevini, Michael, Pedro Peixoto e Janaína pelo auxílio nas coletas e triagem do material, a Ingrid Marques e Luciano Fiuza pelo auxílio na triagem e identificação e à Sueli pelo auxílio com os materiais de laboratório. Aos órgãos de fomento

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo provimento de bolsas a Souza F., e a PROACE, pelo provimento de auxílios a Silva R.G.

REFERÊNCIAS

ABELHA, M. C. F.; GOULART, E.; KASHIWAQUI, E. A. L.; SILVA, M. R. *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 (Characiformes: Characidae) in the Alagados Reservoir, Paraná, Brazil: diet composition and variation. **Neotropical ichthyology**, v. 4, n. 3, p. 349-356, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252006000300006>

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.

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C.; BALTAR, S. L. S. M. A. Influence of the macrophyte *Eichhornia azurea* on fish assemblage of the Upper Paraná River floodplain (Brazil). **Aquatic Ecology**, v. 41, n. 4, p. 611-619, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10452-007-9122-2>

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. Artmed Editora, 2017.

CAMARGO, P. R. S.; SOUZA, F.; BURANELLO, P. A. A. Influência de impactos antrópicos na comunidade de macroinvertebrados na bacia do baixo rio Grande. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 643-662, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p643-662>

CANO, A. C. S. S.; HIROKI, K. A. N.; PELLI, A.; SOUZA, F. Variação ecomorfológica em populações de *Astyanax* aff. *paranae* Eigenmann, 1914, de diferentes sub-bacias no Alto Rio Paraná. **Biota Amazônia**, v. 10, n. 2, p. 6-10, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n3p44-49>

CHAVES, F. G.; ALVES, M. A. S. Teoria do forrageamento ótimo: premissas e críticas. **Oecologia Australis**, v.14, n.2, p. 369-380, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2010.1402.03>

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. **Insetos imaturos: metamorfose e identificação**. Ribeirão Preto: Holos, 2006.

ELTON, C. S. **The Ecology of Invasions by Animals and Plants**. London: Methuen, 1958.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011.

- GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F. A. R.; ROCHA, L. A. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classifications based on the benthic macroinvertebrate community. **Journal of Aquatic Ecosystem Health and Management**, v.3, p. 545-552, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1080/14634980008650691>
- GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007.
- JESUS, N.; CAVALHEIRO, F. **Aspectos antrópicos, legais e conservacionistas na Serra do Japi, SP**. In: SANTOS, J. E. (Org.). Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção. São Carlos: Rima, 2004.
- LIEM, K. F. Adaptive significance of intraspecific and interspecific differences in the feeding repertoires of cichlid fishes. **American Zoologist**, v.20, p.295-314, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1093/icb/20.1.295>
- MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. On optimal use of a patchy environment. **American Naturalist**, v.100, n.916, p. 603-609, 1966.
- MENDONÇA, M. M; PICAPEDRA, P. H. S; FERRONATO, M. C; SANTOS, P. V. Diel vertical migration of predators (planktivorous fish larvae) and prey (zooplankton) in a tropical lagoon. **Iheringia, Série Zoologia**, v.105, n.2, p.174-183, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-476620151052174183>
- MORENO, T. R.; ROCHA, R. M. Ecologia de costões rochosos. **Estudos de Biologia: Ambiente e Diversidade**, v. 34, n. 83, p. 191-201, 2012.
- 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.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- OTA, R. R.; DEPRÁ, G. D. C.; GRAÇA, W. J. D.; PAVANELLI, C. S. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170094>
- PAINE, R. T. Food web complexity and species diversity. **The American Naturalist**, v. 100, n. 910, p. 65-75, 1966.
- RELYEA, R.; RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

SOUZA, F. LEITÃO, M. L. C.; ROCHA, B. G. A.; HIROKI, K. A. N.; PELLI, A. Estrutura ictiofaunística do rio Uberaba: a influência dos barramentos na dinâmica ecológica das comunidades de peixes. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 4, p. 87-93, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n4p87-93>

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. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2014v7n2p%25p>

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. DOI: <https://doi.org/10.22292/mas.v3i2.164>

SOUZA, F.; ZUANON, L. A.; FROTA, A.; PESENTI JUNIOR, L. F.; SILVA, H. P. Variação ecomorfológica em populações de *Astyanax* aff. *paranae* Eigenmann, 1914, na bacia do alto Rio Paraná. **Biota Amazônia**, v.5, n.3, p.44-49, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n3p44-49>

STATSOFT. Statistica (data analysis software system). Version 7.1. 2005.

STILLING, P. **Ecology: Theories and Applications**. New Jersey: Upper Sanddle River; 2002.

WARD, J. V. **Aquatic Insect Ecology I: biology and habitat**. New York: John Wiley & Sons Inc. 1992.