

Influência das atividades antrópicas na diversidade funcional de macroinvertebrados aquáticos na Bacia do Baixo Rio Grande

Influence of anthropic activities on the functional diversity of aquatic macroinvertebrates in the Lower Rio Grande Basin

Influencia de las actividades antrópicas en la diversidad funcional de los macroinvertebrados acuáticos de la cuenca baja del río Grande

Recebido: 07/04/2022 | Revisado: 14/04/2022 | Aceito: 18/04/2022 | Publicado: 22/04/2022

Paulo Ricardo da Silva Camargo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2089-4905>
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
E-mail: ricarduber@hotmail.com

Fagner de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4203-8125>
Universidade Estadual do Maringá, Brasil
E-mail: gnaofagner@hotmail.com

Ronielson Gaia da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6507-747X>
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
E-mail: ronielsongaia@hotmail.com

Resumo

A diversidade funcional leva em consideração as diferenças de funções ecológicas que os organismos desempenham em uma comunidade, e estas podem influenciar a sua estabilidade estrutural. Nesse contexto, pressões antrópicas afetam de maneira significativa a funcionalidades ecossistêmicas realizadas pelos organismos. Nesse sentido, foi traçada a hipótese de que os impactos antrópicos influenciam de forma direta e negativa, a estrutura funcional da comunidade de macroinvertebrados aquáticos em diferentes trechos do rio Uberaba, no qual é tributário da Bacia do Baixo Rio Grande. Para avaliar a diversidade funcional, foram realizadas amostragens em quatro trechos distintos e em diferentes períodos sazonais. Foi realizada uma análise de similaridade, Escala Multidimensional Não Métrica (NMDS), de todos os pontos e períodos, a partir de uma matriz funcional com quarenta e três atributos bióticos. Com base nos resultados da NMDS, foram calculadas as áreas dos nichos. Por fim, foi realizado uma análise comparativa dos parâmetros funcionais: Abundância, Riqueza, Equitabilidade Funcional, Diversidade Funcional de Shannon, Diversidade Funcional de Simpson e Dominância Funcional entre todos os pontos e todos os períodos sazonais. Por meio dos resultados, evidenciou-se que as atividades antrópicas influenciaram negativamente a diversidade funcional da comunidade de macroinvertebrados aquáticos conforme a sua intensidade.

Palavras-chave: Ensino; Parâmetros funcionais; Impacto ambiental; Ambiente híbrido.

Abstract

Functional diversity takes into account the differences in ecological functions that organisms perform in a community, and these can influence its structural stability. In this context, anthropic pressures significantly affect the ecosystem functions performed by organisms. In this sense, it was hypothesized that anthropic impacts directly and negatively influence the functional structure of the aquatic macroinvertebrate community in different stretches of the Uberaba River, which is a tributary of the lower Rio Grande Basin. To evaluate functional diversity, sampling was carried out in four distinct stretches and in different seasonal periods. A Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) similarity analysis was performed for all sites and periods, based on a functional matrix with forty-three biotic attributes. Based on the NMDS results, niche areas were calculated. Finally, a comparative analysis of the functional parameters: Abundance, Richness, Functional Equitability, Shannon Functional Diversity, Simpson Functional Diversity and Functional Dominance between all sites and all seasonal periods was performed. The results showed that anthropic activities negatively influenced the functional diversity of the aquatic macroinvertebrate community according to its intensity.

Keywords: Teaching; Functional parameters; Environmental impact; Hybrid environment.

Resumen

La diversidad funcional tiene en cuenta las diferencias en las funciones ecológicas que los organismos realizan en una comunidad, y estas pueden influir en su estabilidad estructural. En este contexto, las presiones humanas afectan

significativamente las funciones ecosistémicas realizadas por los organismos. En este sentido, se planteó la hipótesis de que los impactos humanos influyen directa y negativamente en la estructura funcional de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en diferentes tramos del río Uberaba, afluente de la cuenca del Baixo Rio Grande. Para evaluar la diversidad funcional se realizaron muestreos en cuatro tramos diferentes y en diferentes periodos estacionales. Se realizó un análisis de similitud, Escala Dimensional No Métrica (NMDS), de todos los puntos y periodos, a partir de una matriz funcional con cuarenta y tres atributos bióticos. Con base en los resultados del NMDS, se calcularon las áreas de los nichos. Finalmente, se realizó un análisis comparativo de los parámetros funcionales: Abundancia, Riqueza, Equidad Funcional, Diversidad Funcional de Shannon, Diversidad Funcional de Simpson y Dominancia Funcional entre todos los puntos y todos los periodos estacionales. A través de los resultados se evidenció que las actividades antrópicas influyeron negativamente en la diversidad funcional de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos según su intensidad.

Palabras clave: Enseñanza; Parámetros funcionales; Impacto medioambiental; Entorno híbrido.

1. Introdução

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos vêm sendo cada vez mais expostos aos impactos ambientais oriundos de atividades antrópicas, sendo os ecossistemas lóticos os ambientes mais afetados pelas atividades humanas (Mcallister et al., 1997; Cunico et al., 2009; Vasco et al., 2021). Nesse sentido, a urbanização, a industrialização e a agricultura são as atividades mais ameaçadoras para esse tipo de ecossistema (Fernandes et al., 2019; Mangadze et al., 2019).

Esse fato tem uma relação com a ocupação populacional no entorno das bacias hidrográficas (Moreno, 2006). Tal ocupação podem desencadear algumas implicações ao meio ambiente, como o despejo de efluentes, lançamentos de resíduos agrícolas nos corpos d'águas, degradação das matas ciliares, compactação do solo, devido à atividade agropecuária, inserção de barragens de captação de água, dentre outros (Dudgeon, 1994; Ndiritu et al., 2006; César, 2018; Dalu et al., 2019; Camargo et al., 2019). Essas práticas são extremamente prejudiciais à integridade ecológica dos ambientes lóticos (Goswami et al., 2017). Pois as atividades antrópicas causam diversas modificações estruturais abióticas e bióticas nos ecossistemas aquáticos (Ward & Stanford, 1983; Agostinho et al., 1992; Souza et al., 2014; Camargo et al., 2019; Firmiano et al., 2021).

No entanto, ainda há pouco conhecimento sobre a influência das atividades antrópicas na distribuição espacial dos organismos, juntamente com maiores compreensões sobre o nível de intensidade que esses organismos estão expostos (Statzner et al., 2005; Castro et al., 2018; Firmiano et al., 2021). Diante disso, alguns estudos estão sendo direcionados para a compreensão das funções exercidas pelos organismos no ambiente, surgindo o conceito de diversidade funcional (Mouchet et al., 2010; Goswami et al., 2017).

A diversidade Funcional leva em consideração as distintas funções ecológicas realizadas pelos organismos em uma comunidade, sendo que as funções podem influenciar no equilíbrio de nutrientes do ecossistema e, conseqüentemente, pode afetar a estabilidade da comunidade (Tilman, 2001). Os primeiros índices utilizados para avaliar a diversidade funcional foram baseados nas guildas tróficas de uma comunidade (Lavorel et al., 1997). Através de guildas tróficas, é possível entender de que forma ocorre a distribuição dos organismos e do fluxo de energia dentro da comunidade, sendo de grande utilidade na verificação do estado estrutural dos ambientes hídricos (Callisto et al., 2001).

Nesse contexto, a diversidade funcional é um ótimo instrumento auxiliador na compreensão da funcionalidade do ecossistema e das variáveis que influenciam a dinâmica estrutural das comunidades (Tilman, 2001). Esse componente da biodiversidade vem sendo utilizado em estudo de ambientes aquáticos, especialmente envolvendo as comunidades de macroinvertebrados (Kovalenko et al., 2014; Brand; Miserendino, 2014; Firmiano et al., 2021). Os macroinvertebrados são organismos invertebrados que geralmente são reconhecidos a olho nu, apresentam um tamanho corporal que variam entre milímetros a centímetros e são compostos por: moluscos, anelídeos, hexapodas e crustáceos (Mugnai et al., 2010; Hamada et al., 2014).

Os macroinvertebrados participam no ciclo do carbono; no ciclo do nitrogênio; na ciclagem de nutrientes e na redução do tamanho físico da matéria orgânica que beneficiam os demais organismos (Callisto & Esteves, 1995; Ligeiro et al., 2010;

Schmera et al., 2015, Linares, et al., 2018). À vista disso, esses organismos são de extrema importância para a manutenção ecológica dos sistemas aquáticos (Callisto & Esteves, 1995). Alguns táxons apresentam uma enorme diversidade de habitats e uma distribuição espacial ampla, enquanto outros têm uma mobilidade mais reduzida. Nesta lógica, a sua presença ou ausência no ambiente estão associadas às características ambientais (Bicudo & Bicudo, 2004). Dessa maneira, esses organismos são mundialmente utilizados como biondicadores de qualidade ambiental (Hussain & Pandit, 2012).

Devido às suas importantes funções exercidas nos ambientes aquáticos, os macroinvertebrados são uma boa opção para compreender a estrutura funcional de um ecossistema aquático frente às pressões antrópicas, justificando assim a sua utilização no presente trabalho. Sendo assim, traçou-se a hipótese de que as atividades antrópicas afetam negativamente na estrutura da diversidade funcional dos macroinvertebrados aquáticos. Desse modo, objetivou-se nesse trabalho analisar a similaridade da estrutura funcional da comunidade de macroinvertebrados aquáticos em distintos trechos do rio Uberaba, importante tributário na Bacia do Baixo Rio Grande.

2. Metodologia

As amostragens biológicas foram realizadas em quatro trechos do rio Uberaba no município de Uberaba, MG. Os pontos foram denominados de UBA, UBB, UBC e UBD. Sendo que os pontos UBA e UBB estão localizados na região pré-barragem de captação de água da CODAU. Os pontos UBC e UBD estão localizados na região pós-barragem. As características ambientais dos pontos amostrados neste trabalho já foram publicadas por Souza et al. (2016).

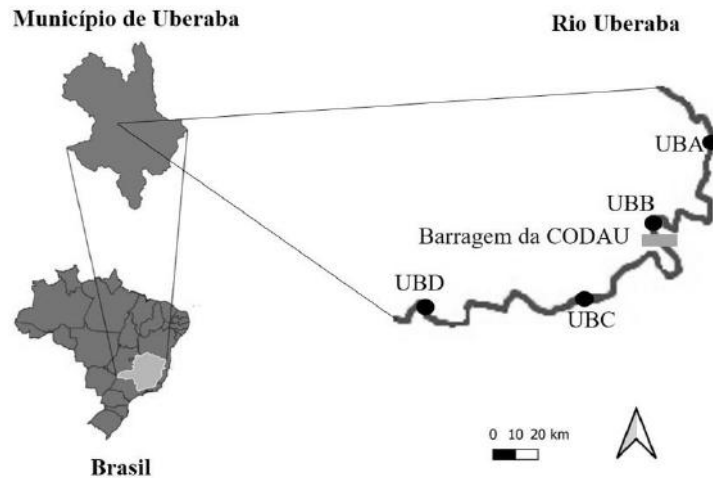
Ponto UBA: localizado na zona rural nas coordenadas 19°38'26,77"S/ 47°53'12,70"O; apresenta densas matas ciliares em ambas margens, o leito é rochoso, o fluxo hídrico se alterna em corredeiras e poções. Ponto UBB: bem próxima à barragem, localizado em uma região com características de zona rural, nas coordenadas 19°42'48,35"S/ 47°56'17,94"O. Apresenta mata ciliar somente na margem direita e presença de gramíneas na margem esquerda; o leito é arenoso; o fluxo hídrico é lântico com odor com presença de macrófitas de forma fixas e livres.

Ponto UBC: situado em uma região bem próxima do perímetro urbano de Uberaba, nas coordenadas 19°43'17,28"S/47°56'51,95"O, mas ainda com características rurais (presença de atividade de agropecuária). Apresenta densa mata ciliar na margem esquerda, presença pasto na margem direita; o leito arenoso com presença de rochas grandes. O fluxo hídrico se alterna entre corredeiras e poções com presença de óleo e odor forte; com significativa quantidade de macrófitas submersas; Ponto UBD: localizado no perímetro urbano do município, próximo à central de tratamento de esgoto, nas coordenadas 19°43'45,18"S/ 47°59'55,57"O, apresenta densa mata ciliar em ambas margens; o leito é rochoso, o fluxo hídrico é composto por corredeiras com odor muito forte.

Amostragem

As coletas foram realizadas de outubro de 2014 a julho de 2015. Foi realizado transecto de 100 m na zona litorânea de cada ponto, em seguida, as amostras foram realizadas aleatoriamente dentro desse espaço delimitado. O tempo de amostragem de cada ponto foi padronizado em 50 minutos. Os macroinvertebrados foram coletados em peneiras, de 1,0x0,50 m com malha de 3 mm entre nós adjacentes. Os organismos foram acondicionados em sacos plásticos de 20 x15 cm, com 500 ml de formol devidamente etiquetados. Em laboratório, o material foi lavado em bandeja de plástico de 30x20 cm e os organismos triados foram conservados em potes de vidros com álcool 70%. Posteriormente, os mesmos foram identificados com auxílio de estereomicroscópio (Olympus SZ60) e chave de identificação específica (Costa et al., 2006; Mugnai et al., 2010; Hamada et al., 2014). Após a identificação, o material foi incorporado à coleção do Laboratório de Ecologia Aquática da Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

Figura 1: Área de estudo, rio Uberaba e seus respectivos pontos amostrados (UBA-UBD).



Fonte: Autores.

Matriz funcional

Para analisar a diversidade funcional, foi elaborada no Excel, uma matriz com 43 atributos funcionais bióticos. Os atributos bióticos foram baseados em: grupos tróficos, posição do organismo na coluna da água, tipos locomoção, estratégias na obtenção dos recursos tróficos, característica corporal, abundância de indivíduos, itens preferenciais de habitats e alimentação, dentre outras. Os atributos funcionais bióticos foram conceituados e estão detalhados abaixo.

Padrões tróficos: predador (organismo que se alimenta de outro organismo vivo) (Ricklefs, 2011); fragmentador (consome material vegetal e outras, transformando a matéria orgânica particulada grossa (MOPG >1mm) em matéria orgânica particulada fina (MOPF < 1mm); raspador (raspam o perífiton de rochas e vegetal submerso), filtrador (se alimenta de matéria orgânica particulada fina) (Wallace & Webster, 1996); coletor-catador (organismo que coleta e consome matéria orgânica particulada fina) (Hamada et al., 2014) parasito (organismo que se alimenta de outro organismo sem causar a morte do hospedeiro) (Ricklefs, 2011). **Locomoção:** mede palmo (como estivesse medindo palmo); pé tipo sola (locomoção ocorre através da contração muscular do pé em forma de sola) (Brasil, 2008); locomoção peristáltica (movimento através de contração muscular); tarsos (pernas com capacidade de se dobrar) (Brusca & Brusca, 2011); nadador (se locomovem por movimentos ondulatórios do próprio corpo ou estruturas apendiculares); patinador (deslizam sobre a região de interface água-ar, sem romper a tensão da água) (Hamada et al., 2014). **Posição na coluna d'água:** bentônico-pelágico (zona entre o leito e a superfície); bentônico (região do fundo); médio-coluna (região intermediária entre a superfície e o fundo); superficial (região situada sobre a região de interface água-ar) (Esteves, 2011). **Dimensão lateral:** zona litorânea (região marginal); zona limnética (região central) (Esteves, 2011). **Alimentação:** hematófago (organismo que se alimentam de sangue); piscívoro (organismo que se alimentam de peixe); vertívoro se alimentam de pequenos vertebrados (girinos e alevinos) (Hamada et al., 2014); algívoro (se alimentam de algas) (Hamada et al., 2014); detritívoro (consumidores de partículas minúsculas de material orgânico e inorgânico); herbívoro (consomem material vegetal) (Ricklefs, 2011); invertívoro (se alimentam de pequenos invertebrados, insetos aquáticos na fase larval e adultos). **Preferência de habitats:** corredeira (local de fluxo hídrico rápido); remanso (local raso de fluxo hídrico lântico); e poço (local ligeiramente fundo de fluxo lântico). **Forma corporal:** alongado (comprimento maior em relação a largura); alongado-oval (comprimento maior em relação a largura com formato arredondado); cilíndrico-fino (forma de cilindro com o comprimento equivalente a largura); achatado (comprimido na direção vertical); achatado-oval (comprimido na direção vertical com plano arredondado); convexo (formato curvo e com a região mais abaulada para o lado externo do organismo); tubular (forma de tubo); curto (comprimento menor em relação a largura).

Metamorfose: exopterigotos (metamorfose incompleta); endopterigotos (metamorfose completa) (Hamada et al., 2014).
Aparato bucal: picador (estrutura perfurante em forma de agulha); sugador (estrutura perfuradora com um canal onde ocorre a sucção); mastigador (estruturas articuladas com capacidade de triturar); (Rafael et al., 2012) ventosas (estrutura de fixação com um centro retrátil, capaz de criar uma depressão aspiradora); rádula (estruturas com dentículos com capacidade de raspar); probóscide invertida (estrutura extensível interna) (Ruppert et al., 2005).

Análise de dados

Análise exploratória dos atributos funcionais

No software PAST versão 2.03 (Hammer et al., 2001) foi calculado o índice diversidade para cada atributo funcional e em seguida foi realizada uma NMDS (Escala Multidimensional não Métrica), utilizando a dissimilaridade de Brays-Curtis. Essa análise possibilitou em visualizar as oscilações e diferenças na estrutura da diversidade funcional entre os pontos e períodos sazonais.

Posteriormente foi realizada análise espacial dos seguintes parâmetros funcionais: Riqueza, Abundância, Dominância, Diversidade de Shannon, Diversidade de Simpson e Equitabilidade. A comparação foi realizada em dois blocos analíticos estruturantes, sendo o **bloco 1:** análise comparativa da estrutura funcional entre todos os pontos (UBA, UBB, UBC e UBD); **bloco 2:** análise comparativa da estrutura funcional entre todos os pontos (UBA, UBB, UBC, UBD) e períodos (1: outubro; 2: janeiro; 3: abril e 4: julho). Nessa etapa, foi utilizada a análise de variáveis (ANOVA/Kruskal Wallis) para o bloco 1 teste de Fisher/Mann-Whitney para o bloco 2.

Além disso, foi realizada uma análise pareada de Fisher para auxiliar na verificação de diferenças significativas entre a composição dos atributos em cada ponto e período. Todas as análises foram realizadas no software Statistic7 (Statsoft, 2005).

Análise da estrutura de nicho

Com obtenção da distribuição dos escores relativos a cada período e ponto (NMDS), foram calculadas as áreas totais, para evidenciar a dimensão, largura, e comprimento dos nichos de cada ponto. As áreas foram calculadas no software AUTOCAD 2018 (Autodesk, 2018). Para melhor compreensão, no Excel, essas áreas totais foram convertidas em porcentagem.

3. Resultados

Foram coletados 6.694 organismos, distribuídos em 3 filos, 12 ordens e 47 famílias. As famílias mais abundantes foram Chironomidae com 2.394 organismos (35,7%), Culicidae com 1.565 organismos (23,3%) e Ephyridae com 943 organismos (14%). Já as que apresentaram menor quantidade de organismos foram Erpobdellidae (representantes do filo Annelida), Dolichopodidae, Phoridae, Simuliidae, Stratiomyidae, Tabanidae, Veliidae, Griptopterygidae, Perlidae e Hydroosychidae (representantes do filo Arthropoda), todos com apenas 1 organismo (0,01%) (Tabela 1).

Em relação à abundância dos filos, Arthropoda apresentou 5.801 organismos (86,6%), enquanto Mollusca apresentou 690 organismos (10,3%) e Annelida 212 organismos (3,1%). Já para a quantidade de organismos distribuídos entre as ordens, as com maior abundância foram Diptera com 5.091 espécimes (76%), Gastropoda com 690 (10,3%), Odonata, com 493 (7,3%) e Hhynchobdellida com 209 (3,1%). Com a menor abundância estão Tubificida, com 2 organismos (0,03%) e Arnchynchobdellidae com 1 organismo (0,01%) (Tabela 1).

Tabela 1: Lista dos táxons coletados no rio Uberaba, distribuídos por pontos e total geral de cada grupo.

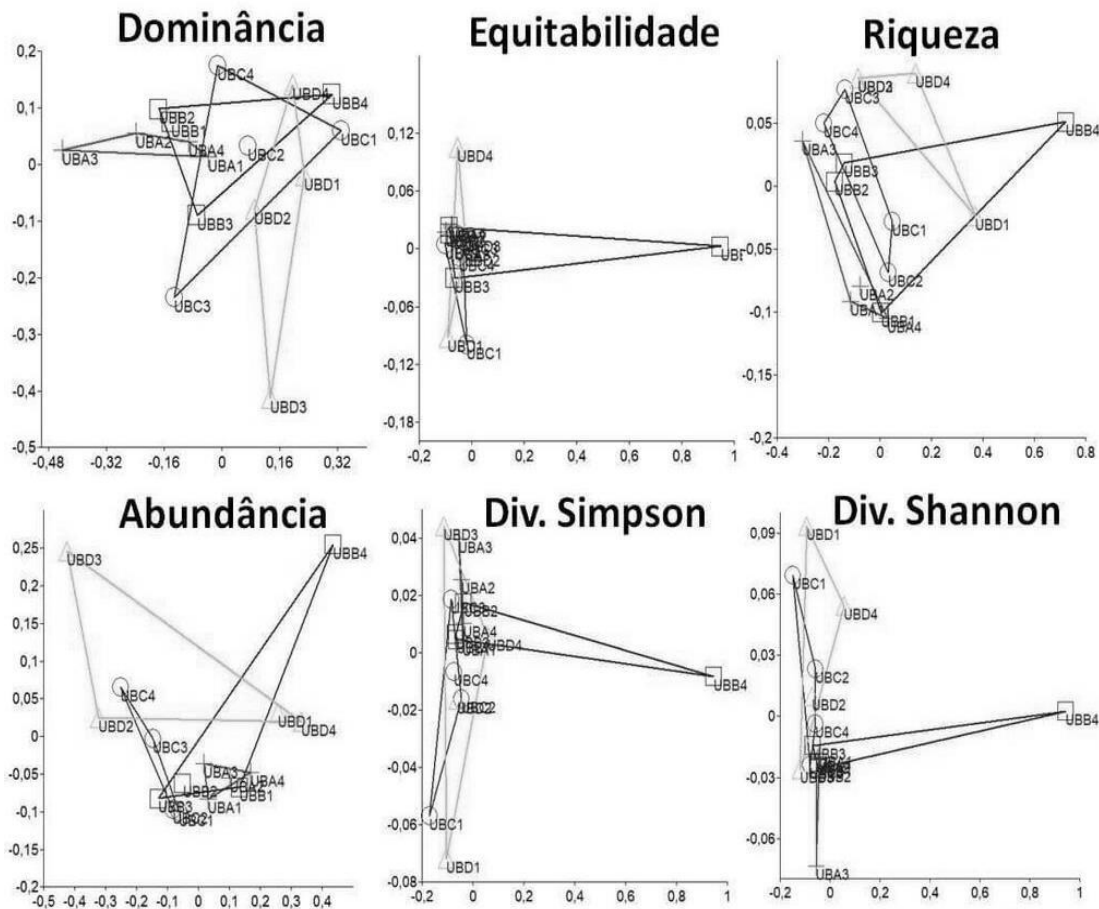
Táxons	Ponto UBA	Ponto UBB	Ponto UBC	Ponto UBD	Total
ANNELIDA					
HIRUDINEA					
Archnychobdellidae					
Erpobdellidae	-	-	-	1	1
Hhynchobdellida					
Glossiphoniidae	-	-	31	29	60
Hirundinae	2	-	-	-	2
Pisicolidade	-	-	15	132	147
OLIGOCHAETA					
Tubificida					
Naididae	-	-	-	2	2
ARTHROPODA					
HEXAPODA					
Coleoptera					
Dityscidae	1	-	2	-	3
Gyrinidae	3	-	5	-	8
Hidrophilidae	55	-	3	14	72
Staphylinidae	1	-	2	-	3
Diptera					
Ceratopogonidae	-	-	-	5	5
Chironomidae	1	37	540	1816	2394
Culicidae	-	-	1	1564	1565
Dolichopodidae	-	-	-	1	1
Empididae	-	-	-	2	2
Ephydriidae	-	-	1	912	913
Muscidae	-	-	-	5	5
Psycholidae	-	-	-	193	193
Sarcophagidae	-	-	2	-	2
Simulidae	-	-	-	1	1
Stratiomyidae	-	-	-	1	1
Tabanidae	-	-	-	1	1
Tipulidae	-	1	3	3	7
Ephemeroptera					
Baetidae	6	-	-	-	6
Leptohiphidae	4	-	-	-	4
Leptophlebiidae	11	-	-	-	11
Hemiptera					
Belostomatidae	3	31	10	-	44
Coreidae	-	-	-	1	1
Corixidae	19	-	-	5	24
Gerridae	4	-	2	-	6
Mesoveliidae	-	-	1	-	1
Naucoridae	5	1	2	-	8
Nepidae	2	4	-	-	6
Veliidae	-	-	1	-	1
Pleidae	1	-	-	1	2
Odonata					
Calopterygidae	14	25	187	1	227
Dicteriadidae	3	18	2	-	23
Gomphidae	16	5	12	-	33
Libellulidae	11	7	31	1	50
Protoneuridae	-	59	2	-	61
Coenagrionidae	-	94	8	-	102

Plecoptera					
Gripopterygidae	1	-	-	-	1
Perlidae	1	-	-	-	1
Trichoptera					
Calamoceratidae	1	2	-	-	3
Hydroosychidae	1	-	-	-	1
MOLLUSCA					
Gastropoda					
Physidae	2	16	51	514	583
Planorbidae	-	7	61	39	107

Fonte: Autores.

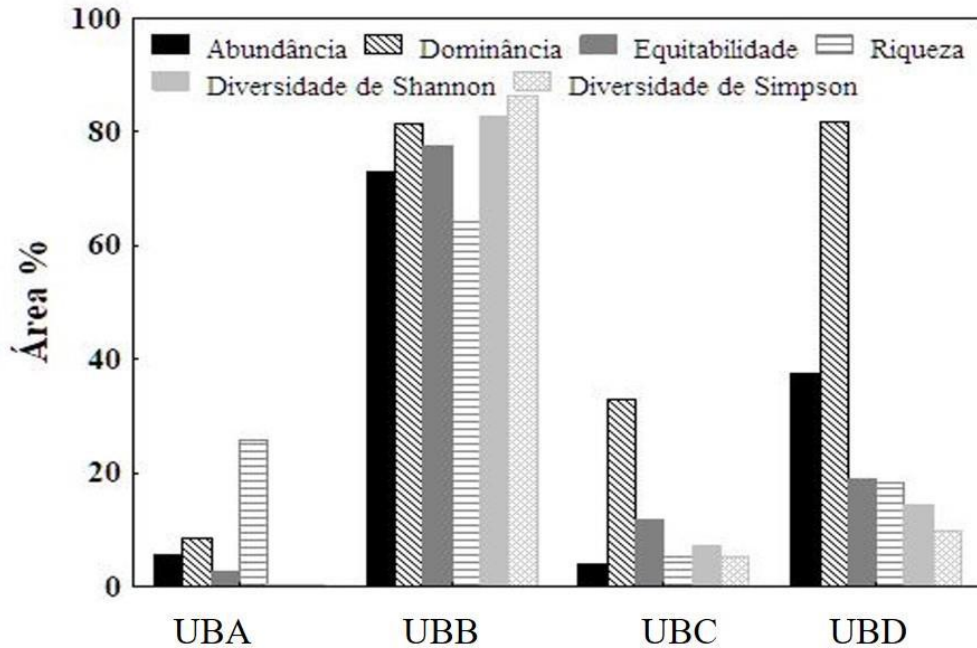
A análise de similaridade (NMDS) demonstrou que o ponto “A” obteve a menor oscilação dos parâmetros funcionais (dominância Simpson, equitabilidade de Shannon, diversidade de Shannon e Simpson) exceto para Abundância e Riqueza funcional, que foi menor no ponto “UBC” (Figura 2). Em relação a área total dos nichos, ficou evidenciado que os pontos UBA e UBC, apresentaram áreas menores em todos os parâmetros funcionais. Contrapondo isto, os pontos UBB e UBD apresentaram áreas maiores (Figura 3). O ponto “UBB” obteve a maior oscilação na similaridade e área total de nicho nos parâmetros funcionais analisados (Figura 2 e 3).

Figura 2. Escala multidimensional não paramétrica ilustrando a similaridade sazonal dos pontos amostrados no rio Uberaba.



Fonte: Autores.

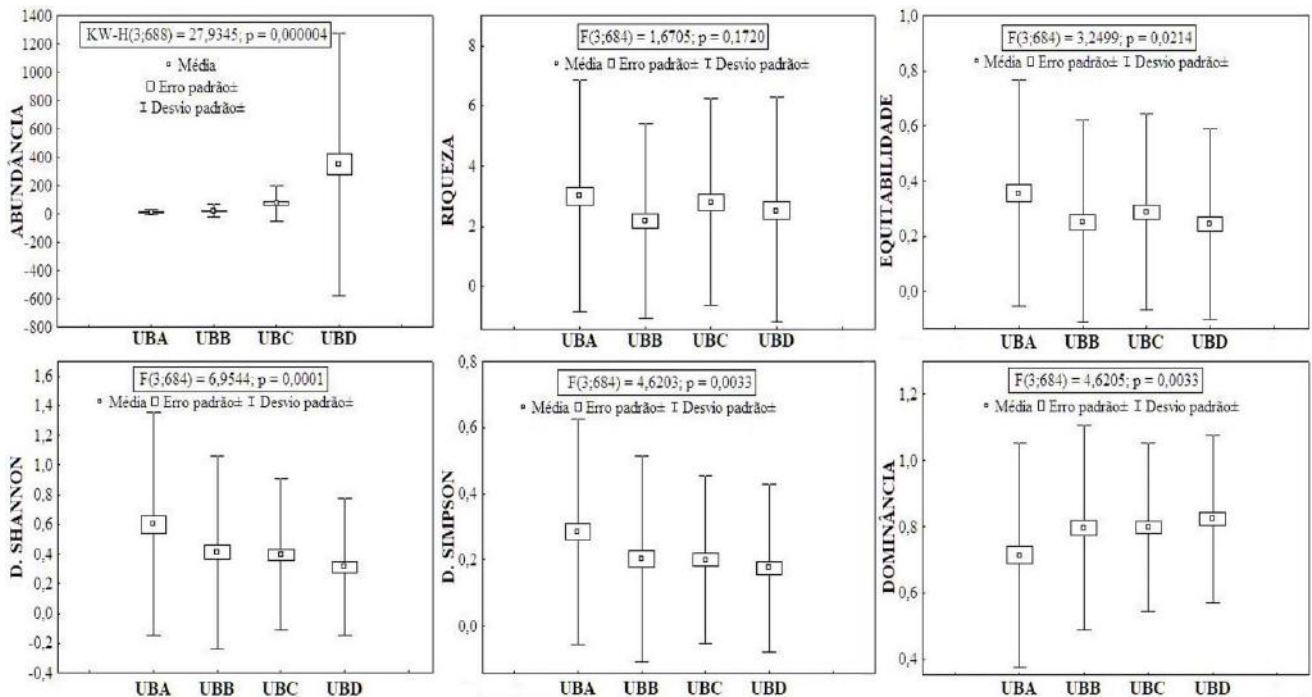
Figura 3. Tamanho da área de todos os pontos e seus respectivos parâmetros (gráfico de histograma).



Fonte: Autores.

Na análise espacial da estrutura funcional de cada ponto (UBA, UBB, UBC e UBD), todos os parâmetros funcionais (abundância, dominância de Simpson, equitabilidade de Shannon, diversidade de Shannon e Simpson) exibiram diferenças significativas, exceto o parâmetro de Riqueza funcional, $p > 0,05$ ($p=0,1720$) (Figura 4).

Figura 4. Análise espacial comparativa da estrutura funcional dos pontos amostrados (UBA, UBB, UBC e UBD). Todos os parâmetros funcionais (abundância; riqueza; equitabilidade; diversidade de Shannon; diversidade de Simpson e dominância).



Fonte: Autores.

A análise pareada de Fisher (para Dominância Funcional, Diversidade de Shannon Funcional, Diversidade de Simpson Funcional e Equitabilidade Funcional) e Mann-Whitney (para Abundância) demonstrou diferenças significativas na Abundância Funcional dos pontos UBA e UBB com os pontos UBC e UBD. Já os parâmetros funcionais: Dominância Funcional, Diversidade de Shannon Funcional, Diversidade de Simpson e Equitabilidade Funcional, apresentaram diferenças entre o ponto A com os demais pontos (UBB, UBC e UBD) (Tabela 2).

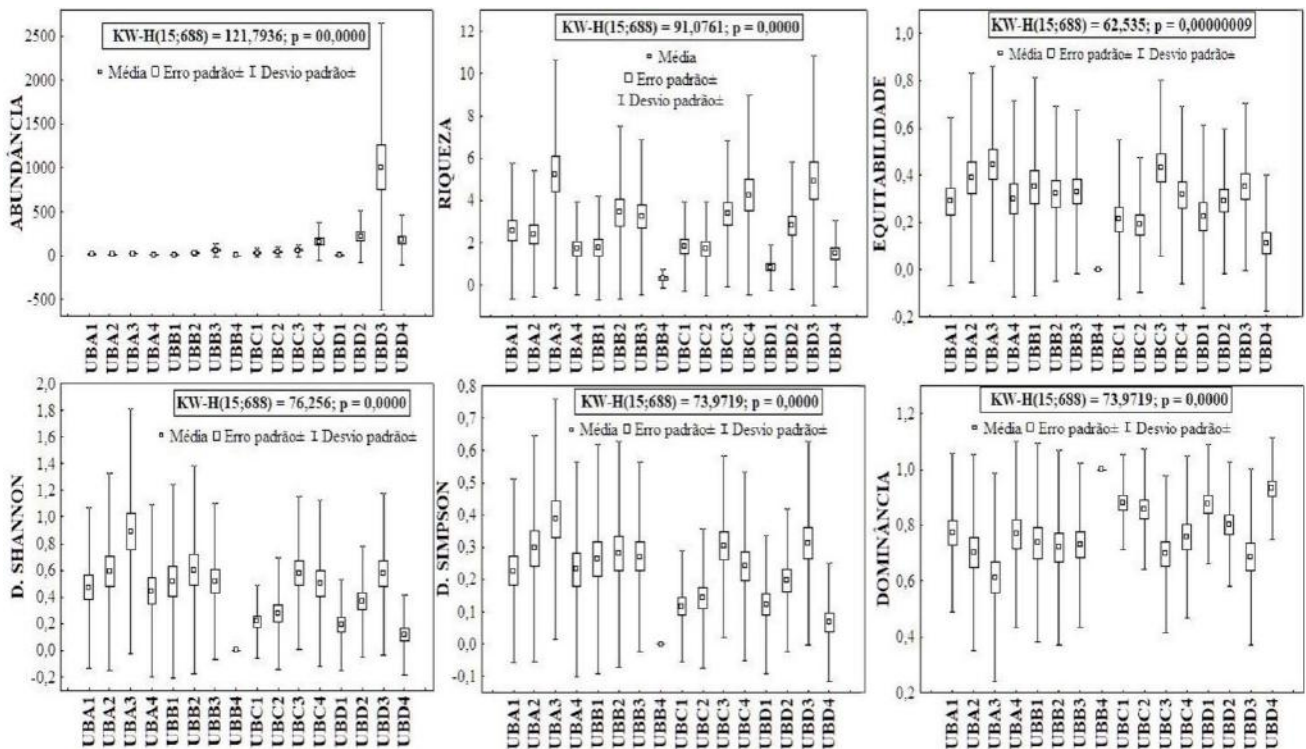
Tabela 2. Análise espacial pareada da estrutura funcional dos pontos amostrados (UBA, UBB, UBC e UBD). Diferenças significativas ($p < 0,05$) em negrito.

Abundância (Mann-Whitney)	UBA	UBB	UBC	UBD
UBA		1,000000	0,001817	0,041284
UBB			0,000071	0,003124
UBC				1,000000
Dominância (Fisher)	UBA	UBB	UBC	UBD
UBA		0,009102	0,007595	0,000495
UBB			0,950721	0,376829
UBC				0,411076
Diversidade de Shannon (Fisher)	UBA	UBB	UBC	UBD
UBA		0,003613	0,001652	0,000012
UBB			0,811228	0,138032
UBC				0,213205
Diversidade de Simpson (Fisher)	UBA	UBB	UBC	UBD
UBA		0,009100	0,007595	0,000496
UBB			0,950739	0,376938
UBC				0,411178
Equitabilidade (Fisher)	UBA	UBB	UBC	UBD
UBA		0,008809	0,091011	0,005743
UBB			0,350404	0,885605
UBC				0,281250

Fonte: Autores.

Na comparação entre todos os pontos e todos os períodos, todos os parâmetros funcionais analisados (Riqueza, Abundância, Dominância de Simpson, Equitabilidade de Shannon, Diversidade de Shannon e Simpson) apresentaram diferenças significativas (Figura 5).

Figura 5. Análise comparativa da estrutura funcional entre todos os pontos (UBA, UBB, UBC e UBD) e todos os períodos (1: outubro; 2: janeiro; 3: abril e 4: julho).



Fonte: Autores.

Por meio da análise pareada de Mann-Whitney pode-se evidenciar em quais pontos (UBA, UBB, UBC e UBD) e períodos (1, 2, 3 e 4) exibiram diferenças dos parâmetros: Riqueza Funcional; Abundância Funcional; Dominância Funcional; Diversidade de Shannon Funcional; Diversidade de Simpson Funcional e Equitabilidade Funcional (Tabela 3).

Tabela 3. Análise pareada de Mann-Whitney da estrutura funcional entre todos os pontos e períodos amostrados (UBA, UBB, UBC e UBD) (período 1: outubro; período 2: janeiro; período 3: abril e período 4: julho). Os parâmetros foram abreviados da seguinte maneira: S (Riqueza Funcional); Abund. (Abundância Funcional); Domin. (Dominância Funcional); D. Shannon (Diversidade de Shannon Funcional); D. Simpson (Diversidade de Simpson Funcional); e Equit. (Equitabilidade Funcional).

S	UBA4	UBB1	UBB2	UBB3	UBB4	UBC1	UBC2	UBC3	UBC4	UBD1	UBD2	UBD3	UBD4
UBA3	0,026	0,006	1,000	1,000	0,000	0,178	0,023	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	0,083
UBB2				1,000	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,364	1,000	1,000	1,000
UBB3					0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,291	1,000	1,000	1,000
UBB4						0,192	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,395
UBC3									1,000	0,007	1,000	1,000	1,000
UBC4										0,013	1,000	1,000	1,000
UBD1											0,126	0,007	1,000
Abund.	UBA4	UBB1	UBB2	UBB3	UBB4	UBC1	UBC2	UBC3	UBC4	UBD1	UBD2	UBD3	UBD4
UBA1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,172	1,000	1,000	0,098	0,291	1,000	0,031	0,512	1,000
UBA2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,406	1,000	1,000	0,038	0,120	1,000	0,011	0,221	1,000
UBA3	0,592	0,314	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,099	1,000	1,000	1,000
UBA4		1,000	1,000	0,204	1,000	1,000	1,000	0,001	0,005	1,000	0,000	0,011	1,000

UBB1		1,000	0,102	1,000	1,000	1,000	0,000	0,002	1,000	0,000	0,005	1,000	
UBB2			1,000	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,508	1,000	1,000	1,000	
UBB3				0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,029	1,000	1,000	1,000	
UBB4				0,012	0,020	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,005	
UBC3									1,000	0,000	1,000	1,000	
UBC4										0,000	1,000	1,000	
UBD1											0,000	0,001	
Domin.	UBA4	UBB1	UBB2	UBB3	UBB4	UBC1	UBC2	UBC3	UBC4	UBD1	UBD2	UBD3	UBD4
UBA2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,003	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBA3	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,135	0,072	1,000	1,000	0,010	1,000	1,000	0,055
UBB1			1,000	1,000	0,022	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB2				1,000	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB3					0,003	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB4						0,941	1,000	0,000	0,001	1,000	0,006	0,000	1,000
D.Shannon	UBA4	UBB1	UBB2	UBB3	UBB4	UBC1	UBC2	UBC3	UBC4	UBD1	UBD2	UBD3	UBD4
UBA1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,031	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBA2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,004	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBA3	0,701	1,000	1,000	1,000	0,000	0,087	0,101	1,000	1,000	0,004	1,000	1,000	0,036
UBB1			1,000	1,000	0,039	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB2				1,000	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB3					0,003	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB4						1,000	0,986	0,000	0,000	1,000	0,005	0,000	1,000
D.Simps.	UBA4	UBB1	UBB2	UBB3	UBB4	UBC1	UBC2	UBC3	UBC4	UBD1	UBD2	UBD3	UBD4
UBA2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,003	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBA3	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,135	0,072	1,000	1,000	0,010	1,000	1,000	0,055
UBB1			1,000	1,000	0,022	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB2				1,000	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB3					0,003	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB4						0,941	1,000	0,000	0,001	1,000	0,006	0,000	1,000
Equit.	UBA4	UBB1	UBB2	UBB3	UBB4	UBC1	UBC2	UBC3	UBC4	UBD1	UBD2	UBD3	UBD4
UBA2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBA3	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,370	1,000	1,000	0,416	1,000	1,000	0,594
UBB1			1,000	1,000	0,007	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB2				1,000	0,016	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB3					0,009	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
UBB4						0,214	1,000	0,000	0,000	1,000	0,004	0,002	1,000

Fonte: Autores.

4. Discussão

A menor dispersão estrutural nos parâmetros funcionais ocorreu no ponto UBA (exceto Riqueza e Abundância Funcional, com valores de dispersão menor no ponto UBC), pode ser explicado pela peculiaridade qualitativa deste ambiente. A posição longitudinal (região a montante distante da barragem), a presença de mata ciliar em ambas as margens

(possibilitando maior quantidade de nutrientes) e a maior heterogeneidade hídrica, lhe confere uma melhor avaliação qualitativa (Souza et al., 2016), em relação aos outros pontos.

Diante desses atributos mencionados, podemos inferir que esse ponto apresenta uma menor variação em sua estrutura funcional na dimensão temporal, em relação aos outros pontos. Esta característica confere ao ambiente uma maior estabilidade funcional frente as pressões sazonais (Elton, 1927). Ou seja, menor influência na dinâmica hídrica (com baixa oscilação da sua variabilidade de fluxos e habitats) e contínua contribuição alóctone (mantida pela mata ciliar preservada), que culmina na manutenção das atividades da comunidade de macroinvertebrados com mínima interferência das ações antrópicas.

Já o ponto UBB, demonstrou uma maior dissimilaridade dos parâmetros funcionais entre os demais pontos (UBA, UBC e UBD), como foi evidenciado na Escala Multidimensional não Paramétrica (Figura 2). Esse ponto ainda apresentou uma maior área em todos os parâmetros funcionais. Estas distinções podem ser resultado da inserção da barragem de captação d'água no município de Uberaba-MG (ver área de estudo). A inserção de barragens causa o rompimento do fluxo longitudinal, modificando o ambiente lótico em híbrido (Ward & Stanford, 1983) e conseqüentemente, esta ação altera tanto as estruturas abióticas (temperatura, pH, oxigênio, dentre outros) (Ward & Stanford, 1983) quanto as estruturas bióticas (interações ecológicas, taxa de reprodução, taxa de mortalidade, dentre outros) (Agostinho et al., 1992).

Além disso, a barragem aumenta a calha e a verticalização do rio, em relação as regiões a montante. Essa modificação hidrodinâmica gera diminuição na taxa de renovação hídrica (com características mais lênticas); na turbidez e na disponibilidade de nutrientes (devido a sua sedimentação no leito) (Tundisi, 1995; Nogueira, 2007, Esteves, 2011) deixando-o com característica mais oligotrófica (Tundisi, 1985).

Adicionalmente, outra variável, associada a anterior, que também pode estar intensificando a dissimilaridade do ponto UBB é o efeito da sazonalidade em um período específico. Essa inferência é sustentada pelo período 4 (que é o mais *outlier*), que corresponde ao mês de julho, época de estiagem. Este período demonstrou uma maior distinção entre todos os períodos e pontos (com maior discrepância no ponto UBB) (Figura 2). Durante o período de estiagem, os processos que sustentam o fluxo de energia no ecossistema aquático, dependem na maior parte, de nutrientes de origem autóctones (Agostinho et al., 1992; Nogueira, 2007; Esteves, 2011). Concomitante a isso, em ambientes represado os nutrientes em suspensão na água, sedimentam-se ao se deparar com a barragem (Agostinho et al., 1992).

Desse modo, o barramento e a estiagem podem influenciar negativamente a oscilação dos parâmetros funcionais ali presentes. Esta explicação pode estar relacionada com as ideias do distúrbio intermediário (Connell, 1978), que prevê que em ambientes com alta taxa de distúrbios os organismos mais resistentes dominam e ao diminuir gradualmente a intensidade dos distúrbios a competição passa a ser o fator preponderante na composição das comunidades. Assim, a dominância dos organismos mais resistentes nos períodos extremos (como no período de estiagem), é mediada pela alta intensidade de distúrbio (gerado pela barragem e a estiagem), e a menor discrepância estrutural entre os outros períodos, é mediada pela gradual diminuição da intensidade de distúrbio e reintrodução de recursos, proporcionando uma nova readequação da comunidade.

O ponto UBC apresentou uma menor dispersão de Riqueza e Abundância Funcional, esse fenômeno pode ser explicado através do caráter matemático destes parâmetros. Logo, o Índice de Riqueza leva em consideração apenas o número de táxons (aqui determinado como o número de táxons que fazem determinadas funções) de um determinado habitat e a abundância apenas quantidade de organismos (aqui demarcado como a quantidade de organismos que realizam determinadas funções) em um determinado hábitat.

Além disso, este ponto compreende a região a jusante da barragem (Figura 1), essas regiões exibem uma diminuição na área alagável; alterações no regime de cheias; modificações na morfologia e na granulometria do rio (devido a maior capacidade carreadora da água) e ocorre incorporação de gases atmosféricos à água evertida, podendo ser prejudicial aos

organismos dessa região e também há um aumento da transparência água (Agostinho et al., 1992), por conseguinte, neste último aspecto, pode aumentar a capacidade predatória.

Neste caso, a estabilidade e disponibilidade de recursos no ponto UBA, possibilitou uma maior concentração de organismos em certos espaços funcionais, o qual no ponto UBC, a retenção de recursos pela barragem força que os organismos explorem novos espaços funcionais, utilizando nichos vagos, consequentemente aumentando a distribuição de táxons realizando novas funções e culminando em uma composição estrutural mais generalista, em relação aos outros pontos. Esse fato é relatado nos trabalhos (Elton, 1927; Grinnell & Swarth, 1914), os quais argumentam que em locais onde os organismos apresentam similaridades funcionais há ocupação (sobreposição) de nichos ecológicos semelhantes. Desta maneira, com a disponibilidade de espaços funcionais, não utilizados por outros organismos, há um aumento no espectro de funções (Riqueza Funcional) e consequentemente os organismos fazendo estas funções (Abundância Funcional) em relação ao ponto UBA.

Após o ponto UBB, o ponto UBD é o segundo ponto que mais apresentou dissimilaridade dos parâmetros funcionais (figura 2 e 3), esse resultado pode estar fortemente associado com as características ambientais do local, já que o mesmo está situado na região mais a jusante da barragem e adentrando ao perímetro urbano, onde foi evidenciado lançamento de efluentes domésticos. Sendo que esses fatores afetam negativamente as relações ecológicas (Camargo et al., 2019), refletindo assim nos parâmetros funcionais.

5. Considerações Finais

Em síntese, evidenciou-se que as atividades antrópicas influenciaram negativamente a diversidade funcional da comunidade de macroinvertebrados aquáticos, ao longo dos trechos amostrados, principalmente no ponto B, onde está situado a barragem de captação de água. Dessa forma, nossa hipótese foi totalmente corroborada, pois os ambientes com mais intensidade de distúrbio (oriundo de ações antrópicas e sazonalidade) foram os que mais apresentaram desestruturações em seus parâmetros funcionais. É necessário salientar que foram utilizados no presente estudo, apenas atributos bióticos. Para uma melhor compreensão acerca da funcionalidade ecológica, vale a pena adicionar na matriz funcional os atributos abióticos, já que esses, influenciam na composição estrutural das comunidades ecológicas, que por conseguinte, refletem na funcionalidade ecossistêmica.

Agradecimentos

Agradecemos ao laboratório de ecologia aquático-(LEA) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro pelo suporte técnico e físico. A graduada em Ciências Biológicas Ingrid Oliveira Marques pela triagem do material biológico. A PROACE/UFTM pelo fomento de bolsa.

Referências

- AUTODESK. (2017). Autocad. Versão 2018. São Rafael, CA: Autodesk, In. 1 programa de computador.
- Agostinho, A. A., Júlio JR., H. F. & Borghetti, J. R. (1992). Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. *Revista Unimar*, 14, 89-107. <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5185>.
- Aguiaro, T. & Caramaschi, E. P. (1998). Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State (Brazil). *Proceedings of the International Association of Theoretical and Applied Limnology*, 26 (5), 2166-2169. <https://doi.org/10.1080/03680770.1995.11901128>
- Bicudo, C. E. M. & Bicudo, D. C. (2004). *Amostragem em Limnologia*. (2a ed.), Rima.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica: diretrizes técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE) / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. In: Thiengo, S.C. & Fernandez, M. A. (2008). Moluscos. Brasília: Editora do Ministério da Saúde. cap.2, 13-35. <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/agosto/14/vigilancia-controle-moluscos-import-epidemio-2ed.pdf>

- Brand, C. & Miserendino, M. L. (2014). Biological traits and community patterns of Trichoptera at two Patagonian headwater streams affected by volcanic ash deposition. *Zoological Studies*, 53 (72), 2-13. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40555-014-0072-9>
- Brusca, C. R., & Brusca, G. J. (2011). *Invertebrados*. Tradução Álvaro Esteves Migotto. (2a ed.), Guanabara Koogan.
- Callisto, M. & Esteves, F. A. (1995). Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita – Lago Batata (Pará, Brasil). *Oecologia Brasiliensis*, 1(1), 335-348. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8036>
- Callisto, M., Moreno, P. & Barbosa, F. A. R. (2001). Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61 (2), 259-266. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000200008>
- Calança, A. M. & Grelle, C.E.V. (2016). Diversidades funcional de comunidades: discussões conceituais e importantes avanços metodológicos. *Oecologia Australis*, 20 (4), 401-416. <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8402>
- Camargo, P. R. S., Souza, F. & Buranello, P. A. A. (2019). Influência de impactos antrópicos na comunidade de macroinvertebrados na bacia do baixo rio Grande. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12 (2), 643-662. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p643-662>
- Castro, D. M. P., Dolédec, S. & Callisto, M. (2018). Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna stream. *Ecological Indicators*, 84, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.030>
- Cesar, D. A. S. (2018). *Qualidade da água e macroinvertebrados e córregos periurbanos: um estado de caso em Angatuba (SP)*. 115 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Botucatu. <http://hdl.handle.net/11449/152927>
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs - high diversity of trees and corals is maintained only in a non-equilibrium state. *Science*, 199 (4335), 1302-1310. [10.1126/science.199.4335.1302](https://doi.org/10.1126/science.199.4335.1302)
- Costa, C., Ide, S. & Simonka, C. E. (2006). *Insetos imaturos: metamorfose e identificação*. Holos.
- Cunico, A. M., Graça, W. J., Agostinho, A. A., Domingues, W. M., & Latini, J. D. (2009). Fish of Maringá Urban Streams, Pirapó River drainage, Upper Paraná River Basin, Paraná State, Brazil. *Check list*, 5 (2), 273-280. <https://doi.org/10.15560/5.2.273>
- Dalu, T., Magoro, L. M., Wasserman, R. & Froneman, H. P. (2019). River nutrient water and sediment measurements inform on nutrient retention, with implications for eutrophication. *Science of Total Environment*, 684, 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.167>
- Dudgeon, D. (1994). The influence of riparian vegetation on macroinvertebrate community structure and functional organization in six New Guinea streams. *Hydrobiologia*, 294, 65-85. <https://doi.org/10.1007/BF00017627>
- Elton, C. (1927). *Animal ecology*, New York: The Macmillan Company.
- Elton, C. S. (1958). *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Methuen.
- Esteves, F. A. (2011). *Fundamentos de limnologia*. (3a ed.), Interciência.
- Fernandes, A. C. P., Fernandes, L. F. S., Moura, J. P., Cortes, R. M. V. & Pacheco, F. A. L. (2019). A structural equation model to predict macroinvertebrate-base ecological status in catchments influenced by antropogenic pressures. *Science of the Total Environment*, 681, 242-257. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.117>
- Firmiano, K. L., Castro, D. M. P., Linares, B. S. & Callisto, M. (2021). Functional responses of aquatic invertebrates to anthropogenic stressors in riparian zones of Neotropical savanna streams. *Science of the Total Environment*, 723, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141865>
- Grinnell, J., & Swarth, H. S. (1914). An account of the birds and mammals of the San Jacinto area of Southern California, with Remarks upon the Behavior of Geographic Racen on the Margins of their habitats. *American Ornithologists' Union*, 31 (1), 110-112. <https://doi.org/10.2307/1361892>
- Goswami, M., Bhattacharyya, P., Mukherjee, I., & Tribedi, P. (2017). Functional Diversity: An Important Measure of Ecosystem Functioning. *Scientific Research Publishung*, 7, 82-93. Doi: 10.4236/aim.2017.71007
- Hammer, O., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. Past. (2021). Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4, (1), 9.
- Hamada, N., Nessimian, J. L. & Querino, R. B. (2014). *Insetos aquáticos na amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus: Editora do INPA.
- Hussain, Q., A. & Pandit, A. K. (2012). Global amphibian declines: a review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 4, 348-357.
- Kovalenko, K. E., Brady, V. J., Ciborowski, J. J.H., Llyushkin, S. & Johnson, L. B. (2014). Functional changes in Littoral Macroinvertebrate Communities in Response to Watershed-Level Antropogenic Stress. *Plos one*, 9 (7), 1-7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101499>
- Lavorel, S., Mcintyre, S., Landsberg, J. & Forbes, D. (1997). Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology and Evolution*, 12 (12), 474-478. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(97\)01219-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01219-6)
- Ligeiro, R., Moretti, M. S., Gonçalves JR. J. F. G. & Callisto, M. (2010). What is more importance for invertebrate colonization in a stream with low-quality litter inputs: Exposure time or lead species? *Hydrobiologia*, 654 (1), 125-136. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0375-8>
- Linares, M. S., Callisto, M. & Marques, J. C. (2018). Compliance of secondary production and eco-exergy as indicators of benthic macroinvertebrates assemblages' response to canopy cover conditions in Neotropical headwater streams. *Science Of The Total Environment*, 613-614, 1543-1550. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.282>

- Mcallister, D. E., Hamilton, A. L. & Harvey, B. (1997). Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. *Sea Wind*, 11(3), 1-142.
- Marques, M. M., Barbosa, F. A. R. & Callisto, M. (1999). Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 59 (4), 553-561. <https://www.scielo.br/j/rbbo/a/sRzzmmmcDnXgG6HM4PcPbxK/?format=pdf&lang=en>
- Mangadze, T., Wasserman, R. J., Froneman, P. W. & Dalu, T. (2019). Macroinvertebrate functional feeding group alterations in response to habitat degradation of headwater Austral streams. *Science of Total Environment*, 695, 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133910>
- MICROSOFT EXCEL. (2009). Versão 2010. Santa Rosa, Itaútec SA, Inc. programa de computador.
- Moreno, P. & Callisto, M. (2006). Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, 560, 311-321. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-0869-y>
- Mouchet, A. A., Vilèger, S., Mason, N. W. H. & Moullot, D. (2010). Functional diversity measures and their ability to discriminate community assembly rules. *British Ecological Society*, 24, 867-876. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01695.x>
- Mugnai, R., Nessimian, J. L. & Baptista, D. F. (2010). *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books.
- Ndiritu, G. G., Gichuki, N. N. & Triest, L. (2006). Distribution of epilithic diatoms in response in environmental conditions in an urban tropical stream, Central Kenya. *Biodiversity and Conservation*, 15 (10), 3267-3293. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-0600-3>
- Nogueira, M. G., Henry, R. & Jorcin. (2007). *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. Rima.
- Rafael, J. A., Melo, G. A. R., Carvalho, C. J. B. de.; Casari, S. A. & Constantino, R. (2012). *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. Holos.
- Ricklefs, R. E. (2011). *A economia da natureza*. (6a ed.), Guanabara Koogan.
- Root, R. B. (1967). The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Society of America*, 37 (4), 317-350. <https://doi.org/10.2307/1942327>
- Ruppert, E. E., Fox, R. S. & Barnes, R. D. (2005). *Zoologia dos Invertebrados*. (7a ed.), Editora Roca.
- Statsoft. (2005). Inc. Statistic (data analysis software system), version 7.1.
- Statzner, B., Bady, P., Doledec, S. & Scholl, F. (2005). Invertebrates traits for the biomonitoring of large European rivers: An initial assessment of trait patterns in least impacted river reaches. *Freshwater Biology*, 50 (12), 2136-2161. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01447.x>
- Schemera, D., Podani, J., Heino, J., Eros, T. & POFF, N. L. (2015). A proposed unified terminology of species traits in stream ecology. *Freshwater Science*, 34 (3), 823-830. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/681623>
- Souza, F., Santos, C. J., Tramonte, R. P. & KLEPKA, V. (2014). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados em três córregos na bacia do alto rio Paraná: uma relação entre qualidade ambiental e parâmetros ecológicos. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 7 (2), 413-427.
- Souza, F., Leitão, M. L. C., Rocha, B. G. A., Hiroki, K. A. N. & Pelli, A. (2016). Estrutura ictiofaunística do Rio Uberaba: a influência dos barramentos na dinâmica ecológica das comunidades de peixes. *Biota Amazônia*, 6 (4), 87-93. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n4p87-93>
- Tilman, D. (2001). Functional Diversity. Cambridge: *Enciclopedia of Biodiversity*, Saint Paul, MN, 3, 109-120.
- Tundisi, J.G. (1985). Represas artificiais: perspectivas para o controle e manejo da qualidade da água para usos múltiplos. *Anais do V simpósio brasileiro de hidrologia e recursos hídricos*, São Paulo: ABRH, 4, 38-59.
- Tundisi, J.G., Bicudo, C. E. M., & Matsumura-Tundisi, T. (1995). Limnology in Brazil, In: Henry, R.; tundisi, J. G. *The Thermal Structure of some Lakes and Reservoirs in Brasil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 350-363.
- Vasco, A. N., Oliveira, A. V. S., Feitosa, G. A., Piozevan, T. G. A., Alves, A. E. O. & Dantas, J. O. (2021). Impacts of dam construction on the macroinvertebrate community in the Poxin-Açú, in a tropical region. *Rev. Ambiente e Água*, 16 (6), 1-11. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2704>
- Ward, J. V. & Stanford, J. A. (1983). *The serial discontinuity concept in lotic ecosystems*. In: Fontaine, T. D., Barthell, S. M. *Dynamics of Lotic Ecosystems*. Michigan: Ann Arbor Science, 29-42.
- Wallace, J. B. & Webster, J. R. (1996). The role of Macroinvertebrates in Stream Ecosystem Function. *Annual Review Entomology*, 41, 115-139. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.en.41.010196.000555>