

Uso de macroinvertebrados aquáticos na bioindicação de ambientes transformados no Pantanal, Centro-Oeste do Brasil

Raquel Santos Batista¹ , Acisa Raimunda de Souza¹ , Wilkinson Lopes Lázaro¹ , Claumir Cesar Muniz¹ , Ernandes Sobreira Oliveira Junior^{1*} 

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Pesquisa em Limnologia, Biodiversidade e Etnobiologia do Pantanal, Laboratório de Ictiologia do Pantanal Norte, Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT, Campus de Cáceres, CEP: 78200-000, Cáceres, MT Brasil.

*Autor para correspondência: ernandes.sobreira@gmail.com

Recebido em 16 de novembro de 2021.

Aceito em 26 de junho de 2022.

Publicado em 20 de julho de 2022.

Resumo - Esta pesquisa objetivou investigar a biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos em ambientes com diferentes graus de antropização, bem como qualificar sua eficiência e adequação de índices bióticos de avaliação em áreas úmidas tropicais. A coleta foi realizada no período de estiagem em oito unidades amostrais do Pantanal Norte, distribuídas em rios, córregos urbanos, lagos de dessedentação, córrego rural e três ambientes em uma Unidade de Conservação. Para coleta de variáveis limnológicas, utilizou-se uma sonda multiparamétrica, além da coleta de 200ml de água para análises dos nutrientes. O protocolo de avaliação rápida-PAR foi aplicado. Uma relação positiva significativa foi encontrada entre as variáveis oxigênio dissolvido ($R^2=0,17$), temperatura ($R^2=0,13$) e o PAR ($R^2=0,13$) com a densidade de indivíduos por m^2 . Os índices EPT e IBF foram os melhores na bioindicação. A PCA mostrou uma relação entre ambientes como a Unidade de Conservação com o índice EPT, enquanto os córregos urbanos foram relacionados com o índice IBF. O PAR contribuiu para a caracterização dos ambientes com seus diferentes níveis de preservação. Nossos resultados demonstram que os índices de biomonitoramento devem ser associados às variáveis ambientais e devem ser considerados como importantes ferramentas para a caracterização ambiental.

Palavras-chave: Invertebrados bentônicos. Índices bióticos. Limnologia. Recursos Hídricos. Biomonitoramento.

Use of aquatic macroinvertebrates in bioindication of transformed environments in the Pantanal, Brazilian Center West

Abstract - This research aimed to investigate the biodiversity of benthic macroinvertebrates in environments with different degrees of anthropization, as well as to qualify their efficiency and suitability with biotic evaluation indexes in tropical humid areas. The collection was carried out

during the dry season in eight sampling units in the Northern Pantanal region, distributed in rivers, urban streams, ponds of water, rural stream and three environments in a Conservation Unit. For the collection of limnological variables, a multiparametric probe was used, in addition to the collection of 200ml of water for nutrient analysis. The “RAP” rapid assessment protocol was applied. A significant positive relationship was found between the variables dissolved oxygen ($R^2 = 0.17$), temperature ($R^2 = 0.13$) and RAP ($R^2 = 0.13$) with the density of individuals per m^2 . The EPT and IBF indices were the best in bioindication. The PCA showed relations between environments such as the Conservation Unit with the EPT index, while relations with urban streams were made with the IBF index. The RAP contributed to the characterization of environments according to their level of preservation. Our results demonstrate that biomonitoring indices must be associated with environmental variables and, should be considered important tools for environmental characterization.

Keywords: Benthic invertebrates. Biotic indices. Limnology. Water resources. Biomonitoring.

Uso de macroinvertebrados acuáticos en la bioindicación de ambientes transformados en el pantanal, Centro Oeste de Brasil

Resumen - Esta investigación tuvo como objetivo estudiar la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en ambientes con diferentes grados de antropización, así como calificar su eficiencia y adecuación de índices bióticos para evaluación en humedales tropicales. La recolección se realizó durante el período seco en ocho unidades de muestreo del Pantanal Norte, distribuidas en ríos, arroyos urbanos, lagos de desedentación de animales, arroyo rural y tres ambientes en una Unidad de Conservación. Para la recolección de variables limnológicas se utilizó una sonda multiparamétrica, además de la recolección de 200ml de agua para análisis de nutrientes. Se aplicó el protocolo de evaluación rápida-PAR. Se encontró una relación positiva significativa entre las variables oxígeno disuelto ($R^2 = 0.17$), temperatura ($R^2 = 0.13$) y PAR ($R^2 = 0.13$) con la densidad de individuos por m^2 . Los índices EPT e IBF fueron los mejores en bioindicación. El PCA mostró una relación entre ambientes como la Unidad de Conservación con el índice EPT, mientras que los arroyos urbanos se relacionaron con el índice IBF. El PAR contribuyó a la caracterización de los entornos más conservados y menos conservados. Nuestros resultados demuestran que los índices de biomonitoreo deben asociarse con variables ambientales y, en cada entorno, se debe considerar un tipo y se deben aplicar herramientas importantes para la caracterización ambiental.

Palabras llave: Invertebrados bentónicos. Índices bióticos. Limnología. Recursos hídricos. Biomonitoreo.

Introdução

A água é um bem essencial a toda vida terrestre e aquática do planeta, entretanto, nos últimos anos o seu uso tem se tornado intenso, principalmente para os sistemas de irrigação e agricultura. Rios e lagos vêm sendo antropizados (Tundisi 2008; Matsumura-Tundisi 2020.), e os córregos

urbanos têm recebido uma gama de nutrientes de esgotos domésticos e industriais (Waydzik et al. 2018). O excesso de nutrientes confere a esses ambientes um alto grau de degradação da qualidade da água (Menezes Filho e Amaral 2014; Da Silva 2016) e modifica seus parâmetros ambientais, como por exemplo o potencial hidrogeniônico (pH), o oxigênio dissolvido, a temperatura, a turbidez, impactando amplamente a biodiversidade aquática (Tripathi e Singal 2019).

Em função da degradação dos sistemas aquáticos, decorrente de ação antrópica, houve a necessidade de estabelecer medidas protetoras do uso sustentável da água (Souza et al. 2014). Em várias partes do planeta medidas protetivas já haviam sido tomadas mesmo antes de 1990, período em que países Europeus já adotavam o monitoramento da água, possuindo uma política sobre o gerenciamento da qualidade hídrica desde o início do século XX. No Brasil, embora algumas leis federais e estaduais já existissem, foi na década de 1990 que foi estabelecida a política de recursos hídricos, norteadas pela “lei das águas” (LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997), a qual desencadeia uma série de resoluções a partir do ano 2000 que estabeleceram os parâmetros para a avaliação da qualidade da água (Brasil 1997).

O uso de metodologias para avaliação da qualidade dos recursos hídricos é de suma importância (Tundisi 2008). Tradicionalmente, os métodos de análise de qualidade da água eram baseados em estudos dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, pelos quais os resultados demonstravam apenas uma avaliação momentânea em uma determinada área. (Johnson et al. 1993). Outros índices de monitoramento dos recursos hídricos têm sido propostos para a qualificação ambiental, e dentre estes, a estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos foi considerada importante ferramenta de avaliação, devido à resistência e resiliência de diferentes grupos taxonômicos às alterações ambientais (Metcalf 1989; Schiller et al. 2017).

Atualmente, os macroinvertebrados bentônicos são utilizados no biomonitoramento através da aplicação de índices que avaliam o ecossistema, baseados nas características ecológicas desses organismos. Estes índices oferecem respostas robustas de acordo com as condições de cada ambiente, além de apresentar diversas características que permitem o seu uso, como a facilidade na coleta, dispensa de equipamentos laboratoriais de alto custo e fácil identificação taxonômica (De Queiroz et al. 2018).

Dentre todos os índices propostos, os mais utilizados para o biomonitoramento da saúde dos sistemas aquáticos são o EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) e ASPT (*Average Score Per Taxon*). O EPT, por exemplo é um dos índices de biomonitoramento mais utilizados na literatura internacional, contabilizando organismos de ordens taxonômicas com alta sensibilidade à poluição orgânica, para os quais os maiores valores indicam melhor qualidade da água. Já o BMWP e ASPT, também amplamente utilizados, fornecem uma nota final que qualifica o ambiente baseado nas diferentes famílias taxonômicas encontradas em um sistema aquático (Johnson et al. 1993; Barbosa et al. 2020).

Outros fatores ambientais também podem ser coadjuvantes para a avaliação da qualidade ambiental baseada no uso de macroinvertebrados, como as variáveis limnológicas (oxigênio dissolvido (OD), a temperatura (°C), o nitrogênio (N) e o fósforo (P)), que de acordo com sua amplitude e concentração, podem regular a estrutura das comunidades aquáticas (Cardoso e Novaes 2013). Por exemplo, alguns grupos bentônicos da família Chironomidae, são mais tolerantes a baixas concentrações de oxigênio, principalmente encontradas em ambientes ricos em matéria orgânica e/ou poluídos (Barbola et al. 2011).

Além das variáveis ambientais objetivas, os protocolos de avaliação rápida (PAR) também são utilizados para caracterizar as condições do ambiente em termos de estado de conservação (e.g. Callisto et al. 2002). Sua aplicação é feita com base em observações nas condições físicas do hábitat, como a

erosão das margens, vegetação ciliar, odor da água, atividade antrópica nas margens, dentre outras. Vários autores têm utilizado os PAR's como ferramentas para a avaliação ambiental (Callisto et al. 2002; Chagas et al. 2017; Rodrigues et al. 2018). Entretanto, é importante ressaltar que esta ferramenta associada a parâmetros ambientais objetivos pode ser ainda mais robusta para esta qualificação (Oliveira Junior et al 2021), principalmente em áreas de grande amplitude de stress hídrico como o Pantanal (e.g. extremas estiagens e extremas cheias).

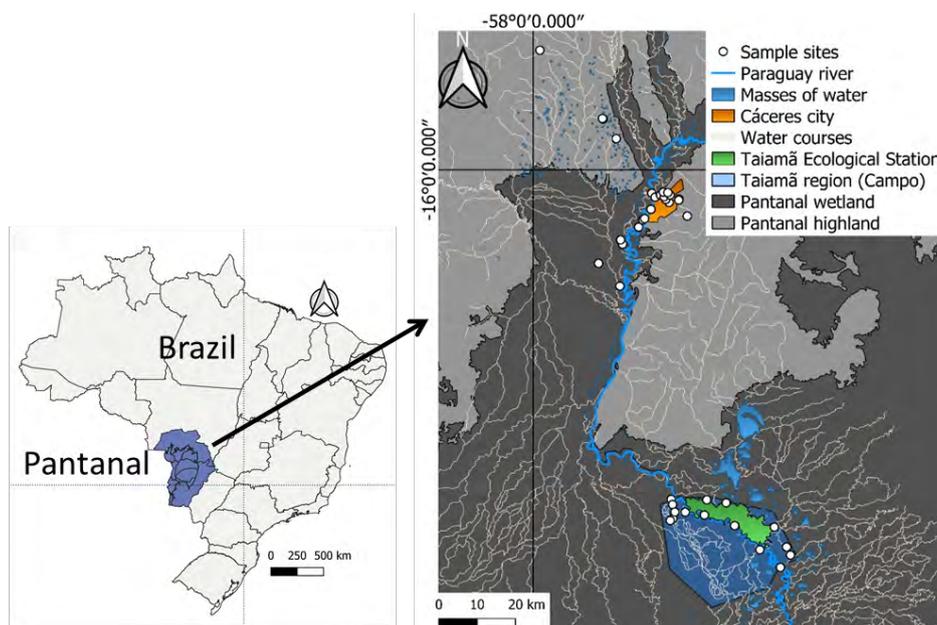
Tendo em vista potencial do uso de macroinvertebrados aquáticos para a análise da qualidade ecossistêmica, em conjunto com a necessidade de estabelecimento de indicadores ambientais em áreas como o Pantanal, esta pesquisa objetivou investigar a biodiversidade de macroinvertebrados aquáticos bentônicos em ambientes com diferentes graus de antropização, tendo como hipótese que (1) ambientes com menor grau de transformação ambiental serão melhor qualificados através do índice EPT devido estes organismos não resistirem a altas concentrações de nutrientes presentes em outros ambientes aquáticos; e (2) cada ambiente aquático distinto apresenta um índice de qualidade ambiental que melhor descreve sua situação.

Metodologia

Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada no Pantanal Norte, na cidade de Cáceres, estado de Mato Grosso, Brasil (Figura1). O município de Cáceres está situado às margens do rio Paraguai e inserido nos biomas Cerrado e Pantanal e é considerado peculiarmente pantaneiro. O município dispõe de uma ampla rede hídrica, que recebe as águas do rio Paraguai – principal tributário do Pantanal. Além dos tributários, há várias baías, córregos naturais provenientes de áreas de cerrado, córregos urbanos que cortam o município e áreas de manejo de água para a dessedentação e irrigação em zonas adjacentes ao município (Buhler et al. 2013).

Figura 1. Localização dos pontos amostrais em córregos, lago de dessedentação, rio Paraguai e Estação Ecológica de Taiamã



A coleta foi realizada em 43 pontos amostrais, subdividida em 8 ambientes de inundação (Tabela 1). Os locais amostrados foram rio Paraguai, próximo à cidade de Cáceres, em que há uma maior interferência humana como áreas de recreação e pesca esportiva; em dois córregos urbanos que cortam a cidade e são utilizados pela população de entorno para despejo de esgoto residencial clandestinamente; lago de dessedentação paralelo a BR-070, caracterizado por utilização pretérita de aterro para construção asfáltica; córrego Caramujo em área rural, nas proximidades do distrito de Santo Antônio do Caramujo, pertencente ao município de Cáceres MT; e em três ambientes na Estação Ecológica de Taiamã (EET), sendo a área de referência devido a mínima interação antrópica recente. A EET está situada no Pantanal entre os rios Paraguai e Bracinho, e em seu entorno há uma zona de exclusão de pesca denominada Campo (da Frota et al. 2020).

Tabela 1. Pontos de coletas de macroinvertebrados bentônicos amostrados no município de Cáceres MT

Unidades amostrais	N. amostral	Localização
1	08	Rio Paraguai Cáceres (RP).
2	05	Córrego Sangradouro da nascente até a foz (CS).
3	05	Córrego dos Fontes da nascente até a foz (CF).
4	05	Distrito de Caramujo em lagos de dessedentação (LD).
5	05	Córrego Caramujo da nascente até a foz (CC).
6	05	Estação Ecológica de Taiamã (UC- Campo).
7	05	Estação Ecológica de Taiamã (UC- Rio Paraguai).
8	05	Estação Ecológica de Taiamã (UC- Bracinho).

Coleta de dados

A coleta do material biológico foi realizada no ano de 2019 no período da estiagem (agosto e outubro). A coleta na fase de estiagem foi escolhida para garantir a máximo de diferenciação ecológica entre os pontos amostrais, considerando as características do pulso de inundação local. A delimitação do período amostral ocorreu de acordo com os períodos sazonais descritos em Lázaro e Oliveira Júnior e colaboradores (2020) e Santana e colaboradores (2013).

Os macroinvertebrados foram coletados em sedimento com auxílio de uma draga de van Veen com área de 0,0428 m² e colocados em sacos plásticos devidamente identificados de acordo ao local de coleta. Após coletado, o material biológico foi encaminhado ao Laboratório de Ictiologia do Pantanal Norte da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), lavado em uma série de peneiras com diferentes aberturas de malhas (1.00 mm; 0.5 mm e 0.2 mm), acondicionado em potes de plásticos e conservado no formol (10 %) (e.g. Oliveira Junior et al. 2013). Posteriormente, o material biológico foi triado sob uma lupa estereoscópica e identificado taxonomicamente até nível de família.

As variáveis limnológicas pH, oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade elétrica foram amostradas utilizando uma sonda multiparamétrica (Horiba-U55®). A coleta de dados de profundidade e transparência da água foi realizada com auxílio de disco de Secchi. A coleta de amostras da água para análise de nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total foi realizada na subsuperfície da coluna

d'água, com garrafas de polietileno de 200 ml. Por fim, foi aplicado o protocolo de avaliação rápida-PAR proposto por Callisto et al. (2002), para caracterização ambiental, o qual confere pontos de 0 a 40 para trechos impactados, de 41 a 60 para alterados e pontuações acima de 60 para ambiente sem alterações.

Análises laboratoriais

Para a identificação dos macroinvertebrados foi realizado um processo de triagem utilizando placa de Petri, lupa estereoscópica e auxílio de pinças. Os organismos encontrados foram armazenados em microtubos contendo álcool (70 %) e etiquetados com as devidas informações de coleta (Sotomayor et al. 2020). Os macroinvertebrados foram identificados em nível de família com auxílio de chaves taxonômicas (Mugnai et al. 2010) e por especialista em invertebrados.

A determinação do nitrogênio total (N), fósforo total (F) e ortofosfato (O) foi realizada em espectrofotômetro UV –VIS seguindo metodologia padrão (APHA, 2012).

Caracterização ambiental e índice de biomonitoramento baseada nos macroinvertebrados

A determinação do impacto ambiental da área amostrada foi realizada mediante a aplicação do protocolo de avaliação rápida- PAR proposto por Callisto e colaboradores (Callisto et al. 2002).

Para a qualificação ambiental, baseada na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, foram utilizados os índices *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), o *Average Score Per Taxon* (ASPT), o Índice Bentônico de Famílias (IBF), o índice baseado nas ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), e a relação entre Oligochaeta e Chironomidae.

Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade, utilizando Shapiro-Wilk. Em caso de não normalidade, testes não paramétricos foram utilizados (Kruskal-Wallis). Uma análise de agrupamento clássico (UPGMA-Distância Euclidiana) foi realizada para a identificação dos diferentes tipos de ambientes (aqui identificados como mais preservados e menos preservados) utilizando o Protocolo de Avaliação Rápida como variável de entrada.

A biodiversidade de macroinvertebrados aquáticos foi analisada mediante o uso do teste Mann-Whitney para a comparação entre ambientes antrópicos e naturais, bem como a comparação entre ambiente mais preservados e menos preservados. Regressões lineares foram utilizadas para identificar as relações entre a abundância, riqueza e diversidade com os parâmetros ambientais. A Correlação de Spearman também foi realizada para as variáveis limnológicas e densidade de invertebrados.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada para caracterização ambiental de acordo com as variáveis físicas, químicas e biológicas. As análises foram realizadas na interface estatística R (2020) com apoio dos pacotes ADE4, factoextra e paran. Ainda utilizamos os programas PAST (2016) e Excel (Microsoft® 2016). Valores de $P < 0.05$ foram considerados como significativos para refutar a hipótese nula.

Resultados

Variáveis físicas e químicas

A macrofauna de invertebrados aquáticos foi composta por 2.210 indivíduos distribuídos em 13 ordens e 12 famílias. Somente 49 indivíduos não foram identificados. A classe mais abundante foi a Oligochaeta (244 ± 650 ind/m²) e a Família mais abundante foi a Elmidae (584 ± 252 ind/m²).

As concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 1.26 ± 0.89 e 6.55 ± 0.49 mg L⁻¹; valores mais baixos foram encontrados no Córrego Sangradouro e mais altos na UC-Rio Paraguai. A temperatura variou entre 23.22 ± 0.05 e 30.06 ± 0.57 °C, com valores menores para rio Paraguai e maiores nos lagos de dessedentação.

Os valores do pH variaram entre 6.76 ± 0.33 e 8.23 ± 0.80 com menores valores no rio UC-Bracinho e maiores no córrego Caramujo. A maior média da condutividade elétrica da água foi registrada no córrego Caramujo 428.5 ± 279.8 µS/cm, no qual a maior transparência também foi registrada (73.36 ± 27.35 µS/cm) (Tabela 2).

Tabela 2 Média e desvio-padrão das variáveis limnológicas amostradas no rio Paraguai-PR, Córrego Sangradouro- CS, Córrego Fontes-CF, Lago de dessedentação-LD, Córrego Caramujo- CC, Unidade de Conservação Campo- UC-C, rio Paraguai-UC-RP e Bracinho-UC-B no Pantanal Norte. O.D = oxigênio dissolvido; T = temperatura; Cond = condutividade; Transp = transparência; Profund = profundidade.

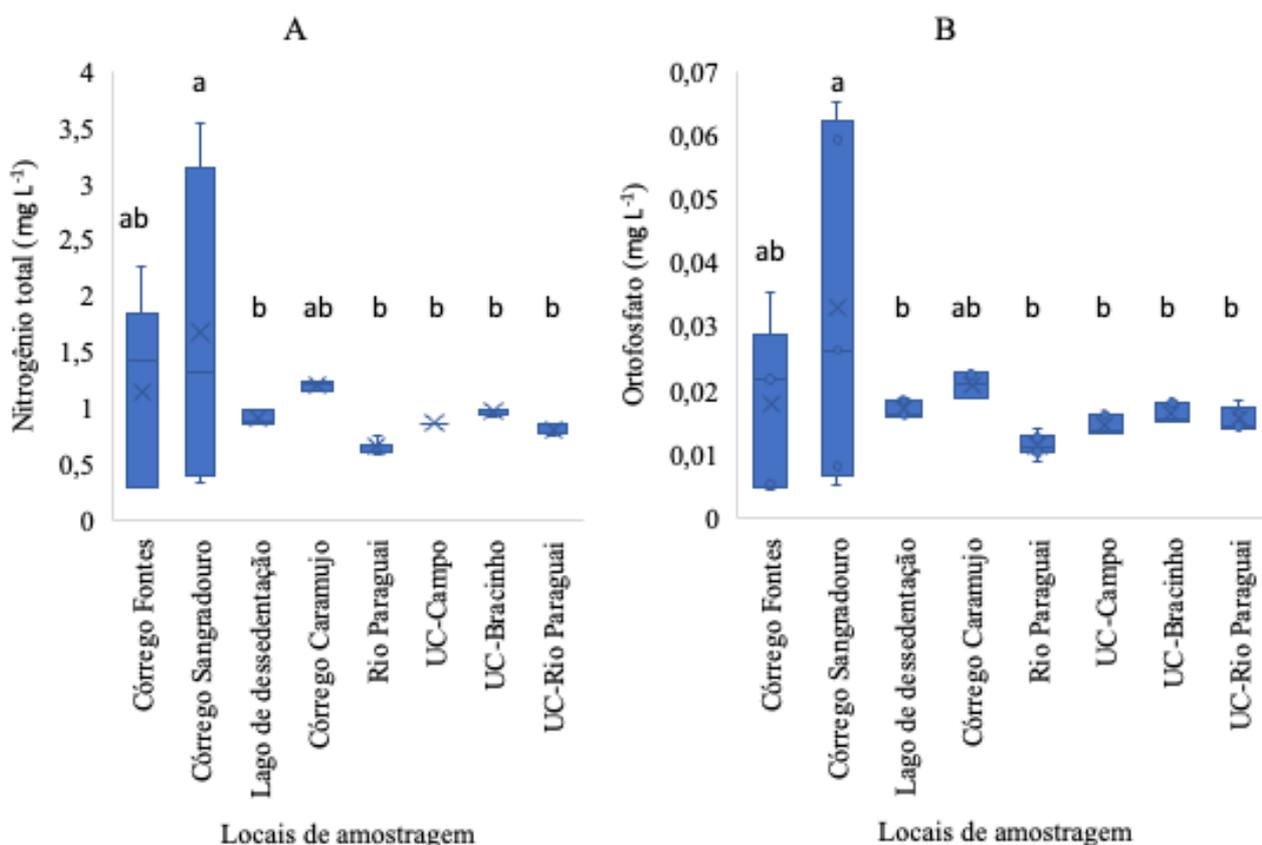
Variáveis	O. D	T °C	pH	Cond.(µS/cm)	Transp.(µS/cm)	Profund/cm
RP	5.59±0.23	23.22±0.05	7.35±0.36	38.9±0.42	55.21±8.49	364.3±19.4
CS	1.26±0.89	24.24±0.71	-	336.6±129.7	32.21±11.33	32.2±11.3
CF	2.29±2.11	26.37±1.69	-	269.7±116.1	32.22±10.92	34.2±10.9
LD	3.65±1.45	30.06±0.57	6.76±0.33	108.7±44.6	65.09±28.90	65.3±33.4
CC	4.65±1.35	29.30±209	8.23±0.80	428.5±279.8	73.36±27.35	192 ±219.6
UC- C	6.08±0.94	29.30±0.86	7.21±0.65	50.7±11.4	43.77±14.29	292±75
UC- RP	5.37±0.35	29.11±0.59	6.96±0.11	64.8±0.86	36.99±7.68	248.7±82.8
UC- B	6.55±0.49	29.43±1.01	7.35±0.26	72.6±12.95	37.62±7.003	278.2±94.3

Dentre os locais amostrados, o Nitrogênio Total foi encontrado em menor valor na Nascente do Córrego Fontes (0.28 mg L⁻¹) enquanto a Foz do Córrego Sangradouro foi aquela com maior concentração de Nitrogênio Total (3.53 mg L⁻¹). O Nitrogênio Total no Córrego Sangradouro apresentou valores mais altos do que aqueles encontrados no rio Paraguai, próximo à cidade de Cáceres, na Unidade de Conservação (UC- Rio Paraguai; UC-Bracinho; e UC-Campo), e nos Lagos de Dessedentação (Kruskal-Wallis; $X^2 = 15.48$; $P < 0.05$; Figura 2A).

O Ortofosfato na água seguiu um padrão semelhante ao encontrado para o Nitrogênio Total, no qual o Córrego Sangradouro apresentou valores maiores para esta variável, quando comparado com os pontos da Unidade de Conservação (UC-Rio Paraguai; UC-rio Bracinho; e UC-Campo), Lagos de Dessedentação, e no rio Paraguai próximo a cidade de Cáceres (Kruskal-Wallis; $X^2 = 16.22$; $P < 0.05$; Figura 2B).

Não houve diferença estatística significativa entre os locais em relação ao Fósforo Total. É importante ressaltar que em 11 locais, os valores desta variável foram maiores do que aqueles estabelecidos pela Resolução 357/2005 CONAMA (ver Brasil, 2005), que estabelece os limites dos parâmetros físico-químicos e biológicos para as águas interiores. Dentre os locais estão o córrego Sangradouro, córrego Fontes e lagos de dessedentação, exceto nas nascentes desses dois córregos urbanos, todos os outros pontos apresentaram valores mais altos.

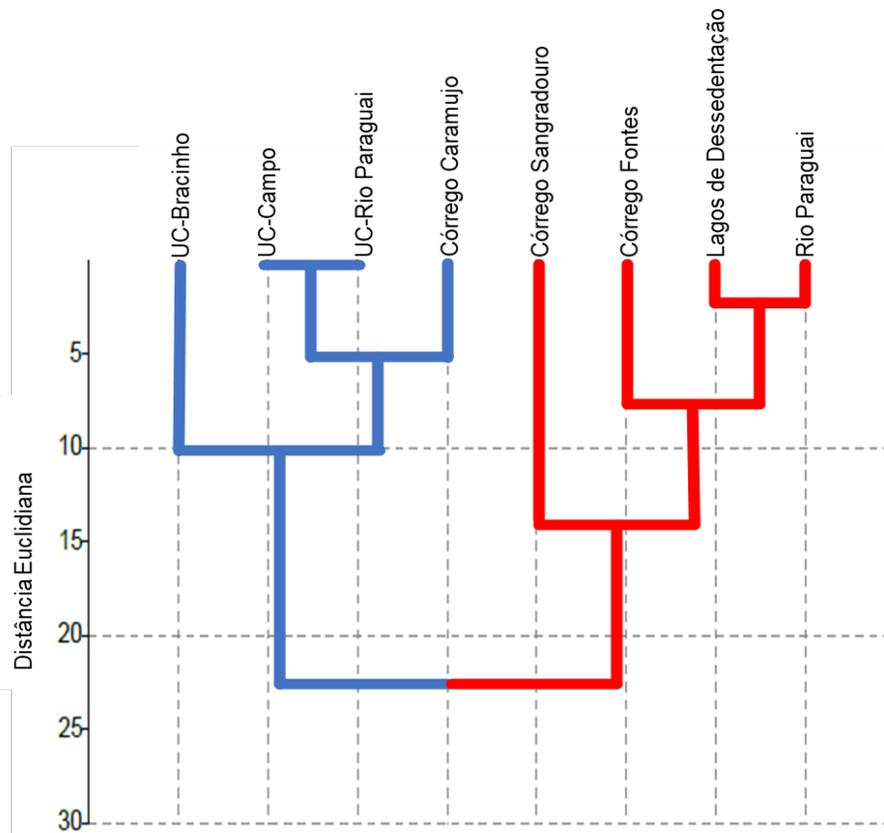
Figura 2. Diagrama de caixas mostrando a variação das concentrações de: A- Nitrogênio total (mg L^{-1}) e B - Ortofosfato (mg L^{-1}). Letras minúsculas de “a” e “b” na figura denotam diferença estatística.



Através da pontuação do protocolo de avaliação rápida proposto por Callisto e colaboradores, observou-se que o Córrego Sangradouro foi aquele que apresentou menores valores relativos (considerando todos os pontos de amostragem da nascente até a foz - 40 pontos), seguido pelo Córrego Fontes, com 49 pontos. Os pontos localizados dentro da Unidade de Conservação foram aqueles com maiores pontuações (UC-Campo com 72.2; UC- Rio Paraguai com 72.6; e UC- Rio Bracinho com 80.8 pontos).

O teste de agrupamento clássico (UPGMA- Distância Euclidiana) destacou a formação em dois grupos (Figura 3); o primeiro formado pelos locais com maiores notas de acordo com o PAR aplicado, consequentemente considerados com menor impacto ambiental (UC-Campo; UC-Bracinho; UC- Rio Paraguai; e Córrego Caramujo); e o outro formado por locais mais impactados (Córrego Sangradouro; Córrego Fontes; Lago de Dessedentação; e Rio Paraguai próximo à cidade).

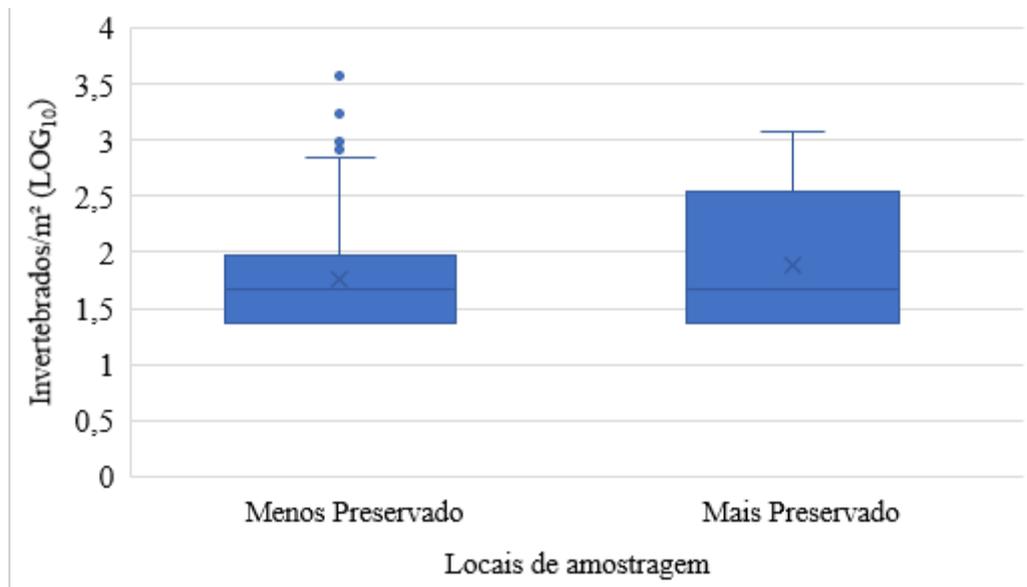
Figura 3. Agrupamento dos locais de amostragem por agregação hierárquica (algoritmo UPGMA e distância Euclidiana). Pontos de amostragem em azul são aqueles considerados como mais preservados, e em vermelho os menos preservados.



De acordo com os resultados foi possível observar, através do teste de agrupamento, que houve uma diferença de dois locais distintos de qualificação ambiental, sendo caracterizado como um mais preservado e outro menos preservado. A maior densidade de macroinvertebrados foi observada no ambiente com maior grau de preservação (aqui chamado como mais preservado; 215 ± 330 invertebrados/m²), do que no ambiente com menor grau de preservação (aqui denominado menos preservado; 127 ± 431 invertebrados/m²; Mann-Whitney; $U = 9877$; $P < 0.01$) (Fig.4).

Os táxons Oligochaeta, Chironomidae, Ceratopogonidae, Hydrachnidae, Trichoptera e Pleidae estão presentes em ambos os ambientes (mais preservados e menos preservados). Já as famílias Cyprinidae, Glossiphoniidae, Gyrinidae e Planorbidae aparecem apenas nos ambientes menos preservados; e por fim, os que estão presentes nos ambientes mais preservados são Elmidae, Mesoveliidae, Noteridae e Polymitarcyidae.

Figura 4. Diagramas de caixa demonstrando a variação da abundância de invertebrados por m² nos diferentes estratos de preservação das áreas amostrais. Note que o eixo das ordenadas está em escala logarítmica para configurar melhor visualização dos resultados.



Entre as famílias de invertebrados encontradas, a família Chironomidae, comumente conhecida como indicadora de má qualidade ambiental (de acordo com o índice BMWP), apresenta mais de duas vezes maior número de indivíduos em local com menor grau de preservação (112 ± 141 ind/m²) do que em local mais preservado (50 ± 40 ind/m²).

Os indivíduos da classe Oligochaeta, a qual possui o menor valor para a qualificação ambiental, de acordo com o índice BMWP, apresentou 6 vezes mais organismos nos locais menos preservados (321 ± 756 ind/m²), do que aqueles com maior grau de preservação (51 ± 33 ind/m²), com diferença significativa entre estes dois ambientes (Mann-Uitney; $U = 6.07$; $P < 0.05$). Em contrapartida, Trichoptera, indicadora de boa qualidade ambiental, neste estudo ocorreu em todos os locais mais preservados em alta densidade (761 ± 228 ind/m²) e em apenas um local considerado como menos preservado (Rio Paraguai, com 46 ind/m²).

Através da análise de correlação de Spearman (r_s) demonstramos que há uma correlação positiva entre a densidade de macroinvertebrados e algumas variáveis ambientais. Ou seja, maiores valores de oxigênio dissolvido levam a uma maior densidade de macroinvertebrados ($r_s = 0.53$; $P < 0.01$). O mesmo ocorre com o aumento da temperatura ($r_s = 0.16$; $P < 0.05$) e com as pontuações do PAR ($r_s = 0.73$; $P < 0.01$). A aplicação do índice BMWP demonstrou que todos os ambientes foram qualificados como má qualidade ambiental, e o ASPT classificou a qualidade da água com poluição severa. Já o EPT, determinado utilizando as ordens de Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera, indicou a qualidade da água “muito ruim” para córrego Sangradouro, rio Paraguai e lago de dessedentação. O córrego Caramujo foi classificado como regular, e a Estação Ecológica de Taiamã com qualidade da água muito boa (EET).

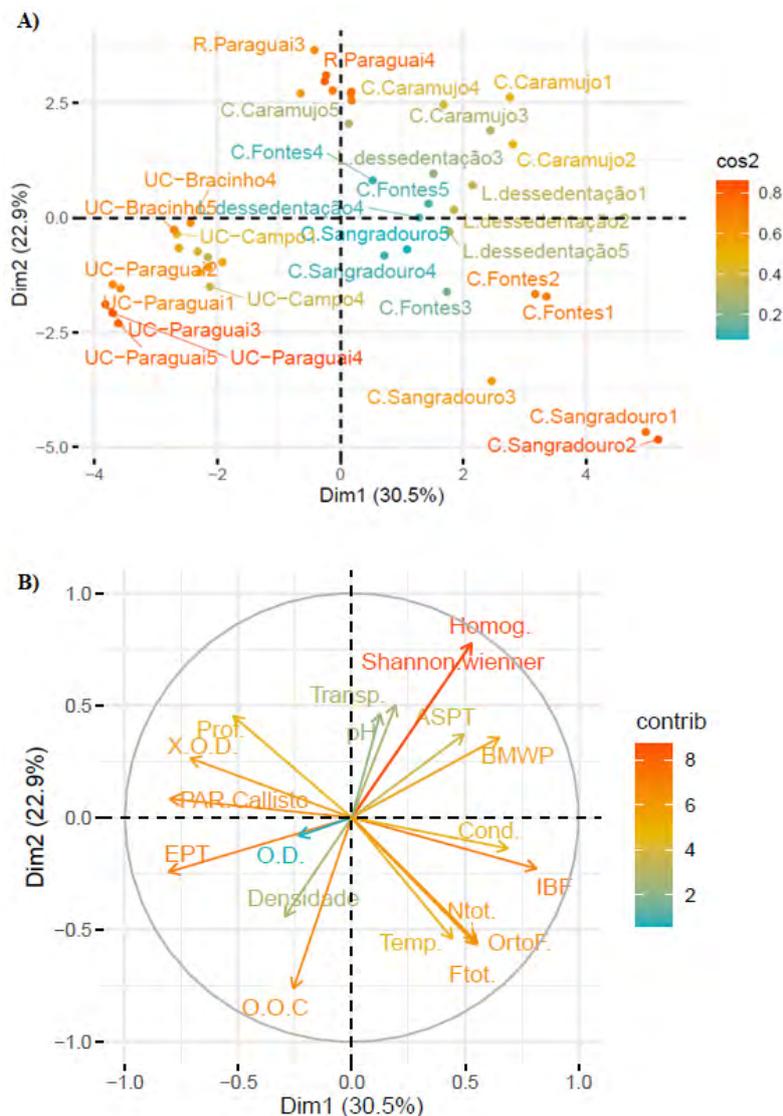
O índice IBF demonstrou que a qualidade da água do rio Paraguai-Cáceres, córrego Caramujo e os pontos da Unidade de Conservação não possuem poluição aparente. Entretanto em córregos Urbanos e lago de dessedentação há poluição orgânica. O índice Oligochaeta/Chironomidae variou entre 0,2 a 0,97, sendo que os menores valores foram 0,2 para córrego Caramujo e 0,25 para rio

Paraguai-Cáceres, o que indica locais com menor poluição orgânica. Em contrapartida, o córrego Sangradouro, lagos de dessedentação e rio UC- rio Paraguai obtiveram maiores valores, indicando maior grau de eutrofização.

Após a identificação ambiental de acordo com os índices ambientais e as variáveis físicas, químicas e biológicas, a análise de componentes principais (PCA) demonstrou, em dois eixos (53.4 %), que cada tipo de ambiente foi caracterizado por variáveis distintas (Fig. 5). Ambientes observados como mais preservados foram relacionados com maiores valores de profundidade, oxigênio dissolvido, índice EPT, PAR, índice de Oligochaeta/Chironomidae e densidade de macroinvertebrados bentônicos.

Já os ambientes menos preservados apresentaram relação com o pH, transparência, condutividade, índices BMWP, ASPT, Shannon-Wiener, Homogeneidade, IBF, temperatura e os nutrientes Nitrogênio, Fósforo e Ortofosfato. Nota-se que para ambientes mais claros, como o córrego Caramujo, índices de diversidade como Shannon-Wiener e Homogeneidade foram aqueles com maiores valores, enquanto córregos urbanos, com maiores concentrações de Nutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Ortofosfato) tiveram o IBF como melhor indicador.

Figura 5. Figura da Análise de Componentes Principais (PCA) demonstrando a A) distribuição dos locais pesquisados e B) as variáveis ambientais amostradas e os índices gerados.



Discussão

De acordo com os resultados foi possível observar uma discrepância entre os locais no que tange a profundidade, variando de locais bastante rasos (Córrego Sangradouro com 15cm de profundidade), até locais mais profundos (rio Paraguai com 650cm de profundidade).

Através da abundância da macrofauna bentônica encontrada foi possível separar os ambientes em dois tipos, mais preservados e menos preservados, possuindo maior densidade de macroinvertebrados no ambiente com maior grau de preservação. Entre as famílias de invertebrados encontradas, Chironomidae e Oligochaeta, táxons conhecidos como indicadores de má qualidade ambiental, apresentaram mais do que duas vezes e seis vezes, respectivamente, mais indivíduos em local com menor grau de preservação.

De acordo com a aplicação dos índices de biomonitoramento, observamos que os índices BMWP, ASPT e Oligochaeta/Chironomidae apontaram ambientes considerados de melhor qualidade ambiental, como a Unidade de Conservação, como sendo de má qualidade, não se enquadrando como ferramenta apropriada para a utilização na área estudada. Em contrapartida, os índices EPT e IBF foram aqueles que corresponderam com os resultados do PAR aplicado, caracterizando os ambientes da Unidade de Conservação como mais preservados.

A análise de componentes principais demonstrou que cada ambiente deve ser classificado de acordo com um diferente indicador ambiental, seja baseado em qualidades físicas, químicas e/ou biológicas. De fato, em uma revisão de literatura, pesquisadores encontraram que 67% dos estudos fizeram inferências enganadas na análise de relação entre a diversidade e a poluição ambiental (Castillo-Figueroa et al. 2018). Isso ocorre principalmente pelo fato de que pesquisadores não levam em consideração a alta variabilidade de organismos na região tropical e a possibilidade de erro na identificação taxonômica. Desta forma, os índices empregados podem gerar um resultado direto inadequado, ou ainda fornecer incertezas em relação ao tipo de ambiente estudado, o que faz com que o pesquisador duvide daquilo que foi apontado (Surtikanti 2017).

Relação entre macroinvertebrados e o protocolo de avaliação rápida

Os resultados encontrados demonstram que em cada ambiente um indicador de qualidade ambiental deve ser utilizado, principalmente quando se tratar de ambientes com modificações antrópicas. Dentre todos os índices empregados neste trabalho, o Protocolo de Avaliação Rápida é aquele com maior subjetividade, pois utiliza a percepção do avaliador. Entretanto, o PAR, ainda que subjetivo, demonstrou ser um bom indicador de qualidade ambiental.

Conforme os resultados do PAR, o córrego Sangradouro foi aquele que apresentou o maior grau de alteração (40 pontos), contrastando com os ambientes da Unidade de Conservação, em que todos apresentaram valores altos (até 80 pontos), sendo considerados como boa qualidade ambiental. Os resultados de uma pesquisa realizada no Rio Grande do Sul foram semelhantes, sendo encontrados 49 pontos em ambientes impactados, onde a vegetação foi retirada para uso da terra no entorno do rio, e até 72 pontos para os locais naturais, classificados como em boas condições ambientais (Chagas et al. 2017). Isso indica que o PAR classifica os ambientes de acordo as condições ambientais, sendo que os testes de agrupamento baseados no PAR mostraram a formação de dois grupos, um formado por locais mais distantes da cidade e mais preservados, e outros mais impactados, que são córregos urbanos.

Observa-se ainda que a família Chironomidae e a Classe das Oligochaeta estão presentes em todos esses locais. Entretanto, a presença desses grupos acontece com maior abundância em ambientes menos preservados, principalmente nos córregos urbanos, o que evidencia alto teor de matéria orgânica, fato também corroborado em razão dos córregos serem utilizados pela população e entorno para despejo de esgoto doméstico, além de depósitos de lixo. Fatores observados também por outros pesquisadores em trabalho realizado no mesmo córrego urbano (Oliveira Junior et al. 2013; Oliveira Junior et al. 2021).

Relação entre macroinvertebrados e as variáveis limnológicas

Os valores da temperatura da água mostraram correlação significativa positiva com a densidade de macroinvertebrados. Dessa forma, percebe-se que o aumento da temperatura reflete no aumento de indivíduos, o que indica ambientes menos preservados fazendo com que espécies resistentes consigam sobreviver. Outros trabalhos também demonstram o aumento da temperatura com a densidade de macroinvertebrados, o que pode ocorrer devido ao aumento do metabolismo aquático, maior quantidade de nutrientes e matéria orgânica (Barbola et al. 2011; Fulan et al. 2012).

Nessa pesquisa, os teores de oxigênio dissolvido estiveram correlacionados positivamente com a densidade de macroinvertebrados. Este fato demonstra que o aumento do oxigênio favorece a sobrevivência de algumas espécies, principalmente as mais sensíveis, como os Ephemeroptera. Esses resultados corroboram com o trabalho realizado por Barbola et al. (2011) com macroinvertebrados bentônicos, em que o oxigênio dissolvido foi relacionado negativamente, mostrando que somente algumas espécies, as mais tolerantes, conseguem sobreviver com baixos teores de oxigênio.

O pH para todos os locais amostrados apresentou-se em média 6.76 ± 0.33 a 8.23 ± 0.80 , valores de acordo com a Resolução 357/2005 CONAMA. Resultados opostos foram encontrados por Viana et al. (2020) em outro trabalho no Mato Grosso do Sul, em que o pH apresentou valores mais baixos do que o encontrado nesta pesquisa, sendo ambas realizadas no mesmo período de estiagem.

Relação entre macroinvertebrados e os nutrientes

Dados do EPT, IBF e PAR convergem com os dados de nutrientes, em que maiores concentrações de nutrientes qualificam o ambiente com menor qualidade ambiental, exceto pelos baixos valores de nutrientes dos lagos de dessedentação e altos valores do Córrego Caramujo. Os baixos valores nos lagos de dessedentação podem estar ligados com a baixa produtividade marginal, onde somente pastagens foram observadas. Este fato corrobora com pesquisas que indicam maiores concentrações dos nutrientes nitrogênio e fósforo para o período de estiagem (Buzelli et al. 2013).

Os resultados aqui apresentados demonstraram uma tendência a redução da riqueza de organismos mediante o aumento de Nitrogênio Total e Ortofosfato. Este fato pode ter ocorrido devido a baixa tolerância de alguns grupos ao aumento das concentrações destes dois nutrientes (Ouyang et al. 2018; Meza-Salazar et al. 2020). Estes pesquisadores demonstraram que o aumento de Nitrogênio e Fósforo, geralmente relacionados às atividades antrópicas levam a um decréscimo na diversidade local, principalmente pela perda das características biogeoquímicas naturais. Córregos urbanos são ambientes ricos em nutrientes e reconhecidos por apresentar uma menor homogeneidade ambiental, conseqüentemente, menor riqueza de invertebrados aquáticos (Lundquist et al. 2019). À medida que o ambiente é recuperado, a riqueza de macroinvertebrados também aumenta. Pesquisadores

encontraram que o aumento da heterogeneidade ambiental, principalmente devido a recuperação das características naturais e redução da erosão leva a um aumento da riqueza de Chironomidae, por exemplo (Saulino et al. 2021).

Relação entre macroinvertebrados e os índices empregados

Com a relação aos índices de biomonitoramento empregados, o MBWP e ASPT não foram condizentes para o Pantanal, pois classificaram todos os ambientes como má qualidade de água. Este fato pode ser devido ao BMWP não considerar o número de indivíduos/abundância, e isso também pode interferir no local, pois, em nosso estudo, encontramos macroinvertebrados indicadores de boa qualidade hídrica em córregos urbanos (considerados como impactados).

Isso demonstra que um único indivíduo coletado pode aumentar a nota recebida, supervalorizando o ambiente. Nessa pesquisa foi encontrado um número relativamente baixo de famílias (12 famílias) e pelo fato de as coletas terem sido realizadas somente no período da estiagem, pode ter havido interferência na aplicação dos dois índices supracitados. Resultados opostos foram encontrados para o período de estiagem no rio Correntoso, no Pantanal Negro, Mato Grosso do Sul, mostrando que o índice BMWP classificou a água como qualidade aceitável e boa e com um maior número de famílias identificadas (Da Silva et al. 2011). Já em outro estudo realizado em seis lagoas também no Pantanal Norte, nos quatro períodos hidrológicos (cheia, vazante, estiagem e enchente), os resultados do índice BMWP indicaram boas condições ambientais em todos os locais estudados (De Souza et al. 2018).

Os índices IBF e EPT foram os que mais apresentaram resultados condizentes com a realidade das águas do Pantanal, classificando a qualidade da água em locais da área urbana como locais impactados e águas sem poluição na Unidade de Conservação, convergindo com os resultados do PAR. O índice de Oligochaeta/Chironomidae também não foi representativo, pois os resultados apontaram a Unidade de Conservação como local impactados e o córrego Sangradouro como não poluído. Os resultados da relação Oligochaeta/Chironomidae em outro estudo mostrou que locais mais preservados foram confirmados com o índice supracitado e o mesmo aconteceu para ambientes não preservados, convergindo também com índice aplicado BMWP (Henrique et al. 2012), contrário aos resultados aqui encontrados.

Conclusão

Este trabalho destaca que dentre os índices de biomonitoramento disponíveis na literatura, vários podem não representar a realidade do local em que foram aplicados. O índice BMWP, aquele com maior utilização mundial, foi o que caracterizou os ambientes com menor impacto antrópico (e.g. Unidade de Conservação, aqui considerada como ambiente referência), como sendo ambientes de maior impacto ambiental. O mesmo fato foi observado através da aplicação do índice ASPT e Oligochaeta/Chironomidae.

Em contrapartida, os índices EPT e o IBF foram aqueles mais robustos para a caracterização ambiental, os quais, em conjunto com o PAR aplicado e com a análise de agrupamentos, demonstraram uma divisão entre os ambientes mais preservados e menos preservados, considerando a Unidade de Conservação como ambiente mais preservado, em conjunto com o Córrego Caramujo, aquele com

aspecto natural. Mesmo com maior robustez, o IBF caracteriza os córregos urbanos como “com alguma poluição orgânica” os quais, aparentemente são altamente impactados de acordo com o PAR.

O EPT foi o melhor indicador de qualidade ambiental neste estudo, caracterizando os ambientes de acordo com o que foi encontrado pelo PAR e com as características mais condizentes com a realidade observável, ainda que subjetiva. É importante destacar que o EPT confirma aquilo que foi encontrado pelo PAR aplicado, os quais devem ser utilizados em conjunto, fortalecendo o monitoramento da qualidade ambiental.

Estes resultados demonstram a importância da utilização de vários critérios para a aplicação de indicadores de qualidade ambiental, e que a associação de parâmetros físicos e químicos com os biológicos é a melhor opção para a qualificação. Além disso, os resultados demonstram que cada ambiente, seja urbano com altas concentrações de nutrientes, seja natural, com alta transparência ou profundidade, por exemplo, necessitam ser avaliados de acordo com diferentes indicadores de qualidade ambiental, para que não haja o risco de serem qualificados de forma equivocada por índices que não deveriam ser empregados.

Finalmente, sugere-se que em todo e qualquer tipo de ambiente haja a interação entre os índices de biomonitoramento com as variáveis físicas e químicas, garantindo maior robustez na sua classificação. Outrossim, há de se considerar os aspectos biogeoquímicos de cada área como: identificação taxonômica dos grupos de macroinvertebrados, geologia, dinâmica hídrica e limnológica, além do potencial de antropização.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento da bolsa e ao ICMBio por ter proporcionado autorização das coletas e logística de campo. Agradecemos à Cristina Márcia de Menezes Butakka pelo apoio na identificação de material biológico. Agradecemos ao Ministério Público do Estado de Mato Grosso pelo apoio à infraestrutura laboratorial.

Participação dos autores: RSB - trabalhou na coleta de material biológico, análise de dados e escrita de material textual; ARdeS - participou na análise de material biológico em laboratório, análise de dados e escrita científica; WLL - participou na análise de dados e revisão textual; CCM - auxiliou na coleta de material científico, análise em laboratório, e revisão textual; ESOJ - participou no delineamento amostral, coleta de dados, análises em laboratório, análise de dados e escrita científica.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: Este trabalho não necessitou de análise por qualquer tipo de Comitê de Ética por se tratar de uma pesquisa com organismos invertebrados.

Disponibilidade dos dados: os dados não estão disponíveis em nenhum banco ou repositório

Fomento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Conflito de Interesses: os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Referências

- APHA. 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC
- Barbola IF, Moraes MFPG, Anazawa TM, Nascimento EA, Sepka ER, Polegatto CM. 2011. Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia* 101(1-2): 15-23. DOI <https://doi.org/10.1590/s0073-47212011000100002>
- Barbosa DA, Brasil LS, De Azevedo CAS, Lima LRC. 2020. The role of spatial and environmental variables in shaping aquatic insect assemblages in two protected areas in the transition area between Cerrado and Amazônia. *Biota Neotrop* 20 (3): 1-9. DOI <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0923>
- Brasil. 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei Nº 9433 / 1997 Institui a Política Nac Recur Hídricos, Cria o Sist Nac Gerenciamento Recur Hídricos, Regulam o inciso XIX do art 21 da Constituição Fed e altera o art 1º da Lei no 8001, 13 março 1990, 20.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.
- Brasil LS, Luiza-Andrade A, Calvão LB, Dias-Silva K, Faria APJ, Shimano Y, et al. 2020. Aquatic insects and their environmental predictors: a scientometric study focused on environmental monitoring in lotic environmental. *Environmental Monitoring and Assessment* 192(3). DOI <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8147-z>
- Buhler BF, Souza CA, Oliveira Junior ESO. 2013. Qualidade da água do rio Paraguai no período urbano em Cáceres - MT, Brasil. *Revista GeoPantanal* 8(14): 90-105.
- Buzelli GM, Cunha-Santino MB. 2013. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. *Revista Ambiente & Água* 8(1): 186-205. DOI <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>
- Callisto M, Ferreira WR, Moreno P, Goulart M, Petrucio M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia* 14(1): 91-98.
- Cardoso RdosS, Novaes CP. 2013. Variáveis limnológicas e macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades* 1(5): 16-35. DOI: <https://doi.org/10.17271/23188472152013510>
- Castillo-Figueroa D, Garzón-Salamanca LL, Albarracín-Caro JF. 2018. Aquatic macroinvertebrates as water quality bioindicators in colombia: A systematic review. *Neotropical Biology and Conservation* 13(3): 235-248. DOI: <https://doi.org/10.4013/nbc.2018.133.06>
- Chagas FB, Rutkoski CF, Bieniek GB, Vargas GDLP, Hartmann PA, Hartmann, MT. 2017. Integrated analysis of water quality from two rivers used for public supply in southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 29: 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1590/s2179-975x6616>
- Da Frota AVB, Vitorino BD, Nunes JRdaS, da Silva CJ. 2020. Main trends and gaps in studies for bird conservation in the Pantanal wetland. *Neotropical Biology and Conservation* 15(4): 427-445. DOI: <https://doi.org/10.3897/neotropical.15.e52905>
- Da Silva FH, Favero S, Sabino J, dos Anjos Garnés SJ. 2011. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum - Biological Sciences* 33(3): 289-299. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v33i3.1478>
- Da Silva RF. 2016. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. *Caderno de Geografia* 26(47): 966. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26n47p966>

- De Souza JR, De Moraes MEBB, Sonoda SL, Santos HCRG. 2014. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. REDE - Revista Eletrônica do Prodema 8(1): 26-45.
- De Souza AR, Muniz CC, Oliveira Junior ES. 2018. Eichhornia Azurea como Hotspot para macroinvertebrados aquáticos: Ferramenta para a aplicação de índices de avaliação ambiental, Enciclopédia Biosfera 15(28): 9. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018B85
- De Queiroz MEF, Schäffer AL, Villela ACAS, Martins EMDE, Da Silva, PHT. 2018. Use of benthic macroinvertebrates as bioindicators in an urban stream in Conceição do Araguaia-PA. Sustentabilidade em Debate 9(3): 96–110. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v9n3.2018.18378>
- Fulan, JA, Henry R, Davanso R. 2012. Os efeitos da ação antrópica sobre a distribuição de macroinvertebrados no Rio Guareí, São Paulo. Estudos de Biologia (Curitiba) 34(82): 51-56 DOI: <https://doi.org/10.7213/estud.biol.6123>
- Henrique G, Barrilli C, Rocha O. 2012. Avaliação da qualidade da água nos córregos Fazzari e Monjolinho no campus da UFScar. VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista 8(2): 307–320.
- Johnson RK, Wiederholm T, Rosenberg DM. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg DM & Resh VH (eds) Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates Chapman and Hall, New York(Usa) 40–125.
- Lázaro WL, Oliveira Júnior ES, Silva CJ, Castrillon SKK, Muniz CC. 2020. Climate change reflected in one of the largest wetlands in the world : an overview of the Northern Pantanal water regime. Acta Limnologica Brasiliensia 32: 1-8 . DOI <https://doi.org/10.1590/s2179-975x7619>
- Lundquist MJ, Zhu W. 2019. Aquatic insect diversity in streams across a rural–urban land-use discontinuum. Hydrobiologia 837: 15–30. DOI <https://doi.org/10.1007/s10750-019-3955-2>
- Matsumura-Tundisi JG. 2020. A Água. São Carlos: SP, Scienza. 130 p.
- Menezes Filho FCMde, Amaral DB. 2014. Histórico da expansão urbana e ocorrência de inundações na cidade de Cuiabá-MT. Sociedade & Natureza 26(1): 159–170. DOI <https://doi.org/10.1590/1982-451320140111>
- Meza-Salazar A, Guevara G, Gomes-Dias L, Cultid-Medina C. 2020. Density and diversity of macroinvertebrates in Colombian Andean streams impacted by mining, agriculture and cattle production. PeerJ. 8. DOI <https://doi.org/10.7717/peerj.9619>.
- Metcalf JL. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. Environmental Pollution 60(1–2): 101–139. DOI [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(89\)90223-6](https://doi.org/10.1016/0269-7491(89)90223-6)
- Mugnai R, Nessimian L, Baptista DF. 2010. Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estados do Rio de Janeiro (1. ed.). Rio de Janeiro, PR: Technical Books.
- Oliveira Júnior ES, Butakka CMM, Wantzen KM. 2012. Dinâmica de larvas de Chironomidae na Baía do Coqueiro, Pantanal Matogrossense, MT. Revista Brasileira de Zoociências 14(1,2,3): 9-25.
- Oliveira Junior ES, Buhler BF, Muniz CC, Furlan AO. 2013. Córregos Urbanos Do Município De Cáceres-MT, Brasil: Um Olhar Para a Conservação. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental 17(17). DOI: <https://doi.org/10.5902/2236117010431>
- Oliveira Junior ES, Lima T, Poquiviqui A, Tavares C, Machado C, Carvalho C, Carvalho L, Miranda P, Souza, CA. 2021. Aplicação de protocolos de avaliação rápida como ferramenta robusta na qualificação ambiental em dois córregos urbanos que desaguam no rio Paraguai. Raega - o espaço geográfico em análise 1(50): 231-252. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v48i0.69215>
- Ouyang, Z, Qian SS, Becker R, Chen J. 2018. The effects of nutrients on stream invertebrates: a regional estimation by generalized propensity score. Ecological Processes 7(21). DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s13717-018-0132-x>

Rodrigues LC, Marques FCdeA, Oliveira MD, Lemke AP. 2018. Avaliação da integridade ambiental da zona especial de interesse ambiental do córrego Curral de Arame, Dourados (MS) através de Protocolo de Avaliação Rápida. Revista Online de Extensão e Cultura Realização 5(10): 13-18. DOI: <https://doi.org/10.30612/re-ufgd.v5i10.8588>

Santana MF, Souza CA; Oliveira Junior ES. 2013. Análise de séries temporais de vazão e precipitação na bacia do rio Paraguai. Revista GeoPantanal 8(14): 67-89.

Saulino HL, Cañedo-Argüelles M, Trivinho-Strixino S, Gorni GR, Corbi JJ. 2021. Chironomid pupal exuviae communities support the “field of dreams” hypothesis after the riparian vegetation recovery in headwater urban streams. Ecological Indicators 127(107776). DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107766>

Schiller ADP, Kunh A, Manfrin J, Ferronato MC, Schwantes D, Leismann EAV, Gonçalves Jr AC. 2017. Bioindicadores De Qualidade De Água Como Ferramenta De Impacto Ambiental De Uma Bacia Hidrográfica. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental 6(3): 165-180. DOI <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e32017165-180>

Silva KWdosS, Everton NdosS, Melo MADde. 2016. Aplicação dos índices biológicos Biological Monitoring Working Party e Average Score per Taxon para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil. Revista Pan-Amazônica de Saúde 7(3): 13-22. DOI <https://doi.org/10.5123/s2176-62232016000300002>

Sotomayor G, Hampel H, Vázquez RF, Goethals PLM. 2020. Multivariate-statistics based selection of a benthic macroinvertebrate index for assessing water quality in the Paute River basin (Ecuador). Ecological Indicators 111: 1-12 DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106037>

Surtikanti HK. 2017. Uncertainty result of biotic index in analysing the water quality of Cikapundung river catchment area, Bandung. AIP Conference Proceedings 1848(020003). DOI <https://doi.org/10.1063/1.4983931>

Tripathi M, Singal SK. 2019. Use of Principal Component Analysis for parameter selection for development of a novel Water Quality Index: A case study of river Ganga India. Ecological Indicators 96(1): 430-436. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.025>

Tundisi JG. 2008. Recursos hídricos no futuro: Problemas e soluções. Estudos Avancados 22(63): 7-16. DOI <https://doi.org/10.1590/s0103-40142008000200002>

Viana LF, Rosso GT, Lima-Junior SE, Suárez YR, Solórzano JCJ, Cardoso CAL. 2020. Avaliação ambiental da qualidade limnológica e de sedimentos em córrego do Centro Oeste do Brasil. Research, Society and Development 9(8): e893986288. DOI <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6288>

Waydzik FA, Ratton E, Neto DN, Correia R. 2018. Metodologia Para Valoração De Impactos Ambientais De Serviços De Dragagem - Estudo De Caso Para a Hidrovia Do Rio Paraguai. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental 7(1): 59-78. DOI <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e1201859-78>



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.