

AVALIAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM VIVEIROS ESCAVADOS EM LONDRINA – PR

SOUZA, F. P.¹; LIMA, E. C. S.^{1*}; LEITE, N. G.¹; BERNARDO JUNIOR, M.¹; URREA-ROJAS, A. M.¹; YAMACHITA, A. L.¹; PANDOLFI, V. C. F.¹; MURARI, P. J. F.¹ & LOPERA-BARRERO, N. M.¹

1. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Zootecnica

*Autor correspondente: edchris7@hotmail.com

ABSTRACT

Souza, F. P., Lima, E. C. S., Leite, N. G., Bernardo Junior, M., Urrea-Rojas, A. M., Yamachita, A. L., Pandolfi, V. C. F., Murari, P. J. F., Lopera-Barrero, N. M. (2019). Evaluation of Benthic Macroinvertebrates in Earthen Ponds in Londrina - PR. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 23(1). eISSN 1983-9057. DOI: 12326/bjast.v23n1. Biomonitoring with the use of benthic macroinvertebrates has been an effective tool used to evaluate water quality in several water bodies. In this context, there are several factors that can act on the structure of macroinvertebrate communities, with indications of the influence of aquaculture. Therefore, the present study evaluated the composition of macroinvertebrate populations in two earthen ponds of a fish farm in Londrina-PR. Three collections were carried out: in October of 2015 and February and July of 2016, with the use of artificial biocollectors. The macroinvertebrates were quantified and identified, and diversity indexes were calculated with the data obtained. Higher number of taxa, higher number of individuals and greater diversity and uniformity in macroinvertebrate communities were found in pond 1 (water entrance), due mainly to the presence of taxa tolerant or resistant to organic pollution, which may be related to the higher concentration of nutrients and organic matter in this pond. However, in pond 2 (water outlet), individuals of Polycentropodidae (Trichoptera) were found in all collections, in addition to a low abundance of taxa that would indicate organic enrichment, demonstrating better water quality. Furthermore, greater abundance and diversity were observed in the months with higher level of precipitation. From the perspective of aquaculture, the results found in pond 1 can be used as indicative of greater productive potential, however, the low frequency of taxa typical of clean environments may indicate low oxygen levels. These results demonstrate that the position of the pond relative to the water source in a fish farm can influence the water quality, which can be verified through the structure of the benthic macroinvertebrates communities.

Key Words: Aquaculture, Biocollectors, Fish farming, Organic enrichment, Seasonality, Water quality.

INTRODUÇÃO

Um dos aspectos de maior importância da água para suas diferentes utilizações, dos quais o uso na aquicultura, é a sua qualidade, sendo o biomonitoramento uma das formas de avaliar esta qualidade. O biomonitoramento é largamente utilizado na avaliação da qualidade da água de rios, lagos e lagoas, contudo, seu uso para avaliar a qualidade da água na aquicultura continua incipiente (Moura e Silva et al., 2016). A presença ou ausência de certos organismos é uma das formas de realizar essa avaliação. Dentre os organismos geralmente empregados para esta avaliação, o grupo dos macroinvertebrados bentônicos é utilizado com frequência (Goulart & Callisto, 2003), devido ao fato de serem os organismos aquáticos que melhor respondem às alterações das condições ambientais (Piedras et al., 2006), refletindo as alterações físicas, químicas e ecológicas que ocorrem no ambiente aquático, com possibilidade de agir como indicadores de alterações na qualidade ambiental (Menezes & Beyruth, 2003).

Os macroinvertebrados bentônicos representam uma comunidade de animais presentes em todo tipo de ambiente aquático continental, formada por larvas de insetos, moluscos, anelídeos, e outros grupos (Teles et al., 2013). Um aspecto importante em relação a estes

organismos é a diferença na resistência em relação à qualidade da água entre os diferentes grupos. Quanto à tolerância às adversidades ambientais, os macroinvertebrados bentônicos são classificados em três principais grupos: organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes (Goulart & Callisto, 2003).

Neste aspecto, estudos avaliando as comunidades de macroinvertebrados têm demonstrado que estas são influenciadas por diferentes fatores, entre estes: a diversidade de habitats (Sobczak et al., 2013), a estação do ano (Moura e Silva et al., 2016; Telles et al., 2013), o represamento de rios (Ogbeibu & Oribhabor, 2002), fatores ambientais (Piedras et al., 2006; Baptista et al., 2014), atividades antrópicas (Honorato & Pelli, 2011; Molozzi et al., 2011), efluentes de pisciculturas (Nunes et al., 2015), dentre outros.

Além disso, o cultivo de organismos aquáticos pode influenciar a composição das populações de macroinvertebrados. Estudos avaliando o efeito da piscicultura em tanques-rede sobre estas populações (Menezes & Beyruth, 2003; Moura e Silva et al., 2016), têm demonstrado que a maior concentração de matéria orgânica proporciona aumento da fauna bentônica próximo aos tanques. Em viveiros escavados, alguns estudos (Ćirić et al., 2015; Rolemberg et al., 2016)

demonstram a diminuição das populações de macroinvertebrados bentônicos, possivelmente devido a ação predatória dos organismos cultivados.

Isso demonstra que além do papel como indicadores da qualidade da água, os macroinvertebrados podem apresentar uma função alimentar no cultivo de organismos aquáticos. Devido à sua abundância e posição intermediária na cadeia alimentar aquática, os macroinvertebrados bentônicos apresentam uma função importante no fluxo natural de nutrientes e energia, sendo essenciais para proporcionar enriquecimento nutricional para peixes em viveiros, resultando no aumento da produção (Chakma et al., 2015), visto que representam alguns dos principais itens alimentares da fauna de peixes, tendo por isso importância na avaliação do potencial biogênico dos ecossistemas aquáticos (Menezes & Beyruth, 2003).

Dessa forma, no presente estudo, foram testadas as seguintes hipóteses: I - A posição do viveiro em uma piscicultura pode influenciar a qualidade de sua água, que pode ser observada por meio da composição de sua comunidade de macroinvertebrados bentônicos, relacionado principalmente à presença de táxons com diferentes níveis de tolerância à má qualidade da água; II - A estação em que é realizada a coleta influencia a composição da comunidade, bem como a abundância de determinados táxons.

Assim, devido a sua importância como indicador da qualidade de água e como item alimentar, o objetivo deste trabalho foi avaliar as populações de macroinvertebrados em dois viveiros escavados com diferentes características, situados na cidade de Londrina-PR, bem como a influência sazonal sobre estas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Londrina (UEL), cujas coordenadas geográficas são: 23°20'01.4"S, 51°12'32.2"W. Neste local foi conduzida a avaliação das populações de macroinvertebrados bentônicos de dois viveiros escavados dispostos em sistema escalonado, compostos de paredes e fundo de terra. O viveiro 1 – V1 (de entrada, 250 m²) e o viveiro 2 – V2 (saída da água, 300 m²), ambos com policultivo de carpa (*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)) e curimba (*Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837)) em sistema extensivo, com pesos e idades variadas. Em ambos os viveiros, foram realizadas com o uso de biocoletores artificiais, coletas dos macroinvertebrados em três diferentes períodos: outubro de 2015 e fevereiro e julho de 2016.

Os biocoletores artificiais foram confeccionados com redes plásticas de polietileno, onde foram inseridos 15 g de taboa, 10 cm de bucha vegetal e 450 g de pedra brita, que foram usados como substrato. Ao

coletor foi amarrada uma ponta de um fio de nylon, sendo a outra ponta amarrada a uma garrafa plástica que serviu como flutuador quando o coletor foi afundado na água. Em cada viveiro foram instalados 10 biocoletores, distribuídos de forma uniforme, e para isso, os viveiros foram divididos em quadrantes onde os biocoletores foram inseridos igualmente, sendo posicionados de forma a manterem contato com o fundo. Passados 15 dias de colonização, os biocoletores foram retirados e transportados em sacos plásticos para as instalações da Estação de Piscicultura da UEL. Os substratos foram lavados com água corrente sendo utilizadas inicialmente peneiras de aço de 2 mil µm e posteriormente de 500 µm.

Após este procedimento, a conservação dos macroinvertebrados foi realizada em recipientes contendo etanol a 70%, que foram posteriormente transportados para o laboratório do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Aquicultura e Genética (NEPAG), localizado no Centro de Ciências Agrárias da UEL, Londrina - PR. A quantificação e a identificação dos animais foram feitas com auxílio de estereomicroscópio, e a identificação realizada de acordo com Mugnai et al. (2010).

A partir dos dados das coletas foi calculada a abundância dos táxons, dividindo o total de indivíduos de cada táxon pelo total de indivíduos no viveiro, além das médias de indivíduos de cada táxon em cada viveiro nos diferentes meses, considerando os diferentes pontos de coleta (N=10). Foram também calculados os seguintes índices: riqueza de Unidades Taxonômicas Operacionais (UTOs) (soma do número de táxons identificados), dominância, índice de diversidade de Shannon, equitabilidade de Pielou e riqueza de Margalef, todos calculados com o uso do software Past versão 3.07 (Hammer et al., 2001). Para avaliar as diferenças entre as médias de indivíduos por táxon, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido de teste de Dunn, quando necessário para comparação de mais de duas médias, ambos a 5% de significância, utilizando o software estatístico R (R development Core Team, 2011).

RESULTADOS

A abundância total de macroinvertebrados bentônicos coletados, os táxons a que pertencem e a riqueza de Unidades Taxonômicas Operacionais (UTOs) em cada uma das coletas e em cada um dos viveiros, estão apresentados na tabela 1. A abundância relativa (%) de cada táxon em cada coleta e viveiro está apresentada nas figuras 1, 2 e 3, que representam respectivamente as coletas de outubro (2015), fevereiro (2016) e julho (2016). Tais resultados apresentam, em termos quantitativos, visto que não foi realizada análise estatística devido a ausência de repetições, uma maior abundância de

Tabela 1 – Números de indivíduos nos táxons identificados e riqueza de Unidades Taxonômicas Operacionais (UTOs) em cada mês e viveiro.

Táxon	Outubro (2015)		Fevereiro (2016)		Julho (2016)	
	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Tubificidae	326	16	199	14	-	2
Glossiphoniidae	55	1	124	-	105	-
Thiaridae	6	-	22	-	2	-
Bivalvia NI*	5	-	-	-	-	-
Turbellaria	-	-	86	-	-	-
Trichoptera NI*	2	-	-	-	-	-
Polycentropodidae	2	30	-	13	-	11
Chironomidae	44	188	29	88	100	60
Libellulidae	-	-	-	-	1	-
Total	440	235	460	115	208	73
Riqueza de UTOs	7	4	5	3	4	3

V1- Viveiro 1, V2- Viveiro 2, NI*- não identificado.

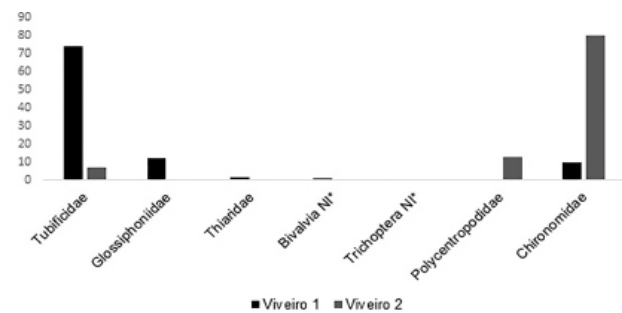


Figura 1 – Abundância dos táxons (%) presentes em cada um dos viveiros no mês de outubro de 2015.

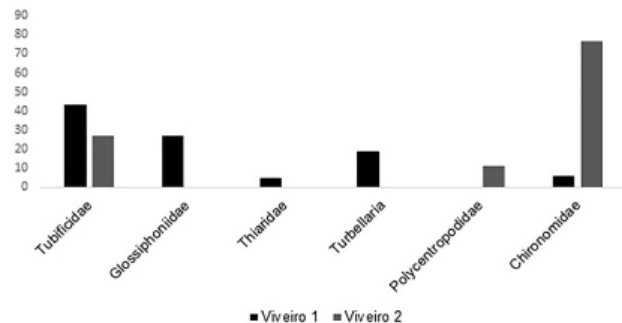


Figura 2 – Abundância dos táxons (%) presentes em cada um dos viveiros no mês de fevereiro de 2016.

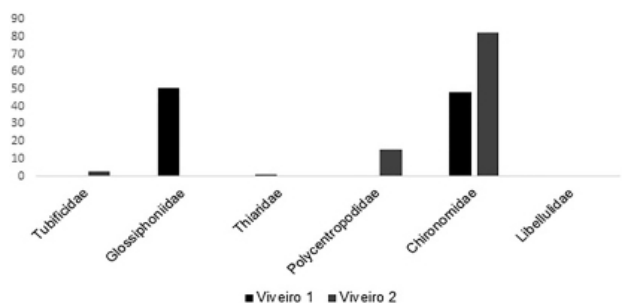


Figura 3 – Abundância dos táxons (%) presentes em cada um dos viveiros no mês de julho de 2016.

macroinvertebrados bem como maior riqueza de UTOs em V1 em todas as coletas. Além disso, fica evidente as diferenças entre os diferentes meses avaliados. Em relação a abundância relativa dos táxons, em V1 é observado que os táxons mais abundantes foram

Tubificidae (Oligochaeta) (74,0%) em outubro, Tubificidae (Oligochaeta) (43,2%) em fevereiro e Glossiphoniidae (Hirudinea) (50,5%) e Chironomidae (Diptera) (48,0%) em julho. Já em V2, Chironomidae (Diptera) foi o táxon mais abundante em todos os meses, representando 80,0%, 76,5% e 82,2% do total de macroinvertebrados, respectivamente para outubro, fevereiro e julho.

Na tabela 2, estão demonstradas as médias de cada táxon por viveiro e mês de coleta. Em outubro, as médias de indivíduos de Tubificidae e Glossiphoniidae, foram maiores em V1, ao passo que as médias de Chironomidae e Polycentropodidae foram maiores em V2 ($P < 0.05$). Em relação a fevereiro, a média de Tubificidae foi maior em V1, e a de Chironomidae em V2 ($P < 0.05$). Já em Julho, não houve diferença entre as médias de Chironomidae entre V1 e V2. No decorrer das coletas, as médias de indivíduos de Tubificidae não diferiram entre outubro e fevereiro em V1, mas foram maiores nos meses de outubro e fevereiro em relação a julho em V2 ($P < 0.05$). Quanto a Chironomidae, em V1 a média de julho foi maior que a de fevereiro e a de outubro não diferiu dos outros meses, e em V2 a média de outubro foi maior que os demais meses, que não diferiram entre si ($P < 0.05$). Em V1, a média de Glossiphoniidae foi menor em outubro ao comparar com os outros meses ($P < 0.05$), e a média de Thiaridae não apresentou diferença entre as três coletas. Quanto as médias de Polycentropodidae em V2, não houve diferenças entre os três meses.

Tabela 2 – Média de indivíduos nos táxons identificados por ponto de coleta em cada mês e viveiro.

Táxon	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Tubificidae	32,6Aa	1,6Ba	19,9Aa	1,4Ba	-	0,2b
Glossiphoniidae	5,5Ab	0,1B	12,4a	-	10,5a	-
Thiaridae	0,6a	-	2,2a	-	0,2a	-
Bivalvia NI*	0,5	-	-	-	-	-
Turbellaria	-	-	8,6	-	-	-
Trichoptera NI*	0,2	-	-	-	-	-
Polycentropodidae	0,2B	3,0Aa	-	1,3a	-	1,1a
Chironomidae	4,4Bab	18,8Aa	2,9Bb	8,8Ab	10,0Aa	6,0Ab
Libellulidae	-	-	-	-	0,1	-

V1- Viveiro 1, V2- Viveiro 2, NI*- não identificado.

Médias acompanhadas de letras maiúsculas no mesmo mês de coleta indicam diferenças significativas entre os viveiros ($P < 0,05$). Médias acompanhadas de letras minúsculas no mesmo viveiro indicam diferenças significativas entre os meses ($P < 0,05$).

Os resultados dos índices de diversidade estão apresentados na tabela 3. Tais resultados são explorados em termos quantitativos, visto que não foram realizadas análises estatísticas devido a ausência de repetições. No mês de outubro, os valores obtidos para o índice de Shannon e a riqueza de Margalef foram maiores para V1, no entanto, a dominância foi maior para V2, e para a equitabilidade de Pielou, foram obtidos valores semelhantes entre os dois viveiros. Em

Tabela 3 – Índices de diversidade em cada mês e viveiro.

Índices de Diversidade	Meses de Coleta					
	Outubro (2015)		Fevereiro (2016)		Julho (2016)	
	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Dominância	0,57	0,66	0,30	0,61	0,49	0,70
Índice de Shannon (H')	0,87	0,65	1,35	0,71	0,77	0,54
Equitabilidade de Pielou (J)	0,45	0,47	0,84	0,64	0,55	0,50
Riqueza de Margalef (D)	0,99	0,55	0,65	0,42	0,56	0,47

V1- Viveiro 1, V2- Viveiro 2.

fevereiro, foram obtidos para o índice de Shannon, equitabilidade de Pielou e riqueza de Margalef valores superiores para V1, mas a dominância novamente foi superior em V2. No mês de julho, assim como na coleta anterior, os valores para o índice de Shannon, equitabilidade de Pielou e riqueza de Margalef foram superiores em V1, além de ter sido obtida maior dominância em V2.

DISCUSSÃO

Os dados referentes a abundância total de indivíduos, número de táxons (riqueza de UTOs), abundância relativa dos táxons e média de indivíduos por táxon, demonstram que as condições presentes em V1 proporcionaram melhor desenvolvimento dos macroinvertebrados neste viveiro em relação a V2. Quanto aos valores quantitativamente superiores do índice de dominância para V2 em todos os meses, é provável que tenham ocorrido devido a elevada abundância de Chironomidae em relação aos demais táxons neste viveiro. Os valores superiores para o índice de Shannon e a riqueza de Margalef em V1 em todos os meses demonstram a maior diversidade. Para a equitabilidade de Pielou, os valores foram superiores em V1 em fevereiro e julho, no entanto, em outubro foram semelhantes entre os viveiros, sendo ligeiramente superior em V2. O índice de equitabilidade de Pielou demonstra a uniformidade de distribuição dos indivíduos entre as espécies presentes, variando de zero a um, e quanto maior, mais uniforme é a distribuição (Gomide et al., 2006), sendo que o valor superior em fevereiro e julho para V1 indica maior uniformidade na distribuição dos táxons na comunidade amostrada neste viveiro, o que pode estar relacionado ao menor valor de dominância observado. Estes dados em conjunto demonstram que as condições presentes neste viveiro possibilitaram melhor possibilidade de assentamento e permanência, gerando uma comunidade de macroinvertebrados mais abundante, diversa e uniforme. Como para os índices de diversidade não foi realizada qualquer análise estatística, devido a ausência de repetições, apesar de não poderem ser usados para afirmar realmente que houveram diferenças, servem para complementar os dados obtidos para distribuição de indivíduos dos diferentes táxons, auxiliando a demonstrar a possível influência de cada viveiro.

Dessa forma, estes resultados podem estar relacionados a posição dos viveiros, visto que a piscicultura onde foi realizado o experimento é escalonada, e V1 é onde acontece a entrada de água, sendo possível que ocorra o carreamento e concentração de materiais e sedimentos provenientes do ambiente natural, que são depositados e acumulados neste viveiro. Por isso, é provável que os resultados encontrados estejam relacionados ao acúmulo de matéria orgânica e nutrientes, que proporcionaram melhores condições para proliferação dos macroinvertebrados no fundo deste viveiro. Neste contexto, conforme a água percorre os demais viveiros da piscicultura, ocorre a diminuição da concentração da matéria orgânica, nutrientes e outros materiais provenientes do ambiente natural, o que explicaria a menor abundância e diversidade em V2.

Resultados de alguns estudos apontam situação semelhante, demonstrando a influência do acúmulo de nutrientes e matéria orgânica sobre a estrutura da população de macroinvertebrados. Dentre estes, Rolemberg et al. (2016) ao avaliarem as populações de macroinvertebrados bentônicos em diferentes regiões de viveiros de cultivo do camarão-branco-do-Pacífico (*Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)), obtiveram para a região de abastecimento dos viveiros antes do povoamento, maior densidade, número de táxons e diversidade de Shannon, o que segundo os autores pode ter ocorrido pois a entrada de água nesta região proporcionou acúmulo de alimento para os organismos, além de os elevados teores de oxigênio propiciarem o assentamento. Avaliando as comunidades de macroinvertebrados em pontos próximos e distantes de tanques-rede utilizados para a produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)), Moura e Silva et al. (2016) obtiveram para os pontos próximos dos tanques maior quantidade total de indivíduos coletados na estação seca e chuvosa, e maiores valores para os índices de Shannon, equitabilidade de Pielou e riqueza de Margalef na estação seca, o que possivelmente ocorreu devido ao enriquecimento orgânico causado pelo acúmulo de nutrientes no sedimento neste local. Tais dados dão base para a suposição de que situação parecida é o que tenha ocorrido em V1.

Adicionalmente a estes resultados, os táxons presentes em V1 reforçam a suposição do acúmulo de matéria orgânica, pois houve a prevalência de táxons resistentes e tolerantes a este acúmulo, fato demonstrado pelas médias significativamente maiores ($P < 0,05$) de indivíduos e abundância numericamente superior de Tubificidae (Oligochaeta) em outubro e fevereiro, pela maior maior média de Glossiphoniidae (Hirudinea) em outubro e presença nas demais coletas, além da presença de Thiaridae (Gastropoda) em todas as coletas. De forma similar, Moura e Silva et al. (2016) encontraram maior quantidade de

indivíduos em pontos próximos a tanques-rede em relação a pontos distantes, o que esteve associado a elevada abundância de Tubificidae e Chironomidae. Reforçando esta possibilidade, Minoio et al. (2016) ao avaliarem a influência da aquicultura sobre a população de macroinvertebrados, observaram que no ponto de descarga de efluentes e à jusante das fazendas aquícolas, houve aumento da porcentagem de Oligochaeta e Chironomidae, acompanhado da diminuição de táxons sensíveis a poluição.

Quanto a Oligochaeta, alguns estudos têm demonstrado elevadas abundâncias destes organismos em locais onde há acúmulo de matéria orgânica e nutrientes (Menezes & Beyruth, 2003; König et al., 2008; Honorato & Pelli, 2011), o que explicaria a elevada abundância em V1 em todos os meses. Em relação a Glossiphoniidae (Hirudinea), Mazzoni et al. (2014) evidenciaram que indivíduos desta família foram mais abundantes em locais altamente poluídos, com tal evidência auxiliando a explicar sua elevada abundância em V1 e sua presença em V2 apenas em outubro em baixa abundância. Em relação a Thiaridae (Gastropoda), estudos demonstram a presença em elevada abundância de moluscos pertencentes a esta família em ambientes aquáticos com indícios de poluição orgânica (Molozzi et al., 2011; Barbosa et al., 2016), e por isso sua presença em todas as coletas em V1 e sua ausência em V2 é evidência adicional do maior aporte de matéria orgânica neste viveiro.

Já em relação a Chironomidae (Diptera), os indivíduos desta família são organismos detritívoros, se alimentando da matéria orgânica depositada no sedimento, além de não apresentarem exigências específicas em relação a habitats e microhabitats (Goulart & Callisto, 2003). Este táxon além de ser o mais abundante em V1 na coleta de julho, foi encontrado em todos os meses em ambos os viveiros, sendo o que apresentou maior abundância numérica em V2 em todas as coletas. De forma semelhante, outros estudos têm demonstrado a maior prevalência de Chironomidae em relação a outros grupos de macroinvertebrados bentônicos (König et al., 2008; Martini et al., 2013; Barbola et al., 2011; Sobczak et al., 2013; Teles et al., 2013; Baptista et al., 2014). Estes insetos podem ser encontrados desde ambientes com águas limpas até altamente poluídos (Mazzoni et al., 2014), por isso sua presença não necessariamente indica o acúmulo de matéria orgânica, mas sim demonstra sua capacidade de adaptação aos ambientes com diferentes características, explicando sua elevada abundância tanto em V1 quanto em V2.

Sobre a abundância numérica relativamente alta de Turbellaria (Platyhelminthes) em V1 no mês de fevereiro, é possível que esteja relacionada aos hábitos alimentares destes organismos. Indivíduos deste táxon são vermes geralmente de vida livre que

apresentam hábitos predadores (Froehlich & Carbayo, 2011). Avaliando populações de macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas flutuantes, Albertoni & Palma-Silva (2006) encontraram elevada diversidade de táxons de macroinvertebrados predadores, e sugeriram que uma das possíveis explicações para isso seria a elevada abundância de táxons como Chironomidae e Oligochaeta, que estariam proporcionando uma alta oferta de alimento. Assim, é possível que a oferta de alimento proporcionada pela elevada abundância de Oligochaeta em V1 em julho, assim como a presença de outros táxons, tenha favorecido o assentamento e desenvolvimento de Turbellaria, da mesma forma que a menor disponibilidade de possíveis fontes de alimento em V2 teria sido um dos fatores limitantes para sua presença. Visto que Hirudinea também possui hábito predador (Oliveira & Callisto, 2010), esta seria uma explicação adicional para sua elevada abundância em V1.

De forma complementar, a presença de Polycentropodidae (Trichoptera) em todas coletas em V2, com média superior em relação a V1 em outubro (não esteve presente nas demais coletas nesse viveiro), pode ser indicativo da sua melhor qualidade de água, visto que em V1 esteve presente apenas em outubro e com baixa abundância. Trichoptera é uma ordem de insetos que faz parte do grupo de macroinvertebrados típicos de ambientes aquáticos limpos ou de boa qualidade de águas (Callisto et al., 2001), geralmente habitando ambientes com alta diversidade de habitats e microhabitats, sendo dependentes de águas com elevadas concentrações de oxigênio dissolvido (Goulart & Callisto, 2003). Para indivíduos deste táxon, água com baixa qualidade pode acarretar em sua eliminação e conseqüente aumento da abundância de espécies tolerantes a baixas concentrações de oxigênio (Flynn et al., 2011). No caso específico da família Polycentropodidae, Mazzoni et al. (2014) observaram que indivíduos desta família apresentaram tolerância restrita a ambientes pouco poluídos. Isso indica que ao contrário de V1, o acúmulo de matéria orgânica e outros materiais provenientes do meio natural em V2 estaria sendo menor, a ponto de possibilitar uma maior frequência de Polycentropodidae em todas coletas realizadas.

Além disso, Tubificidae (Oligochaeta) esteve presente em V1 nos meses de outubro e fevereiro com médias superiores a V2; Grossiphoniidae (Hirudinea) esteve presente em todos os meses em V1, com média superior apenas em outubro, pois não esteve presente em V2 nas outras coletas; e Thiaridae (Gastropoda) foi encontrada em todas as coletas, apenas em V1. Indivíduos desses táxons possuem baixas necessidades por altas concentrações de oxigênio dissolvido (Goulart & Callisto, 2003; Barbola et al., 2011), sendo que para Oligochaeta, foi constatado

por Piedras et al. (2006) o aumento do número de indivíduos com a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido. Em V2, Oligochaeta e Hirudinea estiveram presentes em baixa abundância, e indivíduos de Gastropoda não foram encontrados. Tais evidências juntamente com a maior frequência de Polycentropodidae, sugerem maiores níveis de oxigênio em V2. Como mencionado, este viveiro representa a saída de água da piscicultura, sendo que até chegar nele a água passa pelos outros viveiros, o que pode ocasionar além da diminuição da concentração da matéria orgânica, o aumento dos níveis de oxigênio durante seu percurso. No entanto, apesar dos maiores níveis de oxigênio, o menor aporte de nutrientes estaria limitando o desenvolvimento dos macroinvertebrados em V2.

Além disso, foram exclusivos de V1 os táxons Libellulidae (Odonata), Bivalvia NI e Trichoptera NI, sendo encontrados apenas em uma coleta (Bivalvia NI e Trichoptera NI em outubro e Libellulidae em julho). De uma forma geral, os insetos da ordem Trichoptera fazem parte do grupo de macroinvertebrados sensíveis às adversidades ambientais, e os moluscos da classe Bivalvia e os insetos da ordem Odonata fazem parte do grupo de organismos tolerantes a estas adversidades (Goulart & Callisto, 2003). Isto aponta para o fato destes táxons apenas estarem confirmando o que foi demonstrando pelos táxons mais abundantes, visto que o excesso de matéria orgânica em V1 estaria possibilitando a presença de Libellulidae e Bivalvia, ao mesmo tempo que estivesse limitando o desenvolvimento de Trichoptera NI, com o mesmo ocorrendo para Polycentropodidae, por serem sensíveis a esse excesso e ao menor nível de oxigênio. Assim, mesmo sem o monitoramento dos parâmetros de qualidade da água durante as coletas, há a possibilidade de que os efeitos apresentados possam estar relacionados a estes parâmetros não avaliados.

Adicionalmente, os resultados também demonstram que houve influência do mês de coleta, o que possivelmente está relacionado aos níveis de pluviosidade. A precipitação na cidade de Londrina foi de 256,5 mm, 308,4 mm e 33,8 mm, para os meses de outubro de 2015, fevereiro de 2016 e julho de 2016, respectivamente (IAPAR, 2015; IAPAR, 2016). Neste contexto, os maiores números de indivíduos e de táxons foram obtidos nos meses com maior precipitação. Quanto aos diferentes táxons entre as coletas, não foi observada diferença significativa para a maioria, exceto para Tubificidae e Chironomidae em V2, que apresentaram maiores médias para os meses com maior precipitação. De forma oposta, Chironomidae e Glossiphoniidae em V1 apresentaram menor média, em fevereiro e outubro, respectivamente em relação a julho, o que pode estar relacionada à maior competição por recursos. Além disso, os resultados dos índices de diversidade também auxiliam na demonstração

dessa possível influência do nível de precipitação, sendo que para o índice de dominância o valor obtido em V1 no mês de fevereiro foi numericamente inferior aos obtidos nos outros meses neste viveiro e em todos os meses em V2, e para os índices de diversidade de Shannon e equitabilidade de Pielou os valores em V1 em fevereiro foram superiores aos obtidos nos outros meses neste viveiro e em todos os meses em V2. Juntos, estes dados apontam para o fato de que a maior precipitação ocorrida no mês de fevereiro influenciou de forma positiva a estrutura da população de macroinvertebrados em V1. A exceção foram os valores encontrados para riqueza de Margalef, visto que os maiores valores e diferenças entre viveiros foram observados em outubro. Este índice apresenta maior facilidade operacional já que considera que todas espécies estão uniformemente distribuídas (Lima et al., 2016), por isso é possível que o maior número de táxons encontrados em V1 em outubro em relação aos demais meses tenha proporcionado este resultado. A maior abundância e diversidade de táxons na estação chuvosa tem sido demonstrada por alguns estudos (Callisto et al., 2001; Martini et al., 2013), onde possivelmente foi decorrente das melhores condições proporcionadas pelo aumento do volume de água. Neste contexto, Callisto et al. (2001) relacionaram o aumento da densidade de macroinvertebrados encontrado no período chuvoso ao aumento do volume de água, carreamento de material e aumento da quantidade de habitats disponíveis, o que favoreceu sua proliferação no sedimento. Assim, é possível que situação semelhante tenha ocorrido no presente estudo, sendo que V1 devido a sua posição tenha refletido melhor as condições mais propícias para o desenvolvimento dos macroinvertebrados presentes no ambiente natural nos meses com maior precipitação.

Outra evidência da influência dos níveis de precipitação seria que em V1 houve prevalência de Tubificidae em outubro e fevereiro, ao passo que em julho os táxons quantitativamente mais abundantes foram Glossiphoniidae e Chironomidae. Fato semelhante foi evidenciado por Moura e Silva et al. (2016) que encontraram predomínio de Tubificidae na estação chuvosa e Chironomidae na estação seca. A possível explicação para este fato seria que em outubro e fevereiro a maior precipitação estivesse criando condições mais favoráveis para Oligochaeta, das quais o maior acúmulo de matéria orgânica trazida do ambiente natural, e opostamente, a menor precipitação em julho ao não proporcionar tais condições, comprometeu a presença desse táxon possibilitando a prevalência de Glossiphoniidae e Chironomidae.

Os dados mencionados e discutidos demonstram a importância dos macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água, contudo, do ponto de

vista da aquicultura estes organismos são importantes também por fazerem parte da dieta de alguns organismos cultivados (Beyruth et al., 2004; Rahman et al., 2010; Rolemberg et al., 2016), sendo que a avaliação das comunidades de macroinvertebrados pode indicar o potencial produtivo dos viveiros utilizados. Neste contexto, é importante considerar a diversidade das populações de macroinvertebrados nos viveiros de cultivo, pois esta pode demonstrar a eficiência ou ineficiência dos manejos empregados. Confirmando isso, Chakma et al. (2015) ao avaliarem as populações de macroinvertebrados em diferentes viveiros em Bangladesh, encontraram maior número de táxons em viveiros utilizados para cultivo de peixes em relação a viveiros para uso familiar e viveiros abandonados, o que ocorreu possivelmente devido ao maior manejo empregado, além de não serem alvos de ações antropogênicas que causam poluição orgânica, que ocorre com frequência nos outros tipos de viveiro. Tal fato demonstra que a estrutura da comunidade de macroinvertebrados pode ser usada para avaliar o potencial produtivo de um viveiro, possibilitando ações que venham a corrigir esse problema. Com isso, do ponto de vista da aquicultura, os resultados encontrados para V1 demonstram que sua população de macroinvertebrados mais diversa e equilibrada refletem um ambiente com maior potencial produtivo. Contudo, a elevada abundância de táxons tolerantes e resistentes e a baixa frequência de táxons sensíveis ao excessivo enriquecimento orgânico (Trichoptera) atentam para o fato da possibilidade de baixos níveis de oxigênio neste viveiro. No entanto, não é possível afirmar se os níveis presentes estariam sendo prejudiciais para os peixes, uma vez que o foco do estudo foi a avaliação das populações de macroinvertebrados, não foram mensurados os níveis deste elemento, sendo necessários estudos adicionais com inclusão destas mensurações para constatar tal fato.

CONCLUSÃO

É possível concluir que a posição do viveiro na piscicultura em relação a fonte abastecedora de água pode influenciar a estrutura da população de macroinvertebrados bentônicos, o que pode ser usado como indicativo da qualidade de sua água e seu potencial produtivo. Também foi possível observar o efeito do mês de coleta sobre esta estrutura, devido a influência do nível de precipitação.

REFERÊNCIAS

Albertoni, E.F & Palma-Silva, C. 2006. Macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas flutuantes em canais urbanos de

escoamento pluvial (Balneário Cassino, Rio Grande, RS). *Neotrop. Biol. Conserv.* 1(2): 90-100.

Baptista, V.A.; Antunes, M.B., Martello, A.R.; Figueiredo N.S.B., Amaral A.M.B.; Secretti, E. & Braun, B. 2014. Influência de fatores ambientais na distribuição de famílias de insetos em rios no sul do Brasil. *Ambiente Soc. (Online)* 17(3): 155-176.

Barbola, I.F.; Moraes, M.F.P.G.; Anazawa, T.M.; Nascimento, E.A.; Sepka, E.R.; Polegatto, C.M.; Milléo, J. & Schühli, G.S. 2011. Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* 101(1-2):15-23.

Barbosa, A.H.S.; Silva, C.S.P.; Araújo, S.E.; Lima, T.B.B. & Dantas, I.M. 2016. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do rio Apodi-Mossoró. *Holos.* 7: 121-132.

Beyruth, Z.; Mainardes-Pinto, C.S.R.; Fusco, S.M.; Faria, F.C. & Silva, A.L. 2004. Utilização de alimentos naturais por *Oreochromis niloticus* em tanques de terra com arraçoamento. *Bol. Inst. Pesca* 30: 9-24.

Callisto, M.; Moretti, M. & Goulart, M. 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Rev. Bras. Recur. Híd.* 6(1): 71-82.

Chakma, S.; Rahman, M.M. & Akter, M. 2015. Composition and abundance of benthic macroinvertebrates in freshwater earthen ponds of Noakhali District, Bangladesh. *American Journal of Bioscience and Bioengineering*, 3(5): 50-56.

Čirić, M.; Subakov-Simić, G.; Dulić, Z.; Bjelanović, K.; Čičovački, S. & Marković, Z. 2015. Effect of supplemental feed type on water quality, plankton and benthos availability and carp (*Cyprinus carpio* L.) growth in semi-intensive monoculture ponds. *Aquacult. Res.* 46(4): 777-788.

Flynn, M.N.; Louro, M.P.; Silva, L.C.M. & Rossi, M.V. 2011. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. *RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, 4(2): 19-35.

Froehlich, E.M. & Carbayo, F. 2011. Catálogo dos "Turbellaria" (Platyhelminthes) do Estado de São Paulo. *Biota Neotrop. (Online)* 11(suppl. 1): 503-514.

Gomide, L.R.; Scolforo, J.R.S. & Oliveira, A.D. 2006. Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais. *Ci. Fl.* 16(2): 127-144.

Goulart, M.D.C. & Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos

- de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*. 2(1): 153-164.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electronica*. 4(1): 1-9.
- Honorato, G.B.S. & Pelli, A. 2011. Avaliação da qualidade da água em dois trechos do córrego Gameleira, Uberaba-MG, com base em variáveis físico-químicas e a comunidade bentônica. *SaBios – Revista de Saúde e Biologia*. 6(2): 15-26.
- IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná. *Agrometeorologia - Dados diários de Londrina*. 2015. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2085>>. Acesso em: 23 de jan. 2018.
- IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná. *Agrometeorologia - Dados diários de Londrina*. 2016. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2236>>. Acesso em: 23 de jan. 2018.
- König, R.; Suzin, C.R.H.; Restello, R.M. & Hepp, L.U. 2008. Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. *Panam. J. Aquat. Sci.* 3(1): 84-93.
- Lima, M.S.C.S.; Souza, C.A.S. & Pederassi, J. 2016. Qual índice de diversidade usar? *Cadernos UniFOA*. 11(30): 129-138.
- Martini, A.G.; Resende, D.M.C.; Silva, L.F.R. & Duarte, M.A. 2013. Distribuição espacial e temporal da fauna de invertebrados bentônicos na APA do município de Coqueiral, MG, com ênfase em Odonata. *Rev. Bras. Zool.* 15: 183-194.
- Mazzoni, A.C.; Lanzer, R. & Schafer, A. 2014. Tolerance of benthic macroinvertebrates to organic enrichment in highland streams of northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 26(2):119-128.
- Menezes, L.C.B. & Beyruth, Z. 2003. Impactos da aquicultura em tanques-rede sobre a comunidade bentônica da represa de Guarapiranga- São Paulo- SP. *Bol. Inst. Pesca*. 29(1): 77-86.
- Minoo, C.M.; Ngugi, C.C.; Oyoo-Okoth, E.; Muthumbi, A.; Sigana, D.; Mulwa, R. & Chemoiwa, E.J. 2016. Monitoring the effects of aquaculture effluents on benthic macroinvertebrate populations and functional feeding responses in a tropical highland headwater stream (Kenya). *Aquat. Ecosyst. Health Manag.* 19 (4):431-440.
- Molozzi, J.; França, J.S.; Araujo, T.L.A.; Viana, T.H.; Hughes, R.M. & Callisto, M. 2011. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. *Iheringia, Sér. Zool.*101(3): 191-199.
- Moura e Silva, M.S.G.; Graciano, T.S.; Losekann, M.E. & Luiz, A.J.B. 2016. Assessment of benthic macroinvertebrates at Nile tilapia production using artificial substrate samplers. *Braz. J. Biol.* 76(3): 735-742.
- Mugnai, R.; Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. 2010. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Technical Books, Rio de Janeiro, 176 p.
- Nunes, P.R.A.; Doncato, K.B.; Perazzo, G.X. & Teloken, F. 2015. Insetos aquáticos bioindicadores: influência da piscicultura sobre um córrego pampeano brasileiro. *Ciênc. Nat.* 37(2): 230–240.
- Ogbeibu, A.E. & Oribhabor, B.J. 2002. Ecological impact of river impoundment using benthic macro-invertebrates as indicators. *Water Res.* 36(10): 2427-2436.
- Oliveira, A. & Callisto, M. 2010. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. *Iheringia, Sér. Zool.*100 (4): 291-300.
- Piedras, S.R.N.; Bager, A.; Moraes, P.R.R.; Isoldi, L.A.; Ferreira, O.G.L. & Heemann, C. 2006. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. *Cienc. Rural.* 36(2): 494-500.
- R Development Core Team. 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing, 2011. Vienna, Austria: the R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: < <http://www.R-project.org/>> Acesso em: 18 nov., 2019.
- Rahman, M.M.; Kadowaki, S.; Balcombe, S.R. & Wahab, M.A. 2010. Common carp (*Cyprinus carpio* L.) alters its feeding niche in response to changing food resources: direct observations in simulated ponds. *Ecol. Res.* 25(2): 303-309.
- Rolemberg, K.F.; Franklin Júnior, W. & Barreira, C.A.R. 2016. Caracterização da macrofauna bentônica em viveiros de cultivo do camarão-branco-do-Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), no entorno do estuário do rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. *Arq. Ciên. Mar.* 49(2): 41-56.
- Sobczak, J.R.S.; Valduga, A.T.; Restello, R.M. & Cardoso, R.I. 2013. Conservation unit and water quality: the influence of environmental integrity on benthic macroinvertebrate assemblages. *Acta Limnol. Bras.* 25(4): 442-450.
- Teles, H.F.; Linares, M.S.; Rocha, P.A. & Ribeiro, A.S. 2013. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores no Parque Nacional da Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 15: 123-137.

Submetido: Fevereiro/2018
Revisado: Julho/2020
Aceito: Julho/2020
Publicado: 05/10/2020