

**Macroinvertebrados bentônicos
como bioindicadores de qualidade
de água na produção de jundiara
(*Leiarius marmoratus* macho x *P.
reticulatum* fêmea) em reservatório
do rio Sorriso, MT**

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 65

**Macroinvertebrados bentônicos
como bioindicadores de qualidade
de água na produção de jundiara
(*Leiarius marmoratus* macho x *P.
reticulatum* fêmea) em reservatório
do rio Sorriso, MT**

Mariana Silveira Guerra Moura e Silva
Marcos Eliseu Losekann
Themis Sakaguti Graciano Franco

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho
Caixa Postal 69, CEP: 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: + 55 (19) 3311-2700
Fax: + 55 (19) 3311-2640
<https://www.embrapa.br/meio-ambiente/>
SAC: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Maria Isabel de Oliveira Penteado*
Secretária-Executiva: *Cristina Tiemi Shoyama*
Membros: *Rodrigo Mendes, Elisabeth Francisconi Fay, Nilce Chaves Gattaz, Joel Leandro de Queiroga, Victor Paulo Marques Simão, Daniel Terao (suplente), Lauro Charlet Pereira (suplente) e Maria Lúcia Zuccari (suplente).*
Revisão de texto: Nilce Chaves Gattaz
Normalização bibliográfica: Victor Paulo Marques Simão
Edição eletrônica: Gabriel Pupo Nogueira

1ª edição eletrônica (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Meio Ambiente**

Silva, Mariana Silveira Guerra Moura e.

Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água na produção de jundiara (*Leiarius marmoratus* macho x *P. reticulatum* fêmea) em reservatório do rio Sorriso, MT / Mariana Silveira Guerra Moura e Silva; Marcos Eliseu Losekann; Themis Sakaguti Graciano Franco. – Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2016.

23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio Ambiente, ISSN 1516-4675 ; 65).

1. Organismo bentônico. 2. Indicador ambiental. 3. Qualidade da água. 4. Aquicultura. I. Losekann, Marcos Eliseu. II. Franco, Themis Sakaguti Graciano. III. Título. IV. Série.

CDD 577.64

Sumário

Resumo	5
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	18
Agradecimentos	19
Referências	19

Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água na produção de jundiara (*Leiarius marmoratus* macho x *P. reticulatum* fêmea) em reservatório do rio Sorriso, MT

Mariana Silveira Guerra Moura e Silva⁽¹⁾

Marcos Eliseu Losekann⁽²⁾

Themis Sakaguti Graciano Franco⁽³⁾

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar grupos de organismos bentônicos como bioindicadores de qualidade de água em tanques-rede com criação de jundiara (*Leiarius marmoratus* macho x *P. reticulatum* fêmea) no estado do Mato Grosso. Foi utilizado um total de 36 amostradores do tipo substrato artificial, confeccionado com sacos de rede de nylon preenchidos com brita, folhas de taboa, cascalho e bucha vegetal, que servem de unidades de colonização para os organismos. Foram avaliados três pontos próximos aos tanques-rede e três pontos distantes dos

¹ Bióloga, doutora em Engenharia Agrícola, Pesquisadora A, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, Cx. P. 69, Cep 13820-000 Jaguariúna, SP. E-mail: mariana.silveira@embrapa.br

² Zootecnista, mestre em Zootecnia, Pesquisador B, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, Cx. P. 69, Cep 13820-000 Jaguariúna, SP. E-mail: marcos.losekann@embrapa.br

³ Médica Veterinária, pós-doutora em Engenharia de Pesca, Rua Portugal, 862, CEP: 85.709-730, Toledo, PR. E-mail: the_graciano@yahoo.com.br

tanques-rede ou fora da sua área de influência, com seis repetições por ponto. Os amostradores foram colonizados durante 15 e 30 dias. Após estes períodos, os amostradores foram retirados da água e levados para o laboratório. No laboratório foram lavados sob água corrente em peneiras de aço inox de 500 micrômetros. Os organismos coletados foram identificados e quantificados com auxílio de um estereomicroscópio. Para o cálculo de métricas de estrutura da comunidade, foi utilizado o programa PAST versão 3.01, para as seguintes medidas: número de indivíduos (N_{ind}), riqueza taxonômica (S), riqueza de Margalef ($S_{Margalef}$), dominância de Simpson (D), índice de diversidade de Shannon (H') e equidade de Pielou (J). Foi observado que, no período inicial de 15 dias, em pontos de coleta próximos dos tanques-rede a diversidade de espécies e o número de indivíduos de macroinvertebrados foi maior do que nos pontos distantes dos tanques-rede. A elevada densidade de macroinvertebrados colonizadores e a dominância de táxons reconhecidamente tolerantes à poluição orgânica podem demonstrar uma provável piora na qualidade da água relacionada com a aquicultura. Por outro lado, a maior riqueza observada em locais próximos aos tanques sugere que houve uma maior diversificação do nicho alimentar agindo positivamente para aumentar a biodiversidade bentônica.

Palavras-chave: substrato artificial, macroinvertebrados, bentônico, biomonitoramento

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o último relatório da FAO sobre produção aquícola, a aquicultura tem apresentado forte crescimento, com aumento da produção a uma média anual de 6.1%, passando de 36,8 milhões de toneladas em 2002 para 66,6 milhões de toneladas em 2012 (FAO, 2014). Em 2011, a produção brasileira de pescados atingiu quase 1,4 milhão de toneladas, conforme os números do mais recente Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura do Ministério da Pesca (MPA) (BRASIL, 2013). Deste total, 628.704,3 toneladas foram produzidas em cativeiro. Além disso, a atividade pesqueira brasileira gera um PIB nacional de R\$ 5 bilhões, mobiliza 800 mil profissionais e proporciona 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos (BRASIL, 2014).

Em 2003, o Ministério da Pesca e Aquicultura - atual Secretaria da Pesca e Aquicultura - lançou o Decreto nº4.895, que dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências (BRASIL, 2003). Com isso, o ordenamento e planejamento da aquicultura em águas da União abrange desde a demarcação de Parques Aquícolas para o cultivo como a possibilidade de solicitação de Áreas Aquícolas. Assim, com a expectativa de aumento significativo das atividades aquícolas em reservatórios, cresce também a preocupação com sua sustentabilidade socioambiental.

A produção intensiva de peixes produz efluentes resultantes de ração não consumida, excretas e metabólitos (PILLAY, 2004; RAMOS et al., 2010) os quais podem, quando em excesso, ter impactos nos ecossistemas aquáticos que se deve, principalmente, ao aumento na concentração de nitrogênio e fósforo na coluna d'água, e ao acúmulo da matéria orgânica no sedimento (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008), causando assim, interferências na qualidade da água (HENRY et al., 2006).

Os bioindicadores são definidos como espécies ou grupos de espécies ou

comunidades biológicas cuja presença, quantidade e distribuição podem indicar a magnitude de impactos ambientais no ecossistema aquático e sua bacia de drenagem. O uso de bioindicadores de qualidade de água permite uma avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por fontes múltiplas de poluição (CALLISTO et al., 2001; CALLISTO; GONÇALVES JÚNIOR, 2002) porque, no caso dos organismos bentônicos, eles são importantes componentes do substrato de fundo de rios e lagos, onde possuem um papel fundamental na dinâmica de nutrientes, na transformação da matéria e no fluxo de energia (MATSUMURA-TUNDISI, 1999; SILVEIRA; QUEIROZ, 2006).

Na aquicultura o uso de bioindicadores pode ser um dos mais eficazes métodos para avaliar a qualidade da água, pois os organismos bentônicos são os que melhor refletem as mudanças físicas, químicas e biológicas no ambiente aquático (SILVEIRA; QUEIROZ, 2006), e podem ser considerados mais sensíveis do que a avaliação por parâmetros físicos e químicos locais mais comumente utilizados. A elevada concentração de nutrientes na água pode afetar a estrutura e a dinâmica das comunidades macrobentônicas, manifestada por uma diminuição na biodiversidade aquática e/ou por uma dominância de espécies tolerantes à poluição (CALLISTO; GONÇALVES JÚNIOR, 2002).

A saúde dos ecossistemas aquáticos pode ser medida pelo biomonitoramento com uso de macroinvertebrados bentônicos, uma vez que são considerados organismos bioindicadores sensíveis às alterações ambientais. Esses organismos também desempenham um papel importante no processamento da matéria orgânica dos corpos hídricos, acelerando sua decomposição e assim promovendo a ciclagem de nutrientes e a transferência de energia para níveis tróficos mais elevados. Assim, os macroinvertebrados bentônicos podem ser considerados espécies-chave na decomposição de detritos da cadeia alimentar (KUHLMANN, 1993). Além disso, são importantes presas da ictiofauna.

Vários autores apontam que a pesquisa de organismos bentônicos

deveria estar presente em estudos sobre a produção total anual de peixes em tanques-rede (GUO; LI, 2003; DIMITRIADIS; KOUTSOUBAS, 2008; BORJA et al., 2009; GUO et al., 2009; EDGAR et al., 2010).

Os macroinvertebrados bentônicos podem ser coletados com o uso de amostradores do tipo substrato artificial contendo diversos tipos de substratos minerais e vegetais, os quais serão colonizados pelos organismos. Os substratos artificiais são especialmente eficientes quando usados em ambientes de água parada ou lântica e em habitats de deposição (SILVEIRA; QUEIROZ, 2006). Eles também apresentam a vantagem de baixos custos operacionais, uma vez que são fáceis de confeccionar, de manipular, além de serem feitos com materiais de baixo custo (SILVEIRA; QUEIROZ, 2006).

Entretanto, sabe-se que o uso de substrato artificial não é novo. A literatura científica apresenta vários estudos sobre colonização de macroinvertebrados bentônicos com uso destes amostradores em muitos ecossistemas aquáticos naturais, como em rios (SONODA et al., 2011), lagoas costeiras (HENRIQUEZ, 2003), lagoas continentais (STRIXINO; TRIVINHO-STRIXINO, 2006), pequenos açudes na caatinga paraibana (SOUZA et al., 2006), barragens (PIEDRAS et al., 2006) e viveiros de peixe (GONÇALVES JUNIOR et al., 2011).

Este estudo fez parte do Projeto Aquabrazil, que teve como um dos objetivos transferir a técnica de biomonitoramento para produtores de peixe, na medida em que muitos não têm condições de comprar equipamentos caros para avaliar a qualidade da água, como sonda multiparâmetros, por exemplo. Assim, a qualidade da água foi investigada apenas com base em bioindicadores.

O objetivo deste estudo foi avaliar a fauna macrobentônica presente em locais próximos e distantes de uma piscicultura com criação de um híbrido de jundiara (*Leiarius marmoratus* macho x *Pseudoplatystoma reticulatum* fêmea), bem como o período de colonização usado no coletor de substrato artificial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi feito em um reservatório de 66 ha com profundidade média de 4 m, pertencente a uma piscicultura comercial localizada em Primavera do Leste (MT). O experimento foi desenvolvido durante a estação chuvosa (outubro e novembro de 2010). O híbrido jundiara (*Leiarius marmoratus* macho x *P. reticulatum* fêmea) era produzido em quarenta tanques-rede de 72 m³ cada um, com peso médio de 1,4 kg e densidade 30 kg/ m³.

As variáveis de qualidade da água como: oxigênio dissolvido (mg/L); temperatura da água (°C); pH e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), foram medidas em três ocasiões (na implantação dos coletores e após 15 e 30 dias), sempre por volta do meio dia, na saída de água do reservatório, com uso de sonda multiparâmetros (YSI®). Porém, como as medidas foram tomadas apenas em uma região distante dos tanques-rede, optou-se por não usá-las na interpretação dos resultados, mas apenas como indicadoras das condições observadas (Tabela 1).

Tabela 1– Valores médios e desvio padrão de variáveis físicas e químicas medidas em 2010 no reservatório do rio Sorriso (MT), onde se localiza a produção comercial de peixes. Valores de referência baseados na legislação brasileira⁽¹⁾ (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005; 2009), Sipaúba-Tavares e Moreno⁽²⁾ (1994) e Boyd e Tucker (1998)⁽³⁾.

Variável	Limites/Faixas	(Out e Nov 2010)
Temperatura (°C)	20 a 28 ⁽³⁾	27,5 ± 0,12
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	≥ 5,0 ⁽¹⁾	5,4 ± 0,07
pH	6,0 a 9,0 ⁽¹⁾	6,2 ± 0,3
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	23 a 71 ⁽²⁾	198,8 ± 0,05

A amostragem da macrofauna bentônica foi realizada com substratos artificiais confeccionados com sacos de nylon de malha com capacidade para suportar 5 kg (sacos de rede plástica, normalmente utilizados para embalagem de frutas ou verduras) preenchidos com 15 g de folhas de taboa, 50 g de bucha vegetal e 450 g de cascalho e brita.

Seis pontos de coleta próximos aos tanques-rede e três pontos de coleta distantes dos tanques-rede foram avaliados, sendo os pontos distantes localizados em uma distância média de 300 metros da produção (Figura 1). Em cada ponto, três amostras foram coletadas por período, totalizando seis amostras por ponto de coleta e 54 no total. Para poder realizar a comparação entre pontos próximos e distantes, foram selecionados aleatoriamente, a cada período de permanência dos amostradores (de 15 ou 30 dias), apenas três dos seis pontos próximos. Portanto, todas as análises foram realizadas em função dos resultados encontrados em 36 amostras, 18 de cada período e 18 de cada posição, ou seja, nove amostras (três amostras de três pontos) de cada combinação entre período de permanência e posição em relação aos tanques-rede.

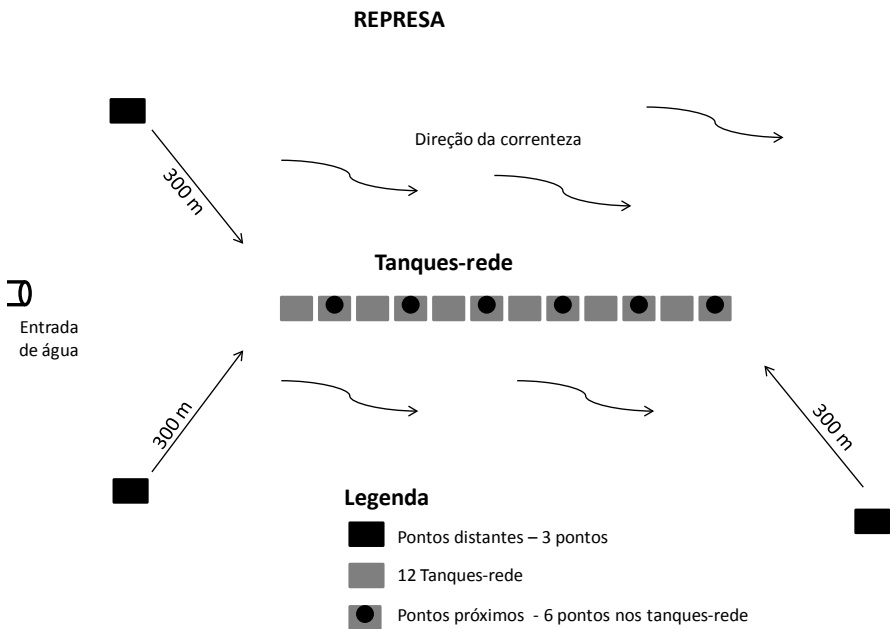


Figura 1 – Distribuição de coletores de substrato artificial em locais próximos e distantes dos tanques-rede.

Cada amostrador foi amarrado em uma linha de pesca de nylon e colocado no lago até atingir o sedimento. A outra ponta da linha foi amarrada a uma boia para sinalização. Depois de retirados, eles eram colocados em sacos plásticos contendo água local e transportados para o laboratório, onde eram lavados com água corrente em peneiras de malha de 500 μm e o substrato restante era armazenado em potes com álcool a 80% para fixação dos organismos.

Os organismos bentônicos foram identificados ao nível de família, e quantificados com auxílio de um microscópio estereoscópio e de chaves taxonômicas (FERNÁNDEZ; DOMÍNGUEZ, 2001; MUGNAI et al., 2010).

As seguintes métricas foram calculadas com o programa estatístico PAST versão 3.01: abundância relativa, riqueza taxonômica (S), riqueza de Margalef (S_{Margalef}), número total de indivíduos, porcentagem de organismos (%), dominância de Simpson (D) índice de diversidade de Shannon (H'), e índice de equitabilidade de Pielou (J).

A análise de componentes principais foi realizada no programa SAS, com a rotina Princomp (SAS, 2009). Os dados do número de indivíduos por tipo de organismo, em cada data de coleta e em cada local, conforme apresentados na tabela 2, foram transformados para o logaritmo (na base 10). Como não existe logaritmo de zero, antes da transformação foi somado 1 a cada número ($N_{\text{ind}} + 1$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se no ponto próximo aos tanques, que na primeira amostragem, após 15 dias de colonização, a riqueza taxonômica foi maior e apresentou um número de indivíduos três vezes maior do que após 30 dias de colonização. Isso pode ter ocorrido devido às chuvas que ocorreram antes da segunda amostragem. Em todo caso, para ambos os períodos foi observada uma maior riqueza e maior número de indivíduos nos pontos próximos aos tanques-rede do que nos pontos distantes. (Figura 2)

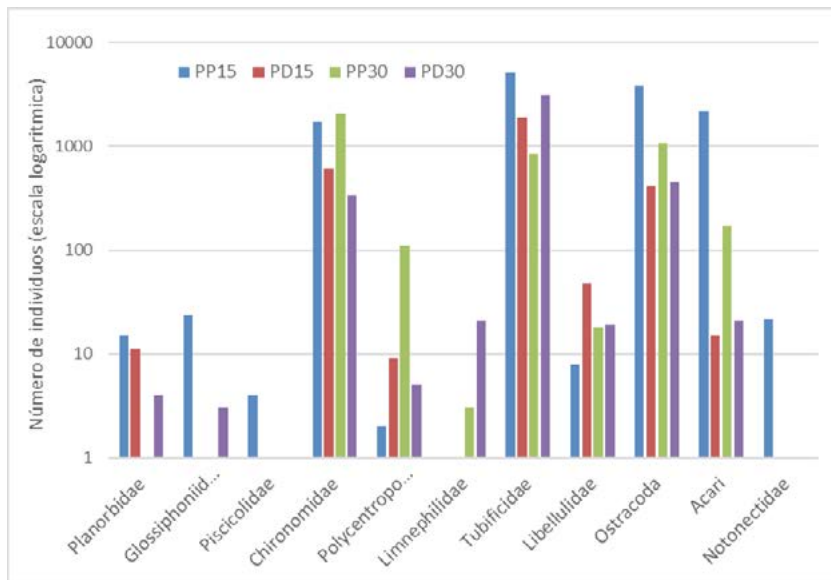


Figura 2 – Frequência de táxons colonizadores nos coletores de substrato artificial após 15 e 30 dias de colonização, em locais próximos (PP) e distantes (PD) dos tanques-rede.

Após 15 dias de colonização (Tabela 2) o número total indivíduos foi quatro vezes maior em locais próximos da piscicultura do que nos locais distantes. O táxon predominante foi Tubificidae (quase 40% em locais próximos e 63,4% em locais distantes).

Após 30 dias de colonização foi observada a predominância de Chironomidae (48,5%) em locais próximos dos tanques-rede, e Tubificidae (78%) em locais distantes. O segundo táxon mais abundante foi Ostracoda em ambos os locais (próximos e distantes dos tanques rede) (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de indivíduos de macroinvertebrados bentônicos, colonizadores de pontos próximos (PP) e pontos distantes (PD) dos tanques-rede, após 15 e 30 dias de colonização.

UTO*	PP15	PD15	PP30	PD30
Gastropoda				
<i>Planorbidae</i>	15	11	1	4
Rhynchobdellida				
<i>Glossiphoniidae</i>	24	1	1	3
<i>Piscicolidae</i>	4	0	0	0
Oligochaeta				
<i>Tubificidae</i>	5086	1902	849	3064
Diptera				
<i>Chironomidae</i>	1723	607	2103	340
Trichoptera				
<i>Polycentropodidae</i>	2	9	110	5
<i>Limnephilidae</i>	0	0	3	21
Odonata				
<i>Libellulidae</i>	8	48	18	19
Ostracoda	3827	408	1079	452
Heteroptera				
<i>Notonectidae</i>	22	0	0	0
Arachnida				
<i>Acari</i>	2161	15	171	21
TOTAL	12872	3001	4335	3929

* Unidades Taxonômicas Operacionais

Por outro lado o teste t não indicou diferença significativa entre pontos próximos e distantes para o número total de indivíduos ($p = 0,161$). Da mesma maneira, para o período de 15 dias, foi verificado que não houve diferença significativa entre os locais de coleta (próximos ou distantes dos tanques-rede) ($p = 0,809$).

A análise de componentes principais (ACP) mostrou que as comunidades dos pontos distantes reuniram-se, independentemente do período de colonização, enquanto que as amostras dos pontos próximos dos tanques-rede foram bem diferentes entre os dois períodos de colonização. Juntos, os dois primeiros eixos explicaram 94,65% da variação dos dados (Figura 3). Portanto, conclui-se que em um primeiro momento (aos 15 dias após a colocação) a comunidade de organismos bentônicos que coloniza o material do amostrador é bem distinta entre os locais, próximo ou distante dos tanques-rede, mas após um período maior (30 dias), as comunidades tendem a ficar mais semelhantes.

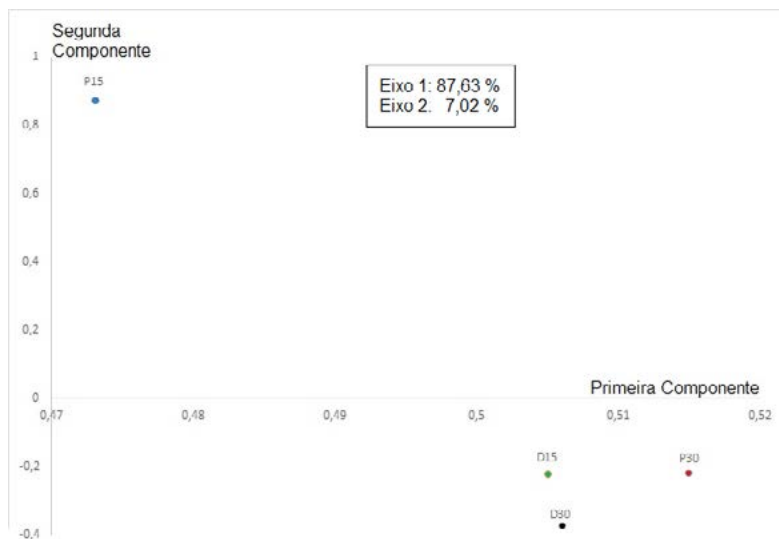


Figura 3 – Análise de Componentes Principais para a comunidade macrobentônica amostrada no reservatório do rio Sorriso (MT). Dados logaritimizados ($\log(x + 1)$).

Quanto às métricas da comunidade, foi observado que a riqueza taxonômica, o número de indivíduos e a diversidade de Shannon foram maiores em locais próximos aos tanques, aos 15 dias de colonização (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de indivíduos (N_ind), riqueza taxonômica (S), riqueza de Margalef (S_{Margalef}), dominância de Simpson (D), índice de diversidade de Shannon (H') e equidade de Pielou (J) para a comunidade macrobentônica nas coletas de amostradores aos 15 e 30 dias, nos pontos próximos e distantes dos tanques-rede.

	15 dias		30 dias	
	próximos	distantes	próximos	distantes
N_ind	12872	3001	4335	3929
S	10	8	9	9
S_{Margalef}	0,951	0,874	0,955	0,967
D	0,291	0,461	0,338	0,629
H'	1,335	1,017	1,269	0,757
J	0,580	0,489	0,578	0,345

Elevadas abundâncias de Oligochaeta e Chironomidae são indicativos de eutrofização, quando a água tem matéria orgânica em excesso. Matsumura-Tundisi (1999) e Bubinas e Jaminiené (2001) classificaram estes táxons como os mais tolerantes à poluição, especialmente a família Tubificidae. Como consequência, estes organismos tolerantes substituem outros macroinvertebrados bentônicos que são mais sensíveis para esta condição (MARTINS et al., 2008). Alessio (2012) observou que Hirudinea, Oligochaeta, e Nematoda podem ser considerados bons bioindicadores de má qualidade de água em tanques-rede de piscicultura, enquanto que Chironomidae, Ceratopogonidae e *L. fortunei* não foram considerados bons bioindicadores, tomando-se como base as variáveis químicas, como oxigênio dissolvido, nitrogênio total e fósforo total.

Os Ostracoda formam um grupo frequentemente encontrado em amostradores de substrato artificial. Neste estudo, a abundância deste grupo foi expressiva, principalmente nos pontos próximos à produção. A ecologia de Ostracoda é pouco estudada no Brasil apesar do fato

destes organismos poderem atingir número de indivíduos e biomassa expressivos em alguns casos. Este grupo é conhecido por seu hábito alimentar detritívoro (DELORME, 2001), mas os animais marinhos também podem ser filtradores e carnívoros (BARNES, 1995). Devido ao seu hábito detritívoro (MARTENS, 1995), a elevada disponibilidade de matéria orgânica e elevadas concentrações de clorofila *a* na água (KAPUSTA et al., 2002) podem constituir uma boa fonte alimentar para eles, favorecendo a sua reprodução. Também já foi dito que os ostrácodes são competidores de Chironomidae, já que ambos grupos se alimentam de algas (TAKAMURA; YASUNO, 1986). No presente estudo, a abundância deste grupo foi muito maior nos locais próximos aos tanques-rede, tanto após 15 como após 30 dias de colonização. É possível que a oferta de ração de peixes e a elevada quantidade de fezes próxima dos tanques tenham favorecido o crescimento da população de ostrácodes.

Os dados obtidos neste estudo podem estar indicando uma maior diversidade de nicho alimentar em áreas próximas aos tanques-rede, em função da possível ocorrência de distúrbio intermediário. O microhabitat abaixo dos tanques pode ser beneficiado pelo aumento da matéria orgânica proveniente de fezes de peixes e restos de ração. Porém, na hipótese do processo de eutrofização se intensificar, a expectativa seria a queda no número de táxons e o aumento na densidade das espécies tolerantes.

No trabalho de Menezes e Beyruth (2003), o número de táxons não se alterou de forma acentuada próximos à área de aquicultura. Os autores chegaram à conclusão de que a densidade de organismos seria um melhor indicador para o teor de matéria orgânica. E ainda, de acordo com este mesmo estudo, foi demonstrado que a fauna bentônica é uma eficiente indicadora de alterações na composição e textura do substrato e que a criação de tilápias em tanques-rede, embora tenha concentrado mais matéria orgânica, não causou impacto negativo na qualidade da água.

Outros estudos mais recentes também comprovam a relação do aumento da biodiversidade bentônica em função da concentração de matéria orgânica na região abaixo dos tanques-rede. Kopp et al. (2012) observaram o aumento da diversidade da comunidade bentônica com o aumento da concentração de fósforo, verificando que os tricópteros estavam associados a elevadas concentrações de fósforo em locais a jusante dos viveiros de peixes. Vseticková e Adámek (2013) também atestaram um aumento na diversidade de macroinvertebrados em viveiros de peixe com baixa qualidade da água de abastecimento.

4. CONCLUSÕES

O táxon Tubificidae foi mais presente em pontos distantes dos tanques-rede, enquanto que Chironomidae foi nos pontos próximos, sendo ambos conhecidos como tolerantes ao aumento de matéria orgânica e baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água.

Não houve diferença significativa pelo teste t entre as comunidades habitantes de pontos próximos e distantes dos tanques-rede, tanto para 15 como para 30 dias de colonização, apesar da maior abundância de indivíduos e maior diversidade terem ocorrido nos pontos próximos nos dois períodos amostrados. Sendo assim, pode-se adotar o período mais curto, de 15 dias, para o biomonitoramento em área de piscicultura em tanque-rede para este reservatório.

Outros estudos de maior prazo (um ano pelo menos) e que contemplem a avaliação de dados físicos e químicos (principalmente com a medição de variáveis como a clorofila *a* e o fósforo) mais frequentemente são necessários a fim de que haja um maior entendimento da associação entre organismos bioindicadores e a qualidade da água em sistemas de aquicultura. As medições também devem ser feitas no local em que a água entra no sistema, em local próximo aos tanques de criação, e no local de saída da água do reservatório. Neste contexto, a medição de variáveis como a clorofila, fósforo, carbono orgânico total (COT) e série

de nitrogênio seriam bastante importantes para a medição do grau de trofia.

Índices bióticos que utilizem a densidade e a dominância por táxons conhecidamente tolerantes, como Tubificidae e Chironomidae “vermelhos” (gênero *Chironomus*) são facilmente identificados, podendo ser utilizados mais facilmente pelo público leigo, principalmente produtores.

5. AGRADECIMENTOS

A equipe técnica agradece a Embrapa por ter financiado esta pesquisa através do Projeto Aquabrazil. Agradece, também, aos parceiros e produtores por terem permitido o acesso às suas propriedades.

6. REFERÊNCIAS

- ALESSIO, P. C. **Zoobentos em áreas de cultivo de peixes em tanques-rede**: eficácia como bioindicadores. 2012. 23 f. Dissertação (Mestrado) - Unioeste, Cascavel.
- BARNES, R. D. **Zoologia de invertebrados**. 4.ed. São Paulo: Roca, 1995. 1178 p.
- BORJA, A.; RODRIGUEZ, J. G.; BLACK, K.; BODOY, A.; EMBLOW, C.; FERNANDES, T. F.; FORTE, J.; KARAKASSIS, I.; MUXICA, I.; NICKELL, T. D.; PAPAGEORGIOU, N.; PRANOVI, F.; SEVASTOU, K.; TOMASETTI, P.; ANGEL, D. Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 293, n. 3-4, p. 231-240, 2009.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic, 1998. 700 p.
- BUBINAS, A.; JAGMINIENÉ, I. Bioindication of ecotoxicity according to community structure of macrozoobenthic fauna. **Acta Zoológica Lituanica**, Vilnius, v. 11, n. 1, p. 90-99, 2001.
- BRASIL. Decreto nº 4.895 de 25 de novembro de 2003. Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 nov. 2003. Seção 1, p. 62.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. Brasília, Dfm 2013. 60 p.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **1º Anuário brasileiro da pesca e aquicultura**. Brasília, DF, 2014. 136 p.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 61, n. 2, p. 259-266, 2001.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JUNIOR, J. F. A vida nas águas das montanhas. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 31, n. 182, p. 68-71, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, 58-63.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 413, de 26 de junho de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 jun. 2009. Seção 1, 126-129, 2009.

DELORME, L. D. Ostracoda. In: THORP, J. H.; COVICH, A. P. (Ed.). **Ecology and classification of north american freshwater invertebrates**. 2nd. ed. San Diego: Academic Press, 2001. p. 811-842.

DIMITRIADIS, C.; KOUTSOUBAS, D. Community properties of benthic molluscs as indicators of environmental stress induced by organic enrichment. **Journal of Natural History**, London, v. 42, n. 5-8, p. 559-574, 2008.

EDGAR, G. J.; DAVEY, A.; SHEPHERD, C. Application of biotic and abiotic indicators for detecting benthic impacts of marine salmonid farming among coastal regions of Tasmania. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 307, n. 3-4, p. 212-218, 2010.

FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E. (Ed.). **Guía pra la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán: Editora Universitária de Tucumán, 2001. 282 p.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/en/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

GONÇALVES JUNIOR, L. P.; PEREIRA, S. L.; MATIELO, M. D. A.; AMARAL, A. Levantamento de macroinvertebrados bentônicos em viveiros de piscicultura. ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11., 2011, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Univap, 2011. p. 1-4.

GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 226, n. 1-4, p. 201-212, 2003.

GUO, L.; LI, Z.; XIE, P.; NI, L. Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. **Aquaculture International**, London, v. 17, n. 3, p. 229-241, 2009.

HENRIQUEZ, C. Utilización de los macroinvertebrados bentônicos asociados a macrofitas *Tipha domingensis* como indicadores de la polución orgánica en lagunas costeras.

CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Fortaleza. **Anais de trabalhos completos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2003. p. 11.

HENRY, R.; NOGUEIRA, M. G.; POMPEO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. A variabilidade anual e de curto prazo na produtividade primária pelo fitoplâncton e fatores abióticos correlatos no reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 1B, p. 239-261, 2006.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas: relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2008.

KAPUSTA, S. C.; WÜRDIG, N. L.; BEMVENUTI, C. E. Distribuição vertical da meiofauna, inverno e verão, no estuário de Tramandaí-Armazém, RS-Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 81-90, 2002.

KOPP, R.; ŠŤASTNÝ, J.; SUKOP, I.; BRABEC, T.; ZÍKOVÁ, A.; SPURNÝ, P.; MAREŠ, J. Water Quality and Biotic Community of a Highland Stream under the Influence of a Eutrophic Fishpond. **International Review of Hydrobiology**, Berlin, v. 97, n. 1, p. 26-40, 2012.

KUHLMANN, M. L. **Estudo da comunidade de invertebrados bentônicos da zona profunda da represa de Paraibuna (SP)**. 1993 158p. Dissertação (Mestrado. Dep. Ecologia Geral) – Instituto de Biologia, USP, São Paulo.

MARTENS, K. Recent non-marine Ostracoda. WORKSHOP ON NEOTROPICAL AQUATIC INVERTEBRATES, 1995, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, USP, 1995. p. 1-18.

MARTINS, R. T.; STEPHAN, N. N. C.; ALVES, R. G. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 221-226, 2008.

MATSUMURA-TUNDISI, T. Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO; São Paulo, FAPESP, 1999. p. 39-54.

MENEZES, L. C. B.; BEYRUTH, Z. Impactos da aquicultura em tanques-rede sobre a comunidade bentônica da represa de Guarapiranga, São Paulo – SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 77-86, 2003.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 174 p.

PIEDRAS, S. R. N.; BARGER, A.; ISOLDI, L. A.; MORAES, P. R. R.; HEEMANN, C.; FERREIRA, O. G. L. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara - Pelotas, RS. **Ciência Rural**, Ciência Rural, v. 36, n. 2, p. 494-500, 2006.

PILLAY, T. V. R. (Ed.). **Aquaculture and the environment**. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 2004. 212 p.

RAMOS, I. P.; ZANATTA, S. A.; ZICA, E. O. P.; SILVA, R. J.; CARVALHO, E. D. Impactos ambientais de pisciculturas em tanques-rede sobre águas continentais brasileiras: revisão e opinião. In: CYRINO, J. E. P.; FURUYA, W. M.; RIBEIRO, R. P.; SCORVO FILHO, J. D. (Ed.). **Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Biologia Aquática, 2010. p. 87-98.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT® 9.2 User's guide**. 2nd ed. Cary, NC, 2009.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F. de. **Uso de coletores com substrato artificial para monitoramento biológico de qualidade de água**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 5p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 39).

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; MORENO, S. O. Variação dos parâmetros limnológicos em um viveiro de piscicultura nos períodos de seca e chuva. **Revista UNIMAR**, v. 16, n. 4, p. 229-242, 1994..

SONODA, K. C.; VETTORAZZI, C. A., ORTEGA; E. M. M. Relação entre uso do solo e composição de insetos aquáticos de quatro bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo, v. 6, n. 3, p. 187-200, 2011.

SOUZA, A. H. F. F.; ABÍLIO, F. J. P. Zoobentos de duas lagoas intermitentes da caatinga paraibana e as influências do ciclo hidrológico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 146-164, 2006.

STRIXINO, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Herpobentos e haptobentos de lagoas marginais da Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP). In: SANTOS, J. E., PIRES, J. S. R.; MOSCHINI, L. E. (Ed.). **Estudos integrados em ecossistemas**: Estação Ecológica de Jataí. São Carlos: EdUFSCar, v. 4, p. 45-60, 2006.

TAKAMURA, K.; YASUNO, M. Effects of pesticide application on chironomid larvae and ostracods in Rice fields. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 21, n. 3, p. 370-376, 1986.

VSETICKOVÁ, L; ADÁMEK, A. The impact of carp pond management upon macrozoobenthos assemblages in recipient pond canals. **Aquaculture International**, London, v. 21, n. 4, p. 897-925, 2013.

Embrapa

Meio Ambiente

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA