

Uso de Substratos Artificiais para Avaliação do Impacto do Assoreamento sobre Macroinvertebrados Bentônicos em um Córrego de Cabeceira no Pantanal do Mato Grosso, Brasil

Wantzen, K. M

Universität Konstanz, Limnologisches Institut, Alemanha
wantzen@mpil-ploen.mpg.de

Pinto-Silva, V

Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Biociências, CCBS III

Recebido: 28/05/04 revisado: 27/01/05 aceito: 26/01/06

RESUMO

O assoreamento é um problema sério para a integridade ecológica dos cursos de água em áreas desflorestadas que sofrem erosão. Mesmo a água sendo de boa qualidade química, a poluição física decorrente de partículas em suspensão pode reduzir em muito as condições de sobrevivência dos organismos. Para analisar estes impactos, sugerimos um método simples e prático, que usa substratos artificiais compostos por tijolos e tiras de rede de nylon. Expostos no córrego Formoso, a sua colonização ocorreu em uma semana, porém, escolhemos um período de exposição de quatro semanas para assegurar uma colonização mais estável e para manter o número de amostras manejável. A estrutura dos substratos favoreceu a colonização de uma ampla diversidade de invertebrados bentônicos, que podem ser quantificados de maneira rápida. Assim foi possível reutilizar os amostradores imediatamente, o que é uma grande vantagem sobre outros tipos de substratos artificiais que têm que ser analisados no laboratório. A comparação entre o sítio de referência (sem impacto) e sítios com graus de assoreamento diferentes mostrou que somente locais com baixo impacto apresentam uma correlação significativa entre a intensidade do impacto e a abundância dos invertebrados. Nos locais fortemente impactados, o efeito foi tão intenso que a curva da resposta do impacto não foi mais gradual, em vez disso a colonização caiu para um nível tão baixo que não se recuperou. Estes resultados chamam a atenção para a necessidade de uma estratégia de recuperação das micro bacias em toda a área do Pantanal.

Palavras-chave: macroinvertebrados; substrato artificial; rios; qualidade de água; impacto ambiental.

INTRODUÇÃO

Os macroinvertebrados bentônicos oferecem várias vantagens em relação aos demais organismos aquáticos de ambientes lóticos na avaliação de qualidade das águas por apresentarem as seguintes características: (a) muitas espécies quando expostas às alterações de variáveis abióticas físico-químicas na água, mudam seu comportamento relativo a sua densidade populacional; (b) o seu ciclo de vida relativamente mais longo, permite a determinação da qualidade das águas por períodos maiores de tempo; (c) suas mudanças de comportamento podem ser facilmente monitoradas "in situ" com gaiolas colocadas no próprio habitat, (d) são organismos macroscópicos de fácil visualização e de fácil criação em aquários; (e) o comportamento e a composição das comunidades dos macroinvertebrados não estão sujeito a outros tipos de alterações antrópicas decor-

rentes de capturas como a pesca (Rosenberg & Re-sh, 1982).

O sistema da bioindicação foi originalmente desenvolvido em ecossistemas de zonas temperadas (Kolkwitz & Marsson, 1909) para ser aplicado na avaliação da poluição orgânica da água por esgotos domésticos. Todavia, existem outros tipos de degradações comuns nos ambientes aquáticos como as decorrentes de assoreamentos, que também têm que ser considerados. Portanto, a aplicação deste sistema nos trópicos necessita de adaptações a tais características ambientais e para atender também a outros objetivos de avaliações propostos. Ainda faltam informações básicas referentes a muitos aspectos destas questões. Por exemplo, o conhecimento sobre a ecologia e a identificação das espécies de macroinvertebrados bentônicos são ainda limitados, principalmente no que diz respeito às formas imaturas de insetos. A distribuição dos organismos bentônicos

nos rios está estreitamente ligada às características físicas do habitat (e.g. Minshall, 1984), que se constituem em fatores condicionantes da estrutura e composição da comunidade bentônica, podendo interferir na interpretação dos resultados da avaliação de qualidade da água.

Substratos artificiais são simuladores de diferentes tipos de habitats utilizados para amostragem de invertebrados. Eles são colocados no ambiente e após um período de exposição são colonizados pelos organismos e depois podem ser coletados. A padronização do tipo de substrato possibilita a quantificação das amostras em qualquer tipo de habitat e a comparação entre eles. O uso de substratos artificiais têm como vantagens segundo Rosenberg & Resh (1982): (a) permitir amostragem em locais onde os substratos naturais não possibilitam a coleta dos organismos bentônicos, como por exemplo, em rochas; (b) reduzir erros amostrais decorrentes de variações de procedimentos, quando coletados por diferentes pessoas, possibilitando maior padronização das amostras; (c) serem de baixo custo, simples confecção, fácil instalação e recolhimento; (d) não agredirem o meio ambiente. Por outro lado existem desvantagens no uso dos substratos artificiais, quais sejam: (a) exigem um período de tempo para ocorrer a colonização e para que as populações atinjam o equilíbrio; (b) podem ser seletivos, dependendo do tipo e favorecer apenas um determinado grupo de animais; (c) estão sujeitos ao vandalismo ou extravio devido a adversidades naturais como enchentes.

Os efeitos primários do assoreamento sobre as comunidades dos macroinvertebrados bentônicos podem ser de dois tipos. Os efeitos diretos atuam diretamente sobre os animais, como os causados pelo aumento da turbidez, quando o excesso de partículas na água têm efeito abrasivo e também bloqueia estigmas e filtros dos mesmos. Os efeitos indiretos se referem àqueles que alteram a estrutura física do seu habitat (Ryan, 1991).

O objetivo do estudo foi de desenvolver e testar um tipo de substrato artificial que possibilita evidenciar os efeitos do assoreamento sobre a fauna bentônica a baixo custo e de fácil execução no campo.

ÁREA DE ESTUDO

Os córregos do Mato Grosso sofrem intensamente do impacto decorrente da erosão nas suas cabeceiras (Wantzen, 1998; 1999; 2003). As principais causas dessa erosão são: o desmatamento, as construções de estradas, o garimpo e a agricultura

não sustentável. Consequentemente muitos sulcos erosivos desenvolveram-se durante a fase da colonização do centro-oeste (Couto, 1990).

O Pantanal do Mato Grosso é uma das maiores áreas alagáveis do mundo. Atualmente, estes ecossistemas sofrem vários impactos ambientais (Da Silva *et al.* 2001; Nunes da Cunha *et al.* 2004). Apesar de ser uma área natural de deposição de sedimentos, o Pantanal sofre com a grande quantidade de sedimentos de origem antropogênica, que muda os leitos e a dinâmica fluvial dos tributários do Pantanal (Hamilton *et al.* 1998; Wantzen, 1999). Em decorrência disto, o monitoramento tem que ser realizado no local onde estes sedimentos fluviais estão sendo produzidos, ou seja, nas cabeceiras do planalto.

O trabalho foi realizado no córrego Formoso, que faz parte da bacia hidrográfica do rio São Lourenço, no município de Jaciara, Mato Grosso (15° 53'10"S, 55° 10'40" E). O rio São Lourenço é um dos maiores contribuintes do pantanal. O estudo abrangeu um ciclo anual, incluindo o período de chuva (novembro - abril) e o de seca (maio - outubro). Uma descrição detalhada da área de estudo foi feita por Wantzen (2003).

Os sítios de amostragem apresentaram diferentes graus de assoreamento. Na área da sua cabeceira, o córrego Formoso tem uma nascente assoreada (FOR1) e uma não assoreada (FOR2), que foi considerada como referência. Mais abaixo o córrego atravessa uma mata ciliar, onde recebe sedimento arenoso de várias voçorocas (FOR3). Cerca de 4 km a jusante da sua nascente o córrego torna-se totalmente assoreado e perde o seu leito (FOR5). Os valores obtidos dentro de uma determinada voçoroca (FOR4) não foram considerados aqui, devido à deposição de rejeitos orgânicos, que interferiam com a colonização durante o estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho, foi selecionado um substrato artificial, que possibilitasse uma colonização representativa do habitat e ao mesmo tempo uma amostragem quantitativa. Estes substratos artificiais foram projetados para serem usados em lugares variados e com diferentes tipos de impactos ambientais e por isso apresentam as seguintes características: material para sua confecção de fácil obtenção e acessível no país inteiro; fácil manufatura; baixo custo, reutilizável, não despertar a curiosidade de transeuntes, evitando danificá-lo e permitir uma coleta rápida.

Portanto, após a realização de um primeiro levantamento de micro habitats de córregos, foi desenvolvido um substrato artificial para ser usado neste trabalho que simulasse os substratos naturais dos ambientes aquáticos (Fig. 1). Este substrato artificial era composto de uma faixa de tela de nylon (N) de cor verde, malha 1mm, com tamanho de 10 x 100 cm. Esta faixa foi dobrada em camadas sobrepostas de 10 x 10 cm e foi fixada com arame na parte superior dos tijolos. Esta tela teve o propósito de imitar as raízes submersas de árvores da vegetação ciliar. Especialmente em córregos assoreados, estas raízes são os únicos substratos estáveis existentes.

Os tijolos com tamanho 21x10x4cm (T), eram sobrepostos, imitando substratos sólidos (pedra, rocha) e foram perfurados na região mediana e fixados numa estaca de aço. Para simular um sistema intersticial semelhante ao do cascalho, o tijolo superior foi sulcado com um pedaço de aço redondo antes de ser queimado na olaria, criando dois sulcos no eixo longitudinal e 4 sulcos no eixo transversal (Fig. 1). Os tijolos foram presos um ao outro com tiras de borrachas de câmaras de ar.

A estaca de aço com diâmetro de um cm e comprimento de mais de 1 m, possuía um anel do mesmo material, soldado a 40 cm da extremidade inferior, que era introduzida no sedimento. Após a exposição do aço, podem-se obter informações adicionais sobre a oxigenação dos sedimentos conforme a coloração do suporte, sendo que: preto (sulfeto de ferro) significa falta de oxigênio, roxo (ferrugem) significa presença de oxigênio. É importante que os amostradores ficassem bem fixos e firmes e assim estáveis à colonização.

Foram colocadas três réplicas de substratos artificiais em cada trecho dos cursos de água estudados. A estaca foi fixada no sedimento até o nível do anel, de modo que os tijolos ficassem instalados sobre a superfície do sedimento. Nas áreas com alta incidência de sedimento foliar, proveniente da mata ciliar, colocaram-se algumas estacas sem tijolos no rio a montante, nas proximidades dos amostradores, para evitar que os mesmos ficassem carregados de folhas. Quando o grau de assoreamento ou a profundidade não permitiram a utilização de estacas, os amostradores também foram colocados sobre o sedimento, presos por arame. As variáveis físicas e químicas da água foram medidas no campo (condutividade elétrica e temperatura, com um condutivímetro WTW LF 320, pH, com pH-metro WTW pH 320 e o oxigênio dissolvido com um oxímetro WTW Oxi 320. As coletas dos amostradores foram feitas mensalmente da seguinte maneira:

1. Sempre iniciando a retirada pelo amostrador que se encontrava mais a jusante no rio;
2. no momento da coleta colocou-se uma rede bentônica (malha = 200µm) abaixo do amostrador e voltada contra a correnteza para coletar os invertebrados, que entravam na deriva;
3. separou-se a tela de nylon (N) dos tijolos e caso houvesse folhas entre os mesmos, essas foram incorporadas à amostra;
4. com um frasco piceta contendo álcool, esguichava-se pequenas quantidades na rede de nylon para retirar os animais;
5. desdobrou-se a faixa de nylon (N), limpando-a com jatos fortes de álcool; a mesma foi colocada dentro de uma bacia de PVC contendo água e com o auxílio de uma escovinha, retirou-se a matéria orgânica e os pequenos animais cuidadosamente para que não fossem danificados;
6. o procedimento anterior também foi feito para a coleta dos tijolos (T);
7. filtraram-se as amostras de N e T separadamente numa peneira de 200 µm (caso se queira estudar os sedimentos, pode-se utilizar uma malha mais fina);
8. as amostras foram transferidas para sacos plásticos e adicionou-se álcool puro até atingir uma concentração final de ca. 70% e colocou-se um corante (Rosa de Bengala) para facilitar a triagem das amostras. Anotou-se a presença de areia sedimentada nos amostradores e que causou atrito nos tijolos;
9. após estes procedimentos, os substratos artificiais foram remontados no córrego para o próximo ciclo amostral.

Tratamento das amostras

No laboratório, as amostras foram triadas, separando primeiro a parte sobrenadante que contém a maioria dos animais da amostra para posterior identificação com o auxílio de lupas bifocais (aumento de 15x) e da literatura. A parte pesada (areia, matéria orgânica etc.) foi lavada 3 ou 4 vezes com água e depois o sobrenadante foi filtrado em uma peneira de 200 µm e adicionado à parte da amostra a ser triada. Os sedimentos residuais (areia e a matéria orgânica) foram quantificados através de medidas volumétricas, registrando o volume relativo do sedimento que preencheu o substrato artificial por completo (200 ml) Para reduzir a variância entre as datas de coleta, causada pela emergência dos insetos, foi feita uma padronização dos valores da abun-

dância dos invertebrados. Os valores do sítio de referência (FOR2) foram considerados como 100%, sendo os valores dos demais sítios avaliados em relação a esta referência. Para padronizar os valores do sedimento depositados nos substratos artificiais, trabalhamos também com a diferença entre os valores do sítio de referência e dos sítios impactados. As análises estatísticas foram feitas com o programa "Statistica" 6.0.

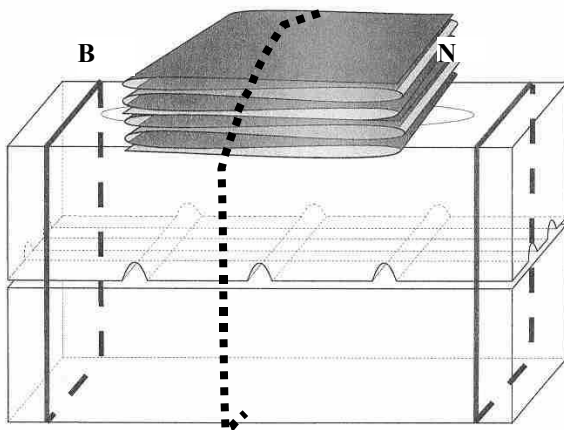


Figura 1 - Substrato artificial composto de 2 tijolos (T) e uma faixa de tela de nylon dobrada (N). Os tijolos foram presos um ao outro com tiras de borrachas de câmaras de ar (B). Um pedaço de arame (A) foi usado para prender a tela e o tijolo numa estaca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variáveis ambientais

Os córregos estudados apresentaram água com concentrações de íons extremamente baixas. A condutividade variou entre 1,5 e 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25°C), sendo determinada pela pobreza dos solos areníticos da região (Fig. 2). Estes valores de condutividade são inferiores ou iguais ao da água de chuva e permaneceram estáveis na seca durante longos períodos. Durante os períodos de chuva, quando ocorreu escoamento superficial, a condutividade aumentou até igualar-se ao da água de chuva.

Da mesma forma, a vazão sólida também aumentou durante o período de chuva (Wantzen, no prelo). As demais variáveis tais como pH e oxigênio dissolvido sofreram poucas alterações durante o levantamento, nem na dimensão temporal (Fig. 2) nem na dimensão espacial. O fato que as variações destas variáveis ficaram dentro das exigências ecológicas dos invertebrados aquáticos significa que o

fator mais importante para o estudo dos efeitos de manejo agrícola sobre cursos de água é a mudança nas condições hidrosedimentológicas.

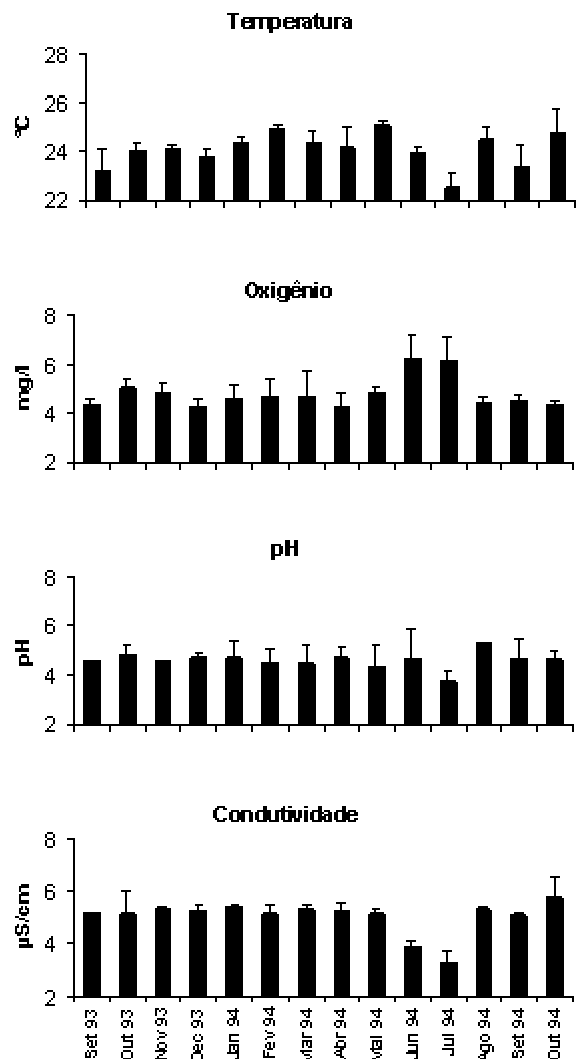


Figura 2 - Médias mensais e desvio padrão dos valores físicos e químicos do córrego Formoso (FOR 2 - referência) durante o período de setembro de 1993 a outubro de 1994 (n=3-5).

Colonização do substrato

A colonização dos substratos artificiais colocados no córrego estudado foi testada e analisada em diferentes períodos de exposição. Para isso foram realizadas coletas dos substratos artificiais, colocados em séries de três, após o término de cada semana até completar cinco semanas de exposição. A colonização na tela e no tijolo (em termos de abundância e riqueza de táxons) não diferiu entre

si. Em termos de abundância, o processo de colonização dos substratos artificiais, demonstrou um rápido aumento no início, depois um declive e posteriormente um novo aumento na terceira e na quarta semanas. A partir da quarta semana a colonização permaneceu relativamente estável e as variações no local de referência foram causadas principalmente pelos ciclos de emergência dos insetos. Os grupos taxonômicos apresentaram períodos de colonização diferentes (Fig. 3). Todos os insetos observados chegaram a valores elevados na primeira semana. A família Chironomidae atingiu o maior número de indivíduos durante a primeira semana, mas logo depois diminuiu. Posteriormente aumentou sua abundância novamente, atingindo após 28 dias de colonização, os mesmos valores da primeira semana. A ordem Trichoptera atingiu o maior número de indivíduos na primeira semana, devido à presença de larvas com casulo, que aproveitaram o substrato para empupar. Após a emergência dos adultos, os valores decaíram e posteriormente aumentaram de novo.

Abundância e assoreamento

Como pode ser observado nas figuras 04, 05 e 06; a abundância dos macroinvertebrados refletiu o grau de assoreamento nas estações estudadas. No córrego Formoso somente a fonte não assoreada (sítio FOR2) atingiu mais que 100 indivíduos, correspondente a ca. 700 ind/m². Nesta estação, foi observado um aumento da abundância durante o período chuvoso (outubro a novembro de 1993 e setembro e outubro de 1994). As demais estações não mostraram esta periodicidade. Elas mantiveram níveis muito baixos com médias entre 25 e 50 indivíduos por amostrador. No sítio FOR1 houve influência das melhorias adotadas pelo proprietário (desvio do escoamento superficial que entrava na cabeceira) resultando numa recuperação imediata na colonização dos invertebrados. A análise taxonômica em nível de ordem/família revelou um total de 14 táxons, com 6 táxons em cada uma das nascentes (em ambos tipos de substrato), enquanto no trecho intermediário do córrego (FOR3), onde o leito está profundamente encaixado e recebe muita areia das voçorocas, foram encontrados apenas 3 táxons diferentes. Na área onde o seu leito é alargado (FOR 5) aumentou a riqueza a 8 táxons, porém a abundância de indivíduos foi baixa.

Um teste T para amostras dependentes mostrou que todos os sítios foram significativamente diferentes do sítio de referência (FOR2), tanto no que se refere à colonização, quanto ao assoreamento

($p < 0.05$). A relação entre os valores padronizados da colonização e do assoreamento mostrou uma regressão negativa significativa na nascente FOR1 ($r = -0.77$, $p < 0.014$, Fig. 6) Os sítios FOR 3 e FOR 5 mostraram uma colonização permanentemente baixa e um grau de assoreamento permanentemente alto. Porisso, esta relação não foi significativa nestes pontos.

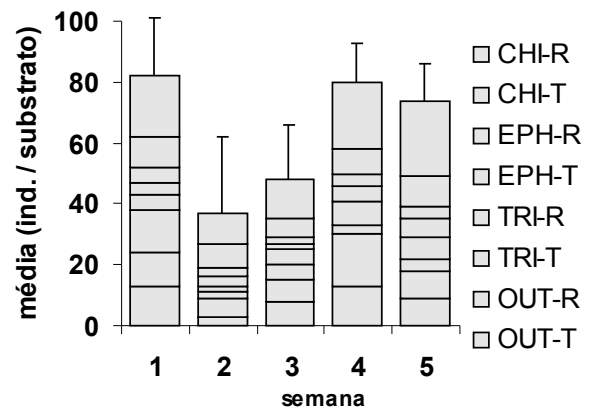


Figura 3 - Médias semanais e desvio padrão da abundância de diferentes táxons de macroinvertebrados bentônicos nos substratos artificiais (N e T) no córrego Formoso durante o período de agosto a setembro de 1993 (n=3). CHI = Chironomidae, TRI = Trichoptera, EPH = Ephemeroptera, COP = Copepoda, OUT = outros táxons (Diptera não-chironomidae, Plecoptera, Coleoptera, Neuroptera, Odonata).

Mudanças na composição da comunidade bentônica

A diversidade geralmente diminuiu com o aumento do assoreamento. Todos os táxons reduziram a sua abundância nos locais mais assoreados, sendo os Plecoptera (gênero *Anacronetia*) e Megaloptera os mais sensíveis ao impacto. Supõe-se que as adversidades relativas ao habitat físico e a disponibilidade de alimento tenham causado este declive. O único grupo que foi favorecido com o assoreamento foram os animais da infauna, que vivem na areia, também os que vivem sobre a água no plêuston e os semi-aquáticos que vivem nas margens do curso de água. Nas áreas de águas rasas, foram encontradas algumas espécies da família Gomphidae (Odonata: Anisoptera), sobre a superfície da água foram observados grandes números de grilos (Orthoptera: Gryllotalpidae) e na areia úmida das margens os hemípteros (Heteroptera: Gelastocoridae).

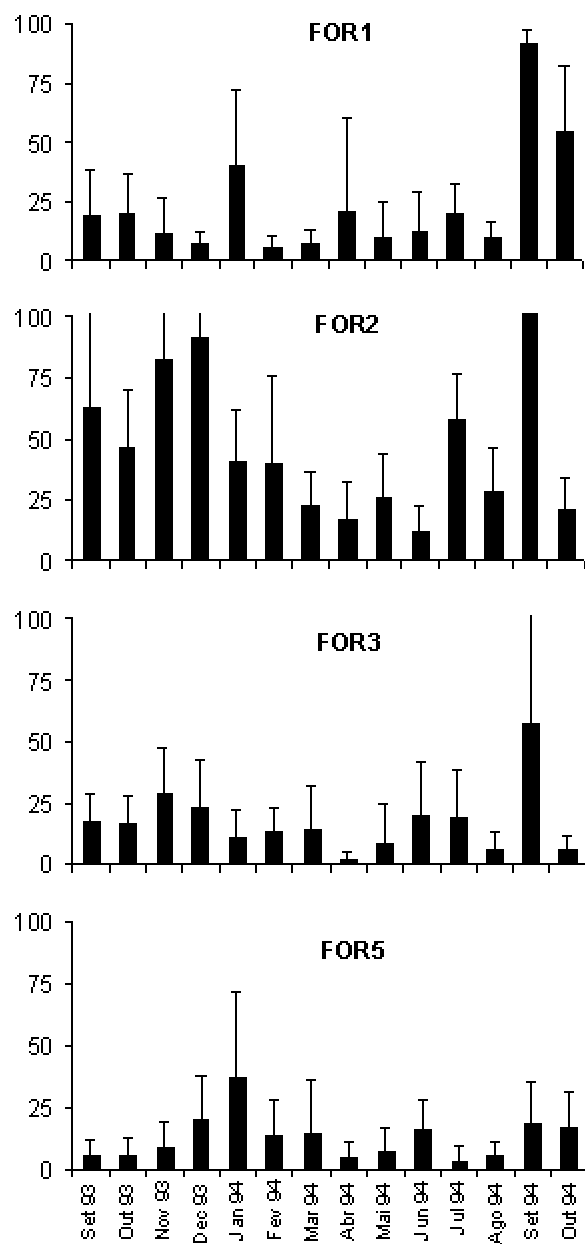


Figura 4 - Médias mensais e desvio padrão da abundância dos invertebrados bentônicos em substratos artificiais no córrego Formoso durante o período de setembro de 1993 a outubro de 1994 (n=3).

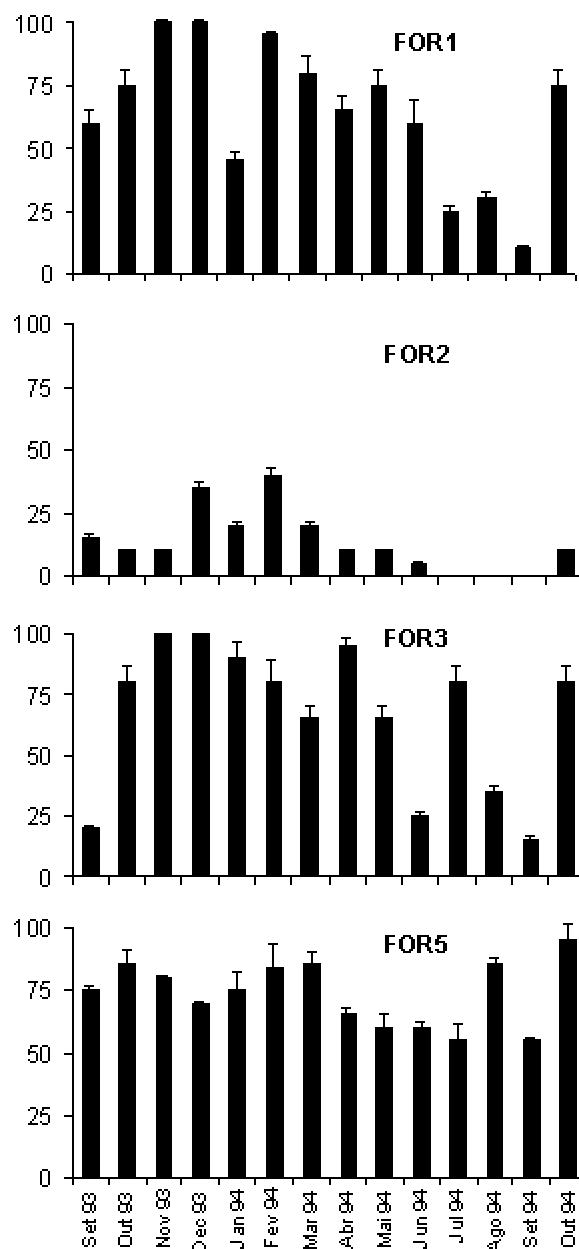


Figura 5 - Médias mensais e desvio padrão do teor de areia nos substratos artificiais (em porcentagem relativa ao recheio) máximo) no córrego Formoso durante o período de setembro de 1993 a outubro de 1994 (n=3).

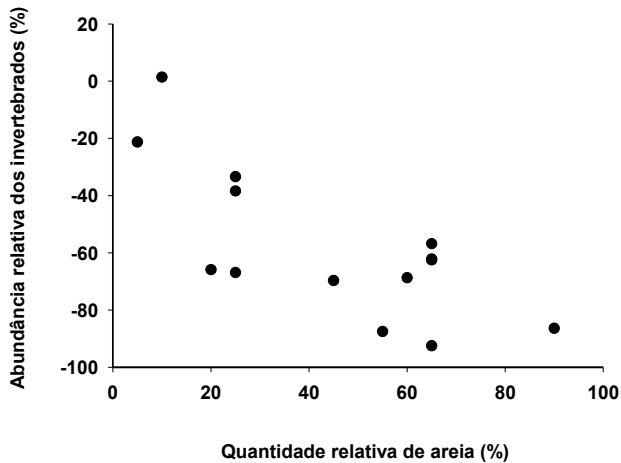


Figura 6 - Relação entre quantidade de areia e abundância de invertebrados nos substratos artificiais no sítio FOR1

Considerações gerais sobre substratos artificiais

Diferentes tipos de substrato artificial favorecem diferentes espécies, cujas exigências relativas aos fatores físicos do habitat, coincidem com as oferecidas pelo mesmo. Mackay (1992) na sua revisão sobre quais fatores influenciam no processo de colonização dos macroinvertebrados bentônicos em qualquer tipo de substrato menciona a importância da capacidade de mobilidade da espécie, a textura superficial do substrato, a disponibilidade de alimento aderido à superfície, além da competição e predação. Levando-se isto em consideração, os amostradores devem ficar instalados num lugar onde os animais bentônicos tenham melhor acesso. Um amostrador colocado no meio da coluna d'água vai dar preferência às espécies que estão à deriva. Clifford et al. (1989) estudaram a textura da superfície dos substratos e provaram que a rugosidade e a cor podem influenciar na colonização. Em geral, os substratos rugosos atraíram mais os animais do que os lisos, e substratos escuros foram mais densamente colonizados do que os claros.

Neste estudo, observou-se que nas estações localizadas nas nascentes assoreadas dos córregos, ocorreram nos substratos artificiais mais animais do que os encontrados nos substratos naturais. Este fenômeno deve-se ao fato deles serem os únicos substratos sólidos disponíveis para fixação neste trecho do córrego ou ao fato que os substratos funcionarem como coletores de material alimentar, tais como folhas e matéria orgânica particulada que favorecem a sua colonização. Este mecanismo proporcionado pelos substratos artificiais, que possibilita

o estabelecimento da comunidade de macroinvertebrados, pode ser útil quando a densidade deles nos substratos naturais não se encontra em números suficientes para um tratamento estatístico.

CONCLUSÕES

1. Substratos artificiais constituem-se em uma ferramenta para a coleta de macroinvertebrados bentônicos para fins de avaliação de qualidade das águas, pois permitem um levantamento quantitativo, são de baixo custo, de fácil coleta e fornecem amostras representativas da comunidade bentônica nos lugares onde métodos clássicos de coleta falham.
2. Um período de 4 semanas mostrou ser suficiente para que as populações se estabeleçam nos substratos artificiais.
3. As comparações de táxons em nível superior (família e ordem) indicam que locais altamente assoreados, permitem a sobrevivência de um número limitado de determinados táxons, quando comparados aos táxons encontrados no local de referência.
4. A abundância dos invertebrados no córrego estudado estava negativamente relacionada com o grau de assoreamento.

Substratos artificiais diminuem a variação dos fatores físicos relacionados ao substrato (características abióticas do habitat), que têm uma alta influência sobre a colonização. Por isso os animais sempre têm as mesmas condições de colonização nos substratos artificiais. Este fato cria condições para que o tratamento estatístico dos dados, com respeito à variável "qualidade de água", excluindo a variável "qualidade física do habitat", seja padronizado e passível de comparação. Em vista disto os estudos de qualidade da água deveriam incluir o uso de substratos artificiais paralelamente a uma avaliação de qualidade do habitat, que determinem o grau de degradação do substrato através de um "check-list", semelhante à ficha utilizada para o índice de integridade biológica segundo e.g. Karr et. al (1986) e Wantzen et al (no prelo). A alteração das estruturas físicas do habitat tornou-se um dos maiores problemas para a conservação das funções dos sistemas hídricos lóticos em todo o mundo, o que chama a atenção para a necessidade da tomada de medidas voltadas a recuperação especialmente das pequenas bacias. A conservação dos tributários do

Pantanal deveria iniciar das suas nascentes localizadas no planalto. O substrato artificial aqui proposto pode ser uma ótima ferramenta para monitorar e controlar o resultado destas medidas.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é dedicado à memória do professor Dr. Vangil Pinto Silva que contribuiu muito para a limnologia do centro-oeste, especificamente no que se refere à avaliação ecológica dos impactos ambientais e na cooperação internacional da pesquisa. Agradecemos o apoio do Projeto Ecologia do Pantanal, cooperação entre a Universidade Federal do Mato Grosso em Cuiabá e o Max-Planck-Institut für Limnologie em Plön, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Ministério Alemão de Pesquisa (BMBF). Agradecemos especiais para MSc. Marília Vilela Junqueira, CETEC/Belo Horizonte, a Dra. Cátia Nunes da Cunha, UFMT e aos referees por valiosos comentários sobre o manuscrito.

REFERÊNCIAS

- CLIFFORD, H. F., GOTCEITAS, V. & CASEY, R. J. (1989): Roughness and color of artificial substratum particles as possible factors in colonization of stream invertebrates. - *Hydrobiologia* 175: 89-95
- COUTO E.G. (1990) O uso da terra e o garimpo na bacia do rio São Lourenço, Mato Grosso: reflexos no ambiente. FEMA, UFMT und CCA, Mato Grosso. 206pp
- DA SILVA, C. J. WANTZEN, K.M., NUNES DA CUNHA, C. & MACHADO, F. A., 2001: Biodiversity in the Pantanal Wetland, Brazil. Pages 187 - 217 in: Junk, W. J. GOPAL, B. & DAVIS, J. A. (eds): Biodiversity in Wetlands: assessment, function and conservation- Vol. 2. Backhuys publishers, Leiden
- HAMILTON, S.K., CORRÊA DE SOUZA, O., AND COUTINHO, M.E. 1998. Dynamics of floodplain inundation in the alluvial fan of the Taquari River (Pantanal, Brazil). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 916-922
- KARR, J. R., FAUSCH, J. D., ANGERMEIER, P. L., YANT, P. R. & SCHLOSSER, I. L. (1986): Assessing Biological Integrity in Running Waters: a Method and Its Rationale. - Illinois Natural History Survey Special Publication 5, Champaign, IL, USA
- KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1909): Ökologie der tierischen Saprobien. - *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 2: 126-152
- MACKAY, R. J. (1992): Colonization by lotic macroinvertebrates: A Review of Processes and Patterns. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 617-628
- MINSHALL, G. W. (1984): Aquatic insect-substratum relationships. In: Resh V.H., Rosenberg D.M. (eds) *The Ecology of Aquatic Insects* Praeger Scientific, New York, pp 358-700
- NUNES DA CUNHA, C., WANTZEN, K.M. & JUNK, W. J. (2004): The Pantanal Ecology Project: Challenges and progress of a Brazilian-German scientific collaboration. Pp. 65 - 77 in: D. J. TAZIK, A. A. R. IORIS & S. R. COLLINSWORTH (eds). *The Pantanal: Scientific and Institutional Challenges in Management of a Large and Complex Ecosystem*. US Army Engineer Research and Development Center Technical Report ERDC SR-04-1, URL: <http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/sr04-1.pdf>
- ROSENBERG, D.M. & RESH, V. H. (1982): The use of artificial substrates in the study of freshwater benthic macroinvertebrates. - in: Cairns, J. jr (ed.): *Artificial Substrates*. - *Ann Arbor Publ.*: 175 - 235
- RYAN, P. A. (1991): Environmental Effects of Sediment on New Zealand Streams: A Review. - *New Zealand J. Mar. Freshwat. Res.* 25: 207-221
- WANTZEN KM (1998) Effects of siltation on benthic communities in clear water streams in Mato Grosso, Brazil. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 26:1155-1159
- WANTZEN KM (1999) Effects of suspended sediments on aquatic organisms in streams in the Upper Rio Paraguay Basin. Lieberei, R., Voss, K., and Bianchi, H. *Proceedings of the 3rd SHIFT-Workshop in Manaus 1998*. pp. 519-528. Hamburg, BMBF.
- WANTZEN, K. M. (2003) Cerrado Streams - characteristics of a threatened freshwater ecosystem type on the tertiary shields of South America. *Amazoniana* 17(3/4): 485-502.
- WANTZEN, K. M. (no prelo) Physical pollution: Effects of gully erosion in a tropical clear-water stream. *Aquatic Conservation*
- WANTZEN, K. M., SÁ, M. F. P., SIQUEIRA, A. & NUNES DA CUNHA, C. (no prelo): Conservation scheme for forest-stream-ecosystems of the Brazilian Cerrado and similar biomes in the seasonal tropics. *Aquatic Conservation*

Use of Artificial Substrates as a Tool to Assess Siltation Impacts on Benthic Invertebrates in Headwater Streams of Pantanal Wetland Tributaries in Mato Grosso, Brazil

ABSTRACT

Siltation is a serious problem for the ecological integrity of streams in deforested landscapes, which suffer from erosion impacts. In spite of a good chemical quality of the water, physical pollution by suspended particles may reduce the survival conditions for benthic organisms. A simple cheap method is used to analyze the impacts, using commercial bricks and nylon gauze as artificial substrates that are exposed in the streams. Colonization occurred within one week, however we chose a monthly sampling interval to assure stabilization in the abundance patterns of the invertebrates and to keep the amount of sample man-

ageable. The structure of the substrates favors colonization by a large diversity of benthic invertebrates, which can be quickly and quantitatively sampled in the field, so that the substrates can be immediately re-used. This is advantageous compared with other artificial substrates that have to be analyzed in the laboratory. The comparison between non-impacted reference sites and sites with a variable degree of siltation shows that a significant correlation existed between impact strength and abundance of the invertebrates only in low impact areas. In strongly impacted sites, the effects on benthos were so intense that the impact-response-curve was not gradual - instead the colonization by invertebrates dropped to a low level from which it did not recover. These results call attention to the need for a strategy to recover small stream catchments throughout the Cerrado Biome.

Key-words: macroinvertebrates; artificial substrates; river; water quality; environmental impact