

A diversidade de macroinvertebrados de pequenas ribeiras mediterrânicas do Sudoeste de Portugal

Carla Mirra¹, Maria João Correia¹, Pedro M. Félix¹, Maria Luísa Chaves¹, Paula Chainho¹, José Lino Costa^{1,2}, Luís Cancela da Fonseca^{3,4, i}

¹ Centro de Oceanografia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

² Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

³ CTA – Centro de Ciências e Tecnologias da Água, Universidade do Algarve, Portugal.

⁴ Laboratório Marítimo da Guia/Centro de Oceanografia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Cascais, Portugal.

ⁱ calfernandes@fc.ul.pt

Resumo

Este estudo teve como principais objectivos determinar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentónicos que ocorrem nas ribeiras das bacias hidrográficas de Santo André e de Melides e identificar a sua relação com as diferentes condições ambientais. Estas são bacias hidrográficas de pequenas dimensões, com clima mediterrânico, em que grande parte dos seus cursos de água têm um carácter temporário. Estas bacias dependem de afloramentos de água subterrânea proveniente do aquífero de Sines.

As amostragens foram efectuadas em 14 locais das duas bacias hidrográficas e em duas épocas do ano, recorrendo à técnica de *kick sampling*. Verificou-se que as comunidades de invertebrados são dominadas por insectos, anfípodes e gastrópodes. Entre os insectos, e como descrito para outras ribeiras do Sul de Portugal, a ordem Diptera foi a que apresentou maiores densidades, seguida da ordem Ephemeroptera. O estudo permitiu ainda determinar que a granulometria do sedimento, o regime de caudal (lêntico ou lótico), a concentração de oxigénio dissolvido e a concentração em matéria orgânica nos sedimentos são os principais factores estruturantes destas comunidades. Alterações nestas variáveis poderão afectar a densidade de organismos que compõem as comunidades, assim como a sua riqueza taxonómica. Por esse motivo, a correcta gestão da exploração das águas subterrâneas das quais estes ecossistemas dependem é determinante para a preservação da sua biodiversidade.

Palavras-chave: ecossistemas dependentes de águas subterrâneas, caudais, pequenas bacias hidrográficas, Melides, Santo André

Abstract

This study aims to ascertain the structure of benthic macroinvertebrate communities of Santo André and Melides River Basins and understand how these communities are affected by different environmental variables. These are small river basins with a Mediterranean climate. The majority of the watercourses of these basins is temporary and dependent on groundwater inflow from Sines' aquifer.

For this study, the communities of 14 sites were sampled twice during the year. Insects are predominant in these locations, followed by amphipods and gastropods. As described for other streams of South Portugal, among the insects the order Diptera was the most abundant, followed by Ephemeroptera. This study showed that grain-size, environment (lentic or lotic), dissolved oxygen and organic matter are the major features structuring these communities. Changes in these variables may affect the density and richness of these communities, suggesting also that a sustainable exploitation policy for the aquifer is crucial to preserve the benthic communities of these water basins.

Keywords: groundwater dependent ecosystems, flow, small river basins, Melides, Santo André

Introdução

A ecologia de ribeiras e, em particular, as comunidades de macroinvertebrados bentônicos são maioritariamente influenciadas pela qualidade e heterogeneidade do substrato (Beisel *et al.*, 2000), pelo pH, pela concentração de nutrientes e de oxigénio, pela matéria orgânica (Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega, 1988), pela hidrologia (Bonada *et al.*, 2006) e pela geomorfologia (Feio *et al.*, 2005). As interacções entre estes múltiplos factores determinam os gradientes espaciais estabelecidos para os ecossistemas de água doce. No entanto, pressões antrópicas podem alterar estes padrões, ao afectar as características hidrológicas e físico-químicas das ribeiras.

Os macroinvertebrados bentônicos são das comunidades mais estudadas em águas correntes devido às suas qualidades como bioindicadores (Rada e Puljas, 2008). A estrutura destas comunidades responde a alterações químicas e físicas, sejam tais alterações naturais ou provocadas pelo Homem e, uma vez que estes macroinvertebrados ocupam uma posição intermédia na teia alimentar, têm efeitos nos processos do ecossistema (Covich *et al.*, 1999; Roy *et al.*, 2003).

As ribeiras do tipo mediterrânico são física, química e biologicamente afectadas por eventos sazonais, sequenciais e previsíveis de cheia e seca ao longo de um ciclo anual (Gasith e Resh, 1999). Este ciclo anual leva a um caudal abundante durante o Inverno e extremamente baixo durante o Verão, que em último caso pode provocar a seca completa da ribeira (Boix *et al.*, 2010). A variabilidade do caudal é maior em pequenas bacias hidrográficas, tais como as de Santo André e Melides, pois ribeiras de extensão reduzida respondem rapidamente às chuvas (Spruill *et al.*, 2000). Esta elevada variabilidade implica a reorganização das comunidades, devido ao facto de o próprio habitat ter sido modificado, primeiro pela perda de rápidos e depois pela perda de charcos (Bonada, 2003), conduzindo à redução do número de *taxa* (Graça *et al.*, 2004). Ao longo dos últimos anos, o conhecimento sobre a biodiversidade de macroinvertebrados deste tipo de ribeiras tem vindo a aumentar (Bonada *et al.*, 2000; Vivas *et al.*, 2003). Em Portugal,

através do estudo de ribeiras mediterrânicas localizadas a Sul, chegou-se à conclusão que a riqueza taxonómica das comunidades de macroinvertebrados bentônicos aqui presente é inferior à das comunidades de ribeiras do Norte e Centro do país (Graça *et al.*, 2004).

No Sudoeste de Portugal têm sido desenvolvidos poucos estudos sobre a biodiversidade associada às ribeiras do tipo mediterrânico, com uma consequente falta de conhecimento sobre as suas comunidades, de como estas respondem às variáveis ambientais e se tais respostas são semelhantes às encontradas noutras ribeiras deste tipo. Nestas bacias particulares, que têm afloramentos de água subterrânea proveniente do aquífero de Sines, torna-se também importante conhecer as suas comunidades e verificar se estas se estruturam de forma diferente. Este trabalho tem como principais objectivos conhecer as comunidades de macroinvertebrados bentônicos que ocorrem nas bacias hidrográficas de Santo André e de Melides, compreender de que forma elas são condicionadas por diferentes variáveis ambientais.

Materiais e métodos

Áreas de estudo

Este estudo teve lugar em duas bacias hidrográficas de pequenas dimensões do Sudoeste de Portugal: Santo André e Melides. As ribeiras nelas incluídas são classificadas, no âmbito da Directiva Quadro da Água (DQA), como Ribeiras do Sul de Pequena Dimensão (S1; ≤ 100) (Feio e Pinto, 2009). Foram amostradas 14 estações, 7 em cada bacia hidrográfica (Figura 1).

Amostragem

A amostragem ocorreu durante a Primavera (Maio de 2011), de acordo com o recomendado pelo Instituto da Água (INAG, 2008) e no final do Verão (Setembro de 2011), permitindo avaliar os efeitos da ausência/redução da escorrência continental. Os macroinvertebrados foram recolhidos utilizando a técnica de *kick sampling*, através da realização de arrastos de 60 segundos cada, com uma rede triangular de 30x30cm com malha de 500µm, com a

recolha de três replicados em cada local de amostragem. A abertura da rede foi direccionada para montante, para assegurar que os organismos desalojados se deslocariam para o seu interior. Em cada local de amostragem foram identificados os habitats mais representativos e feita uma amostragem multi-habitat (Barbour *et al.*, 1999). As amostras foram fixadas com etanol a 70% e posteriormente lavadas em laboratório num crivo com malha de 500 μ m. Cada amostra foi triada à lupa, separando-se os organismos presentes, os quais foram posteriormente contados e identificados ao nível taxonómico mais baixo possível, frequentemente a família, com recurso a Tachet *et al.* (2000).

Determinou-se a profundidade (m) e a velocidade da corrente (m/s) e obtiveram-

se os valores da temperatura da água ($^{\circ}$ C), da condutividade (mS/cm), do oxigénio dissolvido (mg/L) e dos sólidos dissolvidos totais (mg/L). Foram ainda determinadas concentrações de nitratos (mg/L), nitritos (mg/L), fósforo (mg/L), amónia (mg/L) e clorofila *a* (μ g/L) para cada ponto de amostragem. A percentagem de matéria orgânica no sedimento foi obtida após a secagem das amostras em estufa a 60 $^{\circ}$ C durante 24 horas, seguida de queima em mufla (480 $^{\circ}$ C durante pelo menos 12 horas) (Pereira *et al.*, 1997). A granulometria do sedimento foi determinada, após secagem das amostras em estufa a 60 $^{\circ}$ C durante 24 horas, por crivagem em bateria de peneiros com 2.00 mm, 0.50 mm, 0.25 mm e 0.063 mm de malha, e representada em unidades *phi* (Φ) (Blott & Pye, 2001).

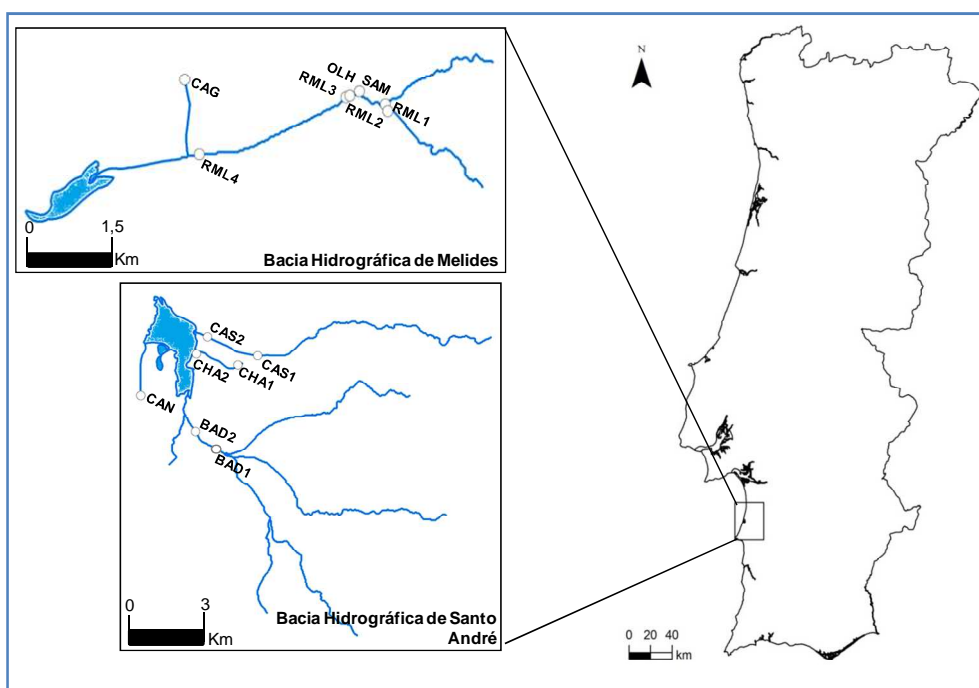


Figura 1. Estações de amostragem seleccionadas nas bacias hidrográficas de Melides e de Santo André, Sudoeste de Portugal. Estações de Melides: Cabo d'Água (CAG), Fonte dos Olhos (OLH), ribeira de Melides (RML1, RML2, RML3 e RML4) e ribeira do Samoucal (SAM). Estações de Santo André: ribeiras da Badoca (BAD1 e BAD2), Cascalheira (CAS1 e CAS2), Serradinha (CHA1 e CHA2) e Poço dos Caniços (CAN).

Amostragem

A amostragem ocorreu durante a Primavera (Maio de 2011), de acordo com o recomendado pelo Instituto da Água (INAG, 2008) e no final do Verão (Setembro de 2011), permitindo avaliar os efeitos da ausência/redução da escorrência continental. Os macroinvertebrados foram recolhidos

utilizando a técnica de *kick sampling*, através da realização de arrastos de 60 segundos cada, com uma rede triangular de 30x30cm com malha de 500 μ m, com a recolha de três replicados em cada local de amostragem. A abertura da rede foi direccionada para montante, para assegurar que os organismos desalojados se deslocariam para o seu interior. Em cada local de amostragem foram

identificados os habitats mais representativos e feita uma amostragem multi-habitat (Barbour *et al.*, 1999). As amostras foram fixadas com etanol a 70% e posteriormente lavadas em laboratório num crivo com malha de 500 μ m. Cada amostra foi triada à lupa, separando-se os organismos presentes, os quais foram posteriormente contados e identificados ao nível taxonómico mais baixo possível, frequentemente a família, com recurso a Tachet *et al.* (2000).

Determinou-se a profundidade (m) e a velocidade da corrente (m/s) e obtiveram-se os valores da temperatura da água (°C), da condutividade (mS/cm), do oxigénio dissolvido (mg/L) e dos sólidos dissolvidos totais (mg/L). Foram ainda determinadas concentrações de nitratos (mg/L), nitritos (mg/L), fósforo (mg/L), amónia (mg/L) e clorofila *a* (μ g/L) para cada ponto de amostragem. A percentagem de matéria orgânica no sedimento foi obtida após a secagem das amostras em estufa a 60°C durante 24 horas, seguida de queima em mufla (480°C durante pelo menos 12 horas) (Pereira *et al.*, 1997). A granulometria do sedimento foi determinada, após secagem das amostras em estufa a 60°C durante 24 horas, por crivagem em bateria de peneiros com 2.00 mm, 0.50 mm, 0.25 mm e 0.063 mm de malha, e representada em unidades *phi* (Φ) (Blott & Pye, 2001).

Análise de dados

Para identificar os padrões espaciais e temporais da estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentónicos foi efectuada uma Análise de Coordenadas Principais (PCO) incluída no *Add-on* PERMANOVA do software PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006) sobre uma matriz de presença/ausência dos dados de abundância das comunidades de macroinvertebrados, usando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Para compreender quais as variáveis ambientais que condicionam as comunidades de macroinvertebrados bentónicos, calcularam-se as correlações de Spearman com os eixos da PCO. Estas correlações foram representadas como vectores, assim como as correlações com os valores de diversidade Shannon-Wiener (H') e de Equitabilidade de Pielou (J') de cada local de amostragem.

Com o intuito de averiguar as diferenças espaciais, temporais e de regime de caudal sobre as comunidades de

macroinvertebrados bentónicos recorreu-se à análise de variância permutacional multivariável (PERMANOVA) (Anderson, 2001), com três factores fixos e ortogonais: Bacia (com dois níveis: Melides e Santo André), Época (com dois níveis: Maio e Setembro) e Regime (com dois níveis: Léntico e Lótico). Os dados de abundância sofreram uma transformação [$y=\log(x+1)$], e como medida de semelhança foi aplicada a similaridade de Bray-Curtis.

Uma análise de similaridades (SIMPER) foi aplicada por forma a identificar *taxa* responsáveis pela dissimilaridade entre cada factor.

Resultados

No âmbito deste estudo, recolheu-se um total de 124603 indivíduos, com uma densidade que variou entre 109 e 11174 ind/60" na bacia de Santo André e entre 462 e 10763 ind/60" na bacia de Melides. Foram identificados 125 *taxa* distribuídos por 11 grandes grupos (Mollusca: Bivalvia e Gastropoda; Annelida: Oligochaeta; Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera-Heteroptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera; Arthropoda: Crustacea - Amphipoda,) (Figura 2, Anexo 1). Desse total de *taxa*, 68 estavam presentes na bacia hidrográfica de Santo André e 112 na bacia hidrográfica de Melides. A classe Insecta foi a predominante em ambas as bacias. A ordem Diptera foi a mais representativa, devido à abundante presença de Chironomidae em todas as estações de amostragem, seguida das ordens Ephemeroptera e Amphipoda. A classe Gastropoda apesar de bem representada nas estações de Melides, maioritariamente pela espécie *Potamopyrgus antipodarum* (J.E. Gray, 1843), tem uma densidade muito reduzida nas estações de Santo André.

Os dois primeiros eixos da análise PCO da matriz de presença/ausência de *taxa* explicaram 39% da variância total (Figura 3). As correlações das variáveis ambientais com o primeiro eixo da PCO indicam que a matéria orgânica no sedimento ($R=0,59$), a granulometria do sedimento ($R=0,46$) e o oxigénio dissolvido ($R=-0,45$) são as variáveis que mais condicionam as comunidades de macroinvertebrados bentónicos nestas ribeiras. O primeiro eixo da PCO indica que maiores concentrações de oxigénio dissolvido, maior velocidade da corrente e sedimentos mais grosseiros estão

associados a estações da bacia de Melides, enquanto maiores concentrações de matéria orgânica e de nutrientes, assim como sedimentos mais finos estão associados à bacia de Santo André. Através da análise do segundo eixo da PCO, verifica-se que este diferencia os

locais através da presença de sedimentos mais finos, maior concentração de P, NO₃, e clorofila *a* e maior condutividade. Os valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e de Equitabilidade de Pielou estão mais relacionados com as estações de Melides.

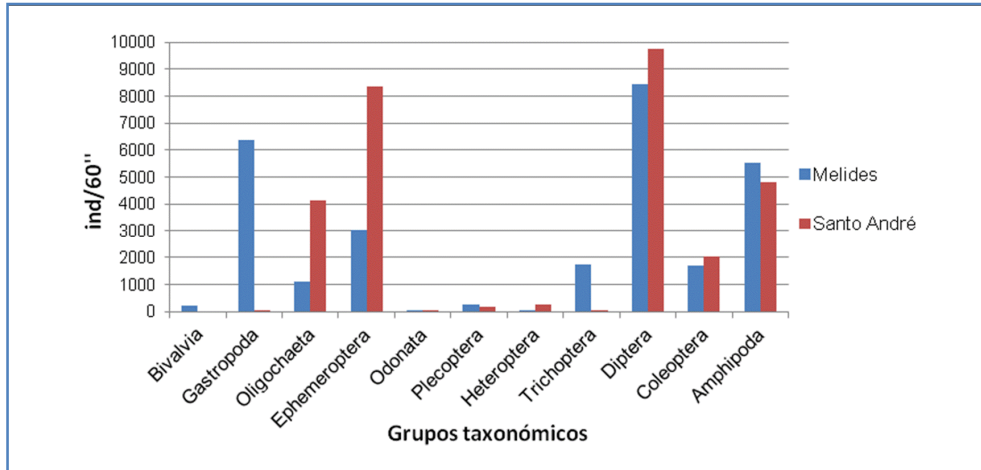


Figura 2. Número total de macroinvertebrados (ind/60'') identificados em grandes grupos taxonómicos, das bacias hidrográficas de Santo André e de Melides.

A análise PERMANOVA corrobora a separação entre as duas bacias hidrográficas indicada pela análise PCO, mostrando diferenças significativas entre a estrutura das comunidades de Melides e Santo André ($p=0,001$; Tabela 1).

Verifica-se também que a estrutura das comunidades difere segundo a Época ($p=0,03$) e o Regime ($p=0,005$). Não se verificaram interações significativas entre os factores em estudo.

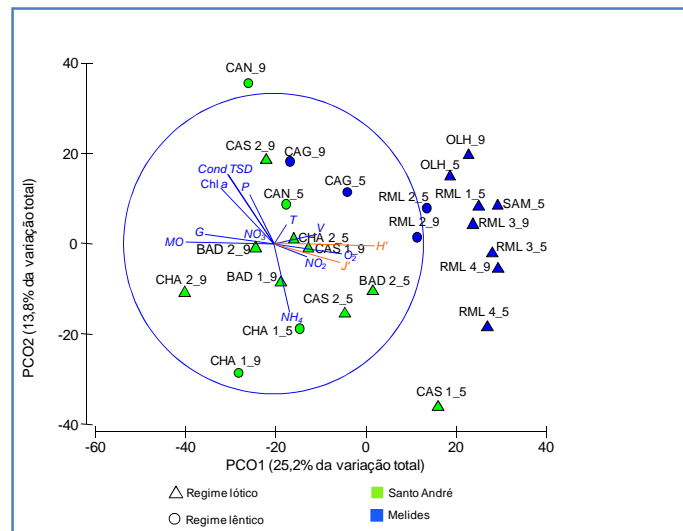


Figura 3. Diagrama de Análise de Coordenadas Principais (PCO) sobre uma matriz de presença/ausência de taxa de macroinvertebrados bentónicos e sua relação com as variáveis ambientais (a azul) e com os valores de diversidade e equitabilidade (a vermelho). Os parâmetros físico-químicos estão abreviados da seguinte forma: nitratos (NO₃), nitritos (NO₂), granulometria (G), clorofila *a* (Chl *a*), total de sólidos dissolvidos (TSD), matéria orgânica (MO), fósforo (P), temperatura (T), amónia (NH₄), oxigénio dissolvido (O₂), velocidade (V) e condutividade (Cond). Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e de equitabilidade de Pielou (J'). Meses de amostragem: Maio (estação de amostragem seguida do número 5, e.g.: CHA 1_5), Setembro (estação de amostragem seguida do número 9, e.g.: CHA 1_9).

Os resultados da análise SIMPER indicaram que, apesar de a semelhança média dentro de cada bacia ser baixa (38% para Santo André e 42% para Melides), a dissemelhança média entre as duas bacias é elevada (68%). Os maiores contributos para essa dissemelhança estão associados aos taxa Gammaridae (5%), *P. antipodarum* (5%), Caenidae (4%), Baetidae (4%), Elmidae (4%) e Ostracoda (3%), todos eles mais abundantes na bacia hidrográfica de Melides, enquanto o taxa Oligochaeta contribuiu em 3% para a dissemelhança entre bacias, sendo mais

abundante em Santo André. A dissemelhança entre épocas de amostragem (66%) deveu-se sobretudo à maior abundância de Gammaridae (5%) e *P. antipodarum* (3%) em Setembro e de Baetidae (5%), Simuliidae (4%), Oligochaeta (4%) e Ostracoda (3%) em Maio. Já a dissemelhança entre os locais com regime lêntico e lótico (66%) deveu-se maioritariamente à elevada abundância de Gammaridae (6%) e Baetidae (4%) em ambientes lóticos e de Ostracoda (4%), Oligochaeta (4%) e Chironomidae (4%) em locais lênticos.

Tabela 1. Resultados da Permanova a três factores: época de amostragem (Maio/Setembro), bacia hidrográfica (Melides/Santo André) e regime de caudal (lêntico/lótico). Análise com base na similaridade de Bray Curtis dos dados de presença/ausência de macroinvertebrados bentónicos, transformados com $\log(x+1)$.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	p	"Unique perms"
Bacia	1	5671,7	5671,7	3,3802	0,001	997
Época	1	3124	3124	1,8618	0,03	999
Regime	1	4061,5	4061,5	2,4205	0,005	996
Bacia x Época	1	1780,7	1780,7	1,0613	0,402	998
Bacia x Regime	1	2305,6	2305,6	1,3741	0,152	999
Época x Regime	1	1465,5	1465,5	0,87338	0,59	999
Bacia x Época x Regime	1	882,14	882,14	0,52574	0,935	998
Residual	17	28525	1677,9			
Total	24	50643				

Não significativo: $p > 0.05$; significativo: $0.05 \geq p > 0.01$; muito significativo: $p \leq 0.01$.

Discussão

Tal como verificado em estudos anteriores em ribeiras do tipo mediterrânico, a ordem Diptera é a mais abundante, seguida da ordem Ephemeroptera (Coimbra *et al.*, 1996; Pires *et al.*, 2000). Os Diptera são maioritariamente representados pela família Chironomidae, que está presente em todas as estações de amostragem, tal como referido para outras ribeiras deste tipo (Coimbra *et al.*, 1996; Bonada *et al.*, 2000; Vivas *et al.*, 2003; Acuña *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2008). A elevada densidade de gastrópodes observada na bacia de Melides deve-se à presença de *P. antipodarum* na estação OLH, um local que recebe um caudal permanente do aquífero profundo de Sines (Monteiro *et al.*, 2008). Esta espécie, com uma distribuição natural exclusiva de ambientes estuarinos e salobros, é conhecida como invasora de ecossistemas de água doce (Boycott, 1936; Hunter e Warwick, 1957). Tem preferência por temperatura e caudal constantes (Richards *et al.*, 2001), por leitos arenosos (Dorgelo, 1988) e grande tolerância a elevadas concentrações de nutrientes

(Alonso e Camargo, 2003), características consistentes com as encontradas na estação OLH. Múrria *et al.* (2008) encontraram uma relação negativa entre *P. antipodarum* e Chironomidae, podendo estar relacionada com o facto dos primeiros se deslocarem a velocidades até 3 cm/min (Heywood e Edwards, 1962) e terem a capacidade de remover os chironomidae dos seus casulos. Tal pode explicar a menor densidade destes dípteros neste local.

A análise de ordenação efectuada indicou uma clara separação entre as comunidades das bacias hidrográficas de Melides e Santo André, o que foi corroborado pela obtenção de diferenças significativas entre as duas bacias, apesar da sua proximidade geográfica. A ordenação indica ainda que as comunidades de invertebrados de Melides são mais diversas e equitativas e estão associadas a concentrações em oxigénio dissolvido mais elevadas, menor percentagem de matéria orgânica e granulometria mais grosseira. Estes resultados são concordantes com os obtidos por Chaves *et al.* (2005), que indicam que elevadas densidades de

macroinvertebrados bentônicos estão relacionadas com a disponibilidade de alimento, enquanto a riqueza taxonômica está associada a parâmetros hidráulicos controlados por condições climáticas. Efectivamente, na bacia de Santo André existe um maior número de habitats lênticos, nos quais a menor velocidade de corrente diminui a capacidade de transporte de matéria orgânica e inorgânica, levando à sua deposição. Uma vez que estas ribeiras possuem uma galeria ripícola bem estruturada, em locais lênticos, apesar de não haver transporte de matéria orgânica ao longo da linha de água e de a produtividade autotrófica ser reduzida devido ao ensombramento, aquela contribui com uma quantidade de matéria orgânica (alóctone) considerável, tal como indicado noutros estudos (Vannote *et al.*, 1980; Allan e Castillo, 2007). A granulometria de sedimento é também um factor determinante para a diversidade das comunidades de invertebrados, com menor diversidade associada a sedimentos mais finos, uma vez que a dimensão e a mobilidade das partículas condicionam as comunidades, pois apenas espécies capazes de penetrar os interstícios do substrato aqui proliferam (Beisel *et al.*, 1998; Pinto e Feio, 2009). Zonas caracterizados por sedimentos finos são mais homogêneas, o que implica menor diversidade de habitats e diminui o seu potencial para acomodar um maior leque de espécies (Vannote *et al.*, 1980; Beisel *et al.*, 1998), corroborando a menor diversidade encontrada nos locais lênticos das bacias estudadas, cuja comunidade foi significativamente diferente da dos habitats lóticos.

Salienta-se que os factores bacia, época e regime de caudal diferentes são estruturantes para estas comunidades. Verificou-se que para condições sazonais e de regime de caudais semelhantes, as comunidades diferem entre bacias, apesar de se encontrarem geograficamente próximas, contribuindo para a heterogeneidade da biodiversidade da região.

Conclusão

A estrutura das comunidades encontradas neste estudo assemelha-se a outras encontradas em ribeiras do tipo mediterrânico. Em geral, estas ribeiras são dominadas pela classe Insecta, especialmente pela família Chironomidae (ordem Diptera), *taxa* euribionte, tolerante a uma grande variedade de condições. Apesar de serem duas bacias

hidrográficas limítrofes, Melides e Santo André possuem comunidades bastante distintas, o que parece estar relacionado com a influência directa do aquífero profundo de Sines, que proporciona um caudal permanente ao longo de todo o ano na ribeira de Melides. O regime de caudal (lêntico e lótico) dos locais estudados é outro dos factores determinantes para a estrutura das comunidades, uma vez que apresentam diferenças consideráveis nas condições ambientais (*e.g.* oxigénio dissolvido, matéria orgânica e granulometria do sedimento).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Coronel José Rosa Pinto pela sua preciosa contribuição na identificação das espécies que compõem a galeria ripícola da área em estudo. Este estudo foi desenvolvido no âmbito do Projecto GroundScene – “Modelação de cenários de exploração em aquíferos de zonas costeiras: efeitos na biodiversidade de lagoas e respectivas ribeiras como ecossistemas dependentes de água subterrânea” (PTDC/AAC-AMB/104639/2008) e do Projecto Estratégico PEstOE/MAR/UI0199/2011, financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT).

Referências

- Acuña V, Muñoz I, Omella M, Sabater F, Giorgi A, Sabater S, 2005. Drought and postdrought recovery cycles in an intermittent Mediterranean stream: structural and functional aspects. *J N Am Benthol Soc* 24: 919-933.
- Alba-Tercedor J, Sánchez-Ortega A, 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica* 4: 51-56.
- Allan JD, Castillo MM, 2007. Stream ecology - Structure and function of running waters, 2nd ed. Springer.
- Alonso A, Camargo A, 2003. Short-Term Toxicity of Ammonia, Nitrite, and Nitrate to the Aquatic Snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca). *Bull Environ Contam Toxicol* 70: 1006-1012.
- Anderson MJ, 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol* 26: 32-46.
- Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, Stribling JB, 1999. Rapid bioassessment

- protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2nd ed. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington, DC.
- Beisel JN, Usseglio-Polatera P, Moreteau JC, 2000. The spatial heterogeneity of a river bottom: a key factor determining macroinvertebrate communities. *Hydrobiologia* 422/423: 163-171.
- Beisel JN, Usseglio-Polatera P, Thomas S, Moreteau JC, 1998. Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. *Hydrobiologia* 389: 73-88.
- Blott SJ, Pye K, 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surf Proc Land* 26: 1237-1248.
- Boix D, García-Berthou E, Gascón S, Benejam L, Tornés E, Sala J, Benito J, Munné A, Solà C, Sabater S, 2010. Response of community structure to sustained drought in Mediterranean rivers. *J Hydrol* 383: 135-146.
- Bonada N, 2003. Ecology of macroinvertebrate communities in Mediterranean rivers at different scales and organization levels (PhD dissertation). Universitat de Barcelona, Spain.
- Bonada N, Rieradevall M, Prat N, 2000. Temporalidad y contaminación como claves para interpretar la biodiversidad de macroinvertebrados en un arroyo mediterráneo (Riera de Sant Cugat, Barcelona). *Limnetica* 18: 81-90.
- Bonada N, Rieradevall M, Prat N, Resh VH, 2006. Benthic macroinvertebrate assemblages and macrohabitat connectivity in Mediterranean-climate streams of northern California. *J N Am Benthol Soc* 25: 32-43.
- Boycott A, 1936. The habitats of fresh-water Mollusca in Britain. *J Anim Ecol* 5: 116-186.
- Chaves ML, Rieradevall M, Costa JL, Chainho P, Costa MJ, Prat N, 2008. Macroinvertebrate communities of non-glacial high altitude intermittent streams. *Freshwater Biol* 53: 55-76.
- Clarke KR, Gorley RN, 2006. "PRIMER v6: User Manual/Tutorial". PRIMER-E: Plymouth.
- Coimbra CN, Graça MAS, Cortes RM, 1996. The effects of a basic effluent on macroinvertebrate community structure in a temporary mediterranean river. *Environ Pollut* 94: 301-307.
- Covich AP, Palmer MA, Crowl TA, 1999. The Role of Benthic Invertebrate Species in Freshwater Ecosystems: Zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, 49: 119-127.
- Dorgelo J, 1988. Growth in a freshwater snail under laboratory conditions in relation to eutrophication. *Hydrobiologia*, 157: 125 -127.
- Feio MJ, Viera-Lanero R, Ferreira V, Graça MAS, 2005. The role of the environment in the distribution and composition of Trichoptera assemblages in streams. *Arch Hydrobiol* 164: 493-512.
- Gasith A, Resh VH, 1999. Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annu Rev Ecol Syst* 30: 51-81.
- Graça M, Pinto P, Cortes R, Coimbra N, Oliveira S, Morais M, Carvalho MJ, Malo J, 2004. Factors affecting macroinvertebrate richness and diversity in Portuguese streams: a two-scale analysis. *Int Rev Hydrobiol* 90: 534-545.
- Heywood J, Edwards RW, 1962. Some Aspects of the Ecology of *Potamopyrgus jenkinsi* Smith. *J Anim Ecol* 31: 239-250.
- Hunter WR, Warwick T, 1957. XVIII.—Records of *Potamopyrgus jenkinsi* (Smith) in Scottish Fresh Waters over Fifty Years (1906-56). *P Roy Soc Edinb B* 66: 360-373.
- INAG IP, 2008. Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água. Protocolo de amostragem e análise para os macroinvertebrados bentónicos. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, IP. Portugal.
- Monteiro JP, Chambel A, Martins J, 2008. Conceptual and Numerical Flow Model of the Sines Aquifer System (Alentejo, South Portugal). International Groundwater Symposium. International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR); Istanbul. pp. 38 (abstract) e doc. elect. CD-Rom, pp. 76-84.

- Múrria C, Bonada N, Prat N, 2008. Effects of the invasive species *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca) on community structure in a small Mediterranean stream. Arch Hydrobiol 171: 131-143.
- Pinto P, Feio MJ, 2009. Eficiência dos índices de macroinvertebrados desenvolvidos no exercício de intercalibração na avaliação do estado ecológico dos rios de Portugal continental. Revista APRH 30: 65-75.
- Pires A, Cowx I, Coelho M, 2000. Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). Hydrobiologia 435: 167-175.
- Rada B, Puljas S, 2008. Macroinvertebrate diversity in the karst Jadro River (Croatia). Arch Biol 60: 437-448.
- Richards DC, Cazier LD, Lester GT, 2001. Spatial distribution of three snail species, including the invader *Potamopyrgus antipodarum*, in a freshwater spring. West. N. Am. Naturalist 61: 375-380.
- Roy AH, Rosemond AD, Paul MJ, Leigh DS, Wallace JB, 2003. Stream macroinvertebrate response to catchment urbanisation (Georgia, U.S.A.). Freshwater Biol 48: 329-346.
- Spruill CA, Workman SR, Taraba JL, 2000. Simulation of daily and monthly stream discharge from small watersheds using the SWAT model. American Society of Agricultural Engineers 43: 1431-1439.
- Tachet H, Richoux P, Bournard M, Usseglio-Polatera P, 2000. Invertébrés d'eaux douce - Systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, Paris.
- Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE, 1980. The River Continuum Concept. Can J Fish Aquat Sci 37: 130-137.
- Vivas S, Casas JJ, Pardo I, Robles S, Bonada N, Mellado A, Prat N, Alba-Tercedor J, Álvarez M, Bayo MM, Jáimez-Cuéllar P, Suárez ML, Toro M, Vidal-Abarca MR, Zamora-Muñoz C, Moyá G, 2003. Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Limnetica 21: 149-173.

Anexo 1 . Lista de taxa de macroinvertebrados identificados nas ribeiras de Melides e Santo André.

Taxa	Melides	Santo André
<i>Acroloxus</i> sp.	x	
Aeshnidae	x	x
<i>Ancylus</i> sp.	x	x
Anthomyiidae	x	x
<i>Assimineia</i> sp.	x	
Athericidae	x	
<i>Atrichopogon</i> sp.		x
<i>Atricops crassipes</i>	x	
<i>Atyaephyra desmaresti</i>	x	x
Baetidae	x	x
Bivalvia n.i.	x	
Brachycentridae	x	
Branchiobdellidae	x	
Bryozoa n.i.	x	
Caenidae	x	x
Capniidae	x	x
Ceratopogonidae	x	x
Chaoboridae	x	
Chironomidae	x	x
Chrysomelidae	x	x
Coenagrionidae	x	x
<i>Corbicula fluminea</i>	x	
Cordulegasteridae	x	
Corixidae	x	x
Culicidae	x	
Curculionidae	x	x
Cyclopoida n.i.	x	x
Daphniidae	x	
Diptera n.i.	x	x
Dixidae	x	x
Dolichopodidae	x	
Dryopidae	x	x
Dytiscidae	x	x
Ecnomidae	x	x
Elmidae	x	x
Empididae	x	x
Ephemeroptera n.i.	x	
Ephyridae	x	x
Erpobdellidae	x	
<i>Ferrissia</i> sp.	x	x
Gammaridae	x	x
Gerridae	x	
<i>Gerris</i> sp.	x	
<i>Glossiphonia</i> sp.	x	

Taxa	Melides	Santo André
Glossiphoniidae	x	
Glossosomatidae	x	
Gomphidae	x	
Gyrinidae	x	x
<i>Gyrinus</i> sp.	x	
Haliplidae	x	x
<i>Haliplus</i> sp.	x	
Harpacticoida n.i.		x
<i>Helobdella</i> sp.	x	
Helophoridae	x	x
Heteroptera n.i.		x
<i>Hydra</i> sp.	x	x
Hydracarina n.i.	x	x
<i>Hydraena</i> sp.	x	
Hydraenidae	x	x
Hydrobiidae	x	
Hydrochidae	x	x
Hydrometridae	x	x
Hydrophilidae	x	x
Hydropsychidae	x	x
Hydroptilidae	x	
Hydroscaaphidae		x
Hygrobiiidae		x
<i>Ilyocryptus sordidus</i>	x	x
Janiridae	x	x
<i>Laophonte</i> sp.		x
Lepidoptera n.i.		x
Leptoceridae	x	x
Leptophlebiidae	x	
Lestidae	x	
Leuctridae	x	
Libellulidae	x	x
Limoniidae	x	x
<i>Lymnaea truncatula</i>	x	x
Lymnaeidae	x	x
Mesoveliidae	x	x
<i>Myxas glutinosa</i>		x
Naucoridae	x	
Nematoda n.i.	x	x
<i>Nepa</i> sp.	x	
Nevrorthidae	x	
Noteridae	x	
Notonectidae	x	x
Odonata n.i.	x	x
Oligochaeta n.i.	x	x

Taxa	Melides	Santo André
Ostracoda n.i.	x	x
Perlodidae		x
Phryganeidae	x	
<i>Physa</i> sp.	x	
<i>Physa fontinalis</i>	x	
Physidae	x	x
<i>Pisidium milium</i>	x	
Planorbidae	x	
<i>Planorbis</i> sp.	x	
Plecoptera n.i.	x	
Polycentropodidae	x	x
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	x	
<i>Proasellus</i> sp.	x	
<i>Procambarus clarkii</i>	x	x
Psychodidae	x	x
Ptychopteridae	x	x
Pulmonata n.i.	x	x
Rhagionidae		x
Rhyacophilidae	x	
Sericostomatidae	x	
<i>Sialis</i> sp.	x	x
<i>Simocephalus vetulus</i>	x	
Simuliidae	x	x
Sphaeriidae	x	
Stratiomyidae	x	
Tabanidae		x
Thaumeleidae	x	
Tipulidae	x	x
Trichoptera n.i.	x	
Turbellaria n.i.	x	
<i>Valvata piscinalis</i>	x	
Veliidae	x	x
<i>Vertigo</i> sp.	x	