
USO DA CURVA ABC COMO MÉTODO PARA DETECTAR O EFEITO DE MODIFICAÇÃO ANTROPOGÊNICA SOBRE ASSEMBLEIA DE ODONATA (INSECTA)

Fernando Geraldo de Carvalho, José Max Barbosa de Oliveira Junior, Ana Paula Justino de Farias e Leandro Juen

RESUMO

Os insetos da ordem Odonata são organismos comumente utilizados em estudos de biomonitoramento, pois apresentam algumas espécies com requerimentos muito específicos e alta sensibilidade a modificações ambientais. O objetivo desse estudo é avaliar se os efeitos das alterações ambientais levam a uma modificação nos padrões de abundância e biomassa da assembleia de Odonata, testando a hipótese de que, em virtude das exigências ecofisiológicas da ordem, com a retirada da vegetação ripária ocorrerá um aumento na abundância de Anisoptera e uma diminuição na de Zygoptera. Foram amostrados 10 córregos sendo cinco alterados e cinco preservados. A comparação entre biomassa e abundância foi analisada usando a esta-

tística W. A hipótese foi corroborada parcialmente, uma vez que, para Zygoptera tanto em ambientes preservados como alterados a curva de biomassa ficou acima da de abundância, apesar da diferença em ambientes alterados ser baixa. Para Anisoptera em ambientes degradados, houve o predomínio de espécies de crescimento rápido e de maior tamanho corporal, e por isso, a curva da biomassa se estendeu acima da curva de abundância. Esse padrão pode ser explicado pelas exigências de termorregulação da subordem. Mesmo Zygoptera não tendo mostrado uma inversão das curvas, a técnica se mostrou eficiente em avaliar impacto ambiental e poderá ser usado em programas de biomonitoramento que usam o grupo como organismo alvo.

Introdução

Os ecossistemas aquáticos em virtude de sua maior fragilidade a modificações são um dos mais vulneráveis às alterações ambientais (Callisto *et al.*, 2001). Mudanças em seu leito como represamento, canalização, fragmentação e isolamento dos cursos d' água, interrompem o regime de perturbação natural e eliminam os gradientes ambientais existentes, resultando na homogeneização desses sistemas e consequentemente desestruturando a dinâmica natural das comunidades biológicas (Couceiro *et al.*, 2012). Essas alterações isoladas ou em sinergia têm grande influencia na riqueza de espécies (Callisto e Gou-

lart, 2005), podendo gerar um efeito cascata, eliminando várias espécies.

A avaliação das modificações antropicas em sistemas aquáticos é feita geralmente usando os bioindicadores, que são organismos, populações ou comunidades, cujas funções vitais se correlacionam tão estreitamente com determinados fatores ambientais, que qualquer modificação pode levar a uma grande variação na sua abundância ou até mesmo na sua extinção local (Silva *et al.*, 2010). Dentre esses, os insetos da ordem Odonata são organismos comumente utilizados em estudos de biomonitoramento (McCauley, 2010; Silva *et al.*, 2010; Reis *et al.*, 2011; Pinto *et al.*, 2012), pelo

fato de apresentarem alta diversidade nos trópicos (Corbet, 1999), habitarem todos os tipos de ambientes de água doce (Oertli, 2008) e apresentarem grande sensibilidade a modificações ambientais (Oertli, 2008; Reis *et al.*, 2011; Pinto *et al.*, 2012; Monteiro-Júnior *et al.*, 2013; Carvalho *et al.*, 2013).

São insetos predadores, que se alimentam quase que exclusivamente de presas vivas (Corbet, 1999). Na fase larval podem estar associados às plantas aquáticas ou ao fundo desses corpos d' água (Benke, 1976; Corbet, 1980; De Marco e Latini, 1998; Juen *et al.*, 2007). Na fase adulta, necessitam dos corpos d' água para se reproduzir, utilizando muitas

vezes o entorno para forragear (Corbet, 1980; De Marco, 1998; Corbet, 1999). Existe ainda dentro da ordem uma grande distinção de requerimentos ecofisiológicos, permitindo a elaboração de hipóteses distintas para cada subordem (May, 1991, Juen e De Marco, 2012). Os indivíduos menores (Zygoptera) realizam termorregulação por convecção (May, 1991) e desta maneira sofrem restrições de ocupação em áreas abertas (ou áreas com grande incidência de luz solar), já os indivíduos da subordem Anisoptera são maiores e termorregulam principalmente através da irradiação solar (May, 1991; Corbet, 1999) necessitando desta para iniciarem suas atividades.

PALAVRAS CHAVE / Abundância / Anisóptera / Biomassa / Biomonitoramento / Brasil / Variação / Zygoptera /

Recebido: 09/03/2013. Modificado: 02/05/2013. Aceito: 12/08/2013.

Fernando Geraldo de Carvalho. Biólogo, Estudante M.Sc. no Programa de Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil. e-mail: fernandogeraldocarvalho@gmail.com

José Max Barbosa de Oliveira Junior. Biólogo, Mestre em Ecologia e Conservação, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil. Doutorando em Zoologia, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi (UFPA/MPEG), Brasil. email: josemaxoliveira@gmail.com

Ana Paula Justino de Faria. Bióloga, Estudante M.Sc. no Programa de Ecologia Aquática e Pesca, UFPA, Brasil. e-mail: a.paula.j@hotmail.com

Leandro Juen. Doutor em Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Goiás, Professor, UFPA, Brasil. Endereço: Laboratório de Ecologia de Comunidades, Instituto de Ciências Biológicas, UFP. Rua Augusto Correia, Nº 1 Bairro Guama, Cep: 66.075-110, Belém, Pará, Brasil. e-mail:leandrojuen@ufpa.br

USE OF THE ABC CURVE AS A METHOD TO DETECT THE EFFECT OF ANTHROPOGENIC CHANGE ON THE ODONATA (INSECTA) ASSEMBLY

Fernando Geraldo de Carvalho, José Max Barbosa de Oliveira Junior, Ana Paula Justino de Farias and Leandro Juen

SUMMARY

The insects of the order Odonata are organisms commonly used in biomonitoring studies, since they have some species with very specific requirements and high sensitivity to environmental changes. The aim of this study is to evaluate whether the effects of environmental changes lead to a change in patterns of abundance and biomass of the Odonata assembly, testing the hypothesis that, because of the demands ecophysiological order, with the removal of riparian vegetation took place an increase the in abundance of Anisoptera and a decrease in Zygoptera. Ten streams were sampled, five being altered and five preserved. A comparison of biomass and abundance was done using the *W* statistic. The hypothe-

sis was supported in part since for Zygoptera the biomass curve for both preserved and altered environments was above the abundance curve, despite the fact that difference in altered environments was very small. For Anisoptera in degraded environments there was a predominance of fast growing and larger body size species, and therefore, the biomass curve extends above the abundance curve. This pattern can be explained by the thermoregulation demands of the suborder. Even considering that Zygoptera did not show a reversal of the curves, the technique proved effective in assessing environmental impact and can be employed in biomonitoring programs that use this group.

USO DE LA CURVA ABC COMO MÉTODO PARA DETECTAR EL EFECTO DE LA MODIFICACIÓN ANTROPÓGENA SOBRE LA ASAMBLEA DE ODONATA (INSECTA)

Fernando Geraldo de Carvalho, José Max Barbosa de Oliveira Junior, Ana Paula Justino de Farias y Leandro Juen

RESUMEN

Los insectos de la orden Odonata son organismos comúnmente utilizados en estudios de biomonitoreo, ya que algunas especies tienen requerimientos muy específicos y una alta sensibilidad a modificaciones ambientales. El objetivo de este estudio es evaluar si los efectos de las alteraciones ambientales llevan a una modificación en los patrones de abundancia y biomasa de la asamblea de Odonata, probando la hipótesis de que, en virtud de las exigencias ecofisiológicas del orden, con la eliminación de la vegetación ribereña ocurrirá un aumento en la abundancia de Anisoptera y una disminución de Zygoptera. Fueron tomadas muestras de 10 arroyos siendo cinco de ellos alterados y cinco conservados. La comparación entre biomasa y abundancia se analizó utilizando el estadístico *W*. La hipótesis fue

confirmada en parte, ya que para Zygoptera, tanto en ambientes conservados como alterados, la curva de biomasa quedó por encima de la de abundancia, a pesar de que la diferencia en ambientes alterados es muy pequeña. Para Anisoptera en ambientes degradados, hubo un predominio de especies de rápido crecimiento y de mayor tamaño corporal, y por eso la curva de biomasa se extendió por encima de la curva de abundancia. Este patrón puede ser explicado por las exigencias de termorregulación del suborden. Aunque Zygoptera no haya mostrado una inversión de las curvas, la técnica se mostró eficaz en la evaluación del impacto ambiental y podrá ser utilizado en programas de biomonitoreo que utilizan el grupo como organismo de estudio.

As assembleias de Odonata podem ser alteradas devido às modificações das variáveis ambientais, como por exemplo, presença de vegetação marginal, hidroperíodo, concentração de poluentes, condutividade, pH, correnteza, oxigênio dissolvido, temperatura, largura e vazão (Corbet, 1999; Juen *et al.*, 2007; Remsburg *et al.*, 2008; Remsburg, 2009; Juen e De Marco, 2011, 2012; Oliveira-Júnior, *et al.*, 2013).

Por ser um grupo relativamente bem resolvido taxonomicamente (Garrison *et al.*, 2006, 2010), modificações na estrutura da comunidade como a variação na abundância ou a presença e/ou ausência das espécies, tem sido um dos métodos usados para detectar

impactos ambientais (Carvalho *et al.*, 2013). Além disso, outros parâmetros como variação da morfologia (Oliveira-Junior *et al.*, 2011; Reis *et al.*, 2011; Pinto *et al.*, 2012) ou alocação em abundância e/ou crescimento tem ganhado destaque em métodos voltados para detecção de alterações ambientais (Yemane *et al.*, 2005).

Um desses métodos de detecção é a comparação de abundância/biomassa proposto por Warwick (1986) que também é conhecida como ABC (de *abundance biomass comparison*). Esse método compara a dominância em termos de abundância e biomassa, onde as espécies são posicionadas em ordem decrescente de dominância no eixo x (escala logarítmica) e a percentagem de domi-

nância em escala acumulativa, no eixo y. Posteriormente é feita a comparação entre os dois conjuntos de dados.

Estas curvas fundamentam-se na teoria evolutiva clássica de seleção r- e k-estrategistas (Clarke e Warwick, 2001). Em ambientes sob condições estáveis, onde os distúrbios não são muito frequentes, a comunidade é supostamente dominada por espécies k-estrategistas (de crescimento lento, de tamanho grande e de maturação tardia); estas espécies raramente são dominantes numericamente, mas são dominantes em termos de biomassa, assim a curva de biomassa se estende acima da curva de abundância, classificando o ambiente como sendo não-poluído. Em ambientes alte-

rados, espécies de crescimento lento não conseguem suportar tais alterações ambientais, e o sistema se torna cada vez mais dominado por espécies r-estrategistas (de rápido crescimento, pequenos e oportunistas), que se tornam dominantes quanto à biomassa. Bem como, dominantes numericamente e as curvas tendem a ser bem próximas, podendo se cruzar ao longo do seu comprimento, indicando um ambiente moderadamente poluído. Contudo, ambientes onde o nível de poluição é alto, a curva de abundância está acima da curva de biomassa, indicando que o ambiente está severamente poluído (Yemane *et al.*, 2005).

A aplicabilidade do método ABC tem sido amplamente

discutida em estudos de biomonitoramento de sistemas aquáticos (Clarke, 1990; McManus e Pauly, 1990; Warwick e Clarke, 1994) mostrando ser um indicador sensível para detectar perturbação física e biológica natural, bem como de perturbações induzidas nos ambientes decorrentes da poluição (Warwick, 1986; Warwick e Ruswahyuni, 1987; Warwick *et al.*, 1987). Embora esse método tenha sido desenvolvido originalmente para bentos marinhos, e sua universalidade tem sido questionada (Beukema, 1988), o mesmo desde então tem mostrado grande utilidade em muitos estudos aplicados de invertebrados marinhos (Dauer *et al.*, 1993), peixes marinhos e de água doce (Coeck *et al.*, 1993; Yemane *et al.*, 2005) e aves aquáticas (Meire e Dereu, 1990), sendo poucos os estudos que utilizam esse método aplicado a invertebrados de água doce.

Em virtude disso, o estudo tem como objetivo avaliar os efeitos das alterações ambientais sobre os padrões de abundância e biomassa de indivíduos da ordem Odonata, bem como, por subordens Zygoptera e Anisoptera. Testando a hipótese de que, em virtude das exigências ecofisiológicas da ordem (Juen e De Marco, 2011), espera-se que a retirada da vegetação ripária levaria a um aumento na abundância de Anisoptera e uma diminuição da abundância de Zygoptera. Em ambientes alterados haverá o predomínio de Anisoptera, espécies de crescimento rápido e de maior tamanho corporal, e por isso, a curva da biomassa se estenderá acima da curva de abundância.

Por outro lado, para Zygoptera nossa hipótese é de que o padrão seguirá o mesmo postulado pela teoria da curva ABC.

Material e Métodos

Área de estudo

A Sub-bacia hidrográfica do Rio Borecaia (13°57'0"S e 51°51'30"O; 13°56'30"S e

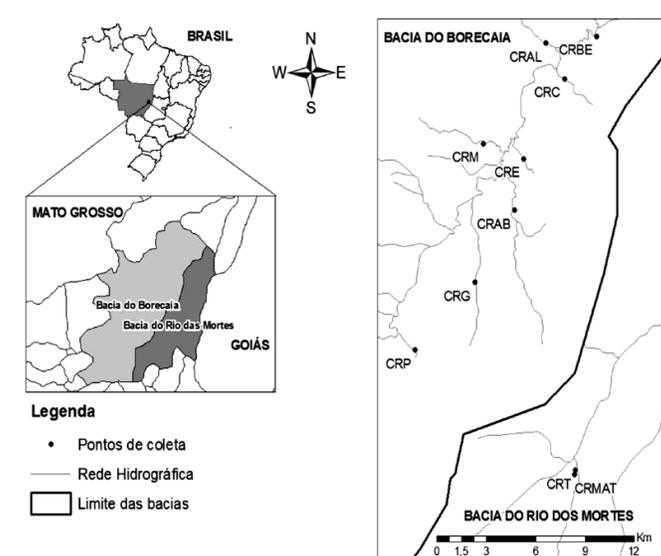


Figura 1. Localidades amostradas no estudo: córrego Tritopá (CRT); córrego Boa Esperança (CRBE); córrego Marayatobá (CRMAT), córrego Cigano (CRC), córrego Água Limpa (CRAL); córrego Areia Branca (CAB), córrego Paca (CRP), córrego Estrela (CRE) e córrego Matrichã (CRM), pertencentes à sub-bacia do rio Borecaia, Nova Nazaré, Mato Grosso, Brasil.

51°42'30"O; 14°12'30"S e 51°51'30"O; 14°12'0"S e 51°42'30"O; Figura 1) possui ~730km² e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes, localizada no município de Nova Nazaré, sudoeste do Estado de Mato Grosso, Brasil. O clima da região é tropical, com a temperatura média de 24,7°C, variando anualmente entre 16,7 e 30,4°C (INMET, 2005). A região apresenta um padrão de distribuição típico do Bioma Cerrado, com duas estações bem definidas: um período chuvoso de outubro a março, com ~92% do total das chuvas, e um período seco, que se estende de abril a setembro (INMET, 2005).

Foram selecionados 10 córregos de 1ª ordem (segundo a classificação de Strahler, 1957), sendo cinco classificados como preservados e cinco como alterados (Figura 1). O critério usado para a classificação dos córregos em níveis de conservação (preservado ou alterado) foi a quantidade de vegetação marginal (presente no entorno de cada córrego) e o índice de integridade do habitat (IIH; Nessimian *et al.*, 2008). Este índice é constituído por 12 itens que

descrevem as condições ambientais de cada córrego. Cada item deste é composto de quatro a seis alternativas ordenadas de forma a representar sistemas cada vez mais íntegros. Os valores obtidos no IIH variam em uma escala de 0-1, ou seja, quanto mais próximo de 1 mais íntegro é considerado o córrego. Classificamos como alterados os córregos que apresentaram IIH entre 0,26 e 0,69 e que sofreram a retirada total da vegetação marginal ou cuja vegetação remanescente não ultrapassavam 5m de largura em ambas as margens. Os córregos preservados foram aqueles que apresentaram IIH entre 0,7 e 0,96 e com vegetação marginal de no mínimo 70m em ambas as margens.

Os adultos de Odonata foram coletados seguindo o método de varredura em áreas fixas (scan; 100m de cada córrego, divididos em 20 segmentos de 5m cada) entre os meses de abril e julho 2010, no período de seca, das 9:00 às 15:00, com temperaturas acima de 19°C e céu aberto, sendo essas as condições climáticas mínimas para que esses insetos estejam ativos (May, 1976, 1991; De Marco

e Resende, 2002). Esse método tem sido empregado com sucesso em outros estudos (Ferreira-Peruquetti e De Marco, 2002; Ferreira-Peruquetti e Fonseca-Gessner, 2003; Juen e De Marco, 2011; Pinto *et al.*, 2012; Calvão *et al.*, 2013; Oliveira-Junior *et al.*, 2013). Cada córrego foi amostrado três vezes ao longo dos três meses para diminuir o efeito da variação climática durante o dia, e para as análises as três amostras realizadas no mesmo córrego, foram consideradas como uma única amostra.

Para a identificação dos adultos de Odonata coletados, foram utilizadas chaves taxonômicas especializadas (Borror, 1945; Belle, 1988, 1996; Garrison, 1990; Carvalho e Calil, 2000; Costa *et al.*, 2002; Lencioni, 2005, 2006; Garrison *et al.*, 2006, 2010). Os exemplares estudados encontram-se depositados na coleção didático científica do Museu de Zoologia da Universidade Federal do Pará, Brasil.

De todas as espécies amostradas foram selecionados no mínimo cinco espécimes de cada, e com o uso de uma balança analítica com precisão de 0,005g o peso dos mesmos foram aferidos.

Análises dos dados

Para a estimativa de riqueza de espécie foi utilizado como unidade de amostras cada segmento (n= 20 de cada córrego) realizado nos 10 córregos, para essa análise as três reamostragens feitas em cada córrego foram reagrupadas. Sendo assim, para cada córrego foram consideradas 60 pseudoréplicas, e no total do estudo ao considerar todos os córregos foram consideradas 600 pseudoréplicas. Para as demais análises, cada córrego foi considerado como sendo uma amostra, por isso foi feito o somatório dos 60 segmentos, resultando em 10 amostras.

Em consequência do número de espécies observado em um sistema ser frequentemente um

estimador viciado para a riqueza de espécies real (Santos, 2003), foi utilizado estimadores de riqueza para corrigir esse problema. A riqueza de espécie foi estimada por local através do procedimento *Jackknife* de primeira ordem, usando o software EstimateS (Colwell, 2005). Esse método estima a riqueza total somando a riqueza observada a um parâmetro calculado a partir do número de espécies raras (aquelas que ocorreram apenas uma vez na amostra). O procedimento de *Jackknife* produz uma estimativa mais aproximada da riqueza de espécies de uma comunidade (Colwell e Coddington, 1994).

Para testar se a riqueza espécies de adultos de Odonata foi diferente entre córregos preservados e alterados foi utilizada a metodologia de inferência por intervalo de confiança, usando a riqueza estimada pelo *Jackknife* de primeira ordem (Gotelli e Colwell, 2001; Colwell *et al.*, 2004), onde os grupos só são considerados realmente diferentes quando os intervalos de confiança de um grupo não se sobrepõem às médias do outro. Todas as estimativas foram calculadas no programa EstimateS (Colwell, 2005).

Para comparação das condições ambientais entre córregos preservados e alterados foi usado a abordagem de curva de abundância e biomassa de Warwick (1986). Para isso foi usado a estatística W, que consiste em uma sumarização numérica da curva ABC, cujos valores variam de -1 (curva de abundância sobre a de biomassa) a 1 (curva de biomassa sobre a de abundância) e as curvas de abundância de espécies ranqueadas e K-dominância, as quais permitem extrair informações sobre os padrões das abundâncias relativas das espécies, sem reduzir essa informação a uma estatística sumária, como os índices ecológicos (Yemane *et al.*, 2005). Diferentemente dos métodos multivariados, estas distribuições podem extrair características universais da estrutura da comunidade, que não são fun-

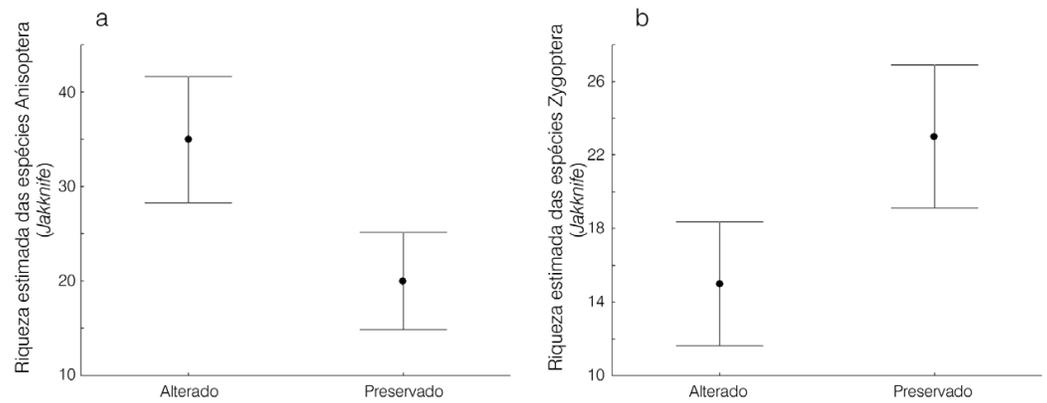


Figura 2. Riqueza estimada das espécies de a: Anisóptera e b: Zygoptera pelo procedimento *Jackknife*, nos córregos de Cerrado no município de Nova Nazaré, Mato Grosso, Brasil, distribuídos de acordo com o nível de conservação. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

ção de uma taxa específica presente, podendo assim, serem relacionados a diferentes níveis de estresses biológicos (Yemane *et al.*, 2005).

Resultados

Descrição geral da comunidade

Foram coletados 585 indivíduos, distribuídos em cinco famílias, 29 gêneros e 57 espécies. A subordem Anisoptera apresentou 34 espécies e 314 indivíduos, enquanto que Zygoptera apresentou 21 espécies e 237 indivíduos. As famílias mais abundantes foram Libellulidae (n= 321), seguida por Coenagrionidae (n= 143), Calopterygidae (n= 83) e Protoneuridae (n= 37). Os gêneros mais representativos foram: *Erythrodiplax* (11 espécies e 204 indivíduos), *Hetaerina* (cinco espécies e 79 indivíduos), *Argia* (duas espécies e 52 indivíduos) e *Acanthagrion* (quatro espécies e 50 indivíduos). A espécie com maior abundância foi *Erythrodiplax basalis* (163 indivíduos), seguida de *Hetaerina curvicauda* (44 indivíduos), *Diastatops obscura* (39 indivíduos) e a espécie *Argia reclusa* (38 indivíduos).

Riqueza de espécies por nível de conservação dos córregos

A riqueza estimada de espécies de Anisoptera em córregos alterados foi de 35 espé-

cies, apresentando 15 espécies a menos do que em córregos preservados (Figura 2a). Enquanto que para Zygoptera o efeito observado foi ao contrário, em córregos preservados o número de espécie estimado foi de 23 espécies, apresentando oito espécies a mais do que córregos alterados (Figura 2b). Este resultado corrobora a hipótese de que a subordem Anisoptera apresentaria maior riqueza de espécie em áreas alteradas devido a maior abertura da vegetação ripária e que por outro lado Zygoptera apresentaria relação inversa, sendo mais afetada pela alteração ambiental.

Abundância/biomassa de Odonata por nível de conservação dos córregos

Ao analisar as curvas ABC (Figura 3a, b), a curva de abundância em ambos os níveis de conservação dos córregos foram superiores às curvas de biomassa (preservados: W= -0,037; alterados: W= -0,388). Para Anisoptera (Figuras 3c, d) o padrão encontrado corroborou nossa hipótese, a curva de abundância foi maior do que a de biomassa em córregos preservados (W= -0,196) e em córregos degradados foi menor do que a curva de biomassa (W= 0,449). No entanto, para Zygoptera (Figuras 3e, f) tanto em córregos preservados (W= 0,106) como em degradados (W= 0,04) a curva de biomassa foi maior do que a de

abundância. Porém em córregos degradados a diferença foi estatisticamente baixa como pode ser observado no valor do teste W.

Discussão

As curvas comparativas de abundância/biomassa mostram ser eficientes na avaliação de impacto ambiental usando a ordem Odonata. Mas para isso é necessário avaliar as duas subordens separadamente, uma vez que os padrões apresentados foram distintos. Isso é importante, principalmente quando trata-se de dois grupos com diferenças evidentes de tamanho corporal, onde indivíduos pertencentes a Anisoptera são tipicamente maiores e mais robustos do que os de Zygoptera (Corbet, 1999), sendo essas diferenças ligadas principalmente a capacidade de voo e de termorregulação (Corbet, 1999; De Marco *et al.*, 2005; Corbet e May, 2008).

Odonata apresenta modificações na abundância e composição diante das alterações ecológicas, podendo ser utilizadas para avaliar o nível de estresse ambiental ao qual este foi exposto (Monteiro *et al.*, 2013). Segundo Ferreira-Peruquetti e De Marco (2002) modificações como a retirada da vegetação ripária e a fragmentação de habitat aumentam a disponibilidade e a entrada de luz próximo aos córregos, afetando a composição da comunidade de Odonata nestes lo-

cais, devido as restrições de termorregulação das espécies dessa ordem. Em comunidade perturbada as espécies mais especialistas são eliminadas, favorecendo a entrada de espécies oportunistas ou r-estrategistas, aumentando assim a abundância de espécimes, o que provoca uma diminuição dos valores percentuais de biomassa, e consequentemente uma aproximação das curvas, que podem se cruzar (Clarke e Warwick, 1994).

Avaliando Anisoptera em ambientes alterados o padrão observado foi diferente, a biomassa foi maior do que a abundância, mesmo com a entrada de espécies mais generalistas devido às características intrínsecas do grupo estudado. O fator que pode explicar esses padrões são os mecanismos de termorregulação e de seleção de microhabitats (Corbet e May, 2008; Calvão *et al.*, 2013). A abertura de dossel causada pela retirada da vegetação marginal pode propiciar a persistência de indivíduos com maior tamanho corporal (Anisoptera) a ocupar locais com maior irradiação solar (Corbet e May, 2008). Essa persistência de espécies de maior tamanho corporal para ambientes alterados se deu devido estas serem beneficiadas pela alteração das áreas naturais em função de suas habilidades de termorregulação e tenderem a apresentar mecanismos homeostáticos mais eficientes e maior mobilidade, e por isso, tendem a tolerar condições ambientais mais diversificadas. Em consequência disso, possuem maiores distribuições nestes ambientes (Hughes *et al.*, 2000; Tschardt *et al.*, 2002; Calvão *et al.*, 2013).

Outro fator que corrobora nossas previsões é o fato de que, nos ambientes alterados houve uma maior abundância do gênero *Erythrodiplax*, que possuem um maior tamanho corporal quando comparando com alguns dos outros gêneros. Possivelmente por terem uma boa capacidade de dispersão (apesar de ser um gênero considerado como pousadores

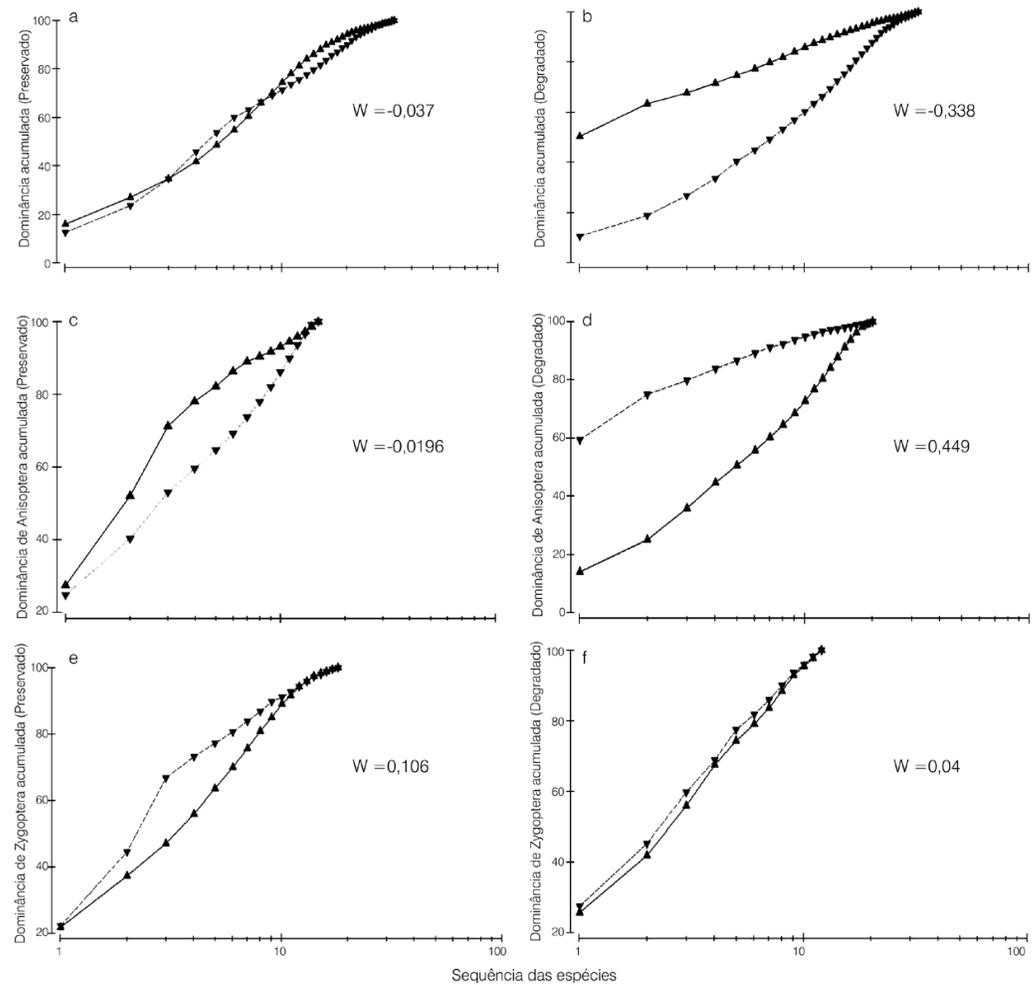


Figura 3. Curva de abundância (triângulo preto) e biomassa (triângulo cinza) das espécies de Odonata; a: Ordem total amostrados em córregos preservados, b: Ordem total amostrados em córregos alterados, c: Anisoptera amostrados em córregos preservados, d: Anisoptera amostrados em córregos alterados, e: Zygoptera amostrados em córregos preservados, e f: Zygoptera para córregos alterados.

e com comportamento territorialista; Borror, 1942; Corbet e May, 2008), podem chegar e se estabelecer em locais com menor cobertura de dossel.

Ao avaliar a subordem Zygoptera para locais preservados, a curva de biomassa esteve acima de abundância, corroborando com as premissas da teoria, que prediz que em ambientes preservados prevalece a biomassa das espécies k-estrategistas (Clarke e Warwick, 1994). Confirmando a premissa de que, a diferença na capacidade de termorregulação em Odonata, indica que espécies de maior tamanho corporal sejam menos prejudicadas pela retirada de vegetação ripária (De Marco *et al.*, 2005). Essas espécies de maior tamanho corporal (algumas

espécies de Zygoptera e a maioria das espécies de Anisoptera) podem ser endotérmicas ou heliotérmicas, além de temperaturas altas, precisam da incidência direta da luz para iniciar suas atividades e com isso, maior abertura do dossel causada pela retirada da vegetação acabaria favorecendo-os (Calvão *et al.*, 2013).

Por outro lado, os conformadores por serem espécies pequenas (maioria das espécies de Zygoptera) e com corpo delgado, é possível que em virtude da sua alta razão superfície / volume sejam mais sujeitas ao superaquecimento e à dessecação, se tornando mais sensíveis às variações ambientais (Corbet, 1999) e ficando restritas a locais com vegetação intacta, que garante maior

estabilidade da temperatura durante o dia (Juen e De Marco, 2011).

Os principais argumentos desse estudo estão baseados nas respostas e nas alterações das proporções entre espécies de menor e maior tamanho corporal (Zygoptera/Anisoptera) e suas respectivas biomassa entre as duas subordens. As espécies de menor tamanho corporal devem ser mais sensíveis às alterações ambientais por restrições ecofisiológicas (Corbet, 1999; Corbet e May, 2008). Em virtude da habilidade de termorregulação, pode-se criar um modelo conceitual de como as espécies estariam distribuídos ao longo de um gradiente com a influência das condições físicas do canal. Em córregos mais estreitos a influ-

ência da vegetação ripária é maior, pois reduz a entrada de luz no ambiente e contribui para uma menor variação na temperatura ambiente. Por outro lado, em córregos que tiveram sua vegetação ripária retirada ou quanto maior a largura dos córregos menor a influência da vegetação ripária, conseqüentemente, maior a entrada de luz solar e maior a variação da temperatura ambiente. Diante disso, em locais fechados e com menor variação de temperatura, espera-se encontrar espécies de menor tamanho corporal e possivelmente uma menor biomassa. Ao oposto dos ambientes abertos com uma incidência maior de luz. Nos casos de alterações ambientais, essas espécies com preferência por áreas com vegetação intacta, podem desaparecer (Clausnitzer, 2003) e a riqueza de táxons será reduzida a grupos generalistas e tolerantes, com baixo valor para a conservação (Covich *et al.*, 1999). Muitas espécies de Zygoptera ocorrem essencialmente em córregos com a presença de mata ripária (Hartung, 2002; Loliola e De Marco, 2011). Um exemplo de especialização de hábitat pode ser observado em alguns gêneros de Zygoptera: fêmeas de *Chalcopteryx* necessitam de habita específico para ovipor e por isso, só são encontradas em ambientes preservados.

As nossas hipóteses foram corroboradas parcialmente, uma vez que para Zygoptera, tanto em ambientes preservados como alterados, a curva de biomassa ficou acima da de abundância, apesar da diferença em ambientes alterados ser muito pequena e até mesmo o padrão de curva também pode ser usado como métrica preditiva do impacto. Para Anisoptera em ambientes degradados, houve o predomínio de espécies de crescimento rápido e de maior tamanho corporal, e por isso, a curva da biomassa se estendeu acima da curva de abundância, não estando de acordo com as predições da teoria da curva ABC. Acreditamos que essa variação está relacionada diretamente com as

exigências de termorregulação da duas subordem. Mesmo Zygoptera não tendo mostrado uma inversão das curvas, a técnica se mostrou eficiente em avaliar impacto ambiental e poderá ser usado para o grupo em programas de biomonitoramento. Uma das vantagens do método é que mesmo uma agência de fiscalização ambiental, que geralmente não dispõem de profissionais com conhecimento aprofundado de sistemática poderia usa-lo, pois bastaria separar por espécimens por morfotipos. Mesmo no nosso estudo tendo trabalhado somente com adulto, acreditamos que ele deve funcionar pra larva, além disso, deve funcionar bem para os outros grupos aquáticos, mas seria muito conveniente de ser testado nos proximos trabalhos.

AGRADECIMENTOS

F.G. de Carvalho e A.P. Justino agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de mestrado como parte do Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca (UFPA); J.M.B Oliveira-Junior agradece a concessão de bolsa de doutorado pelo CNPq como parte do Programa de Pós-graduação em Zoologia (UFPA/MPEG). Agradecemos a Enoque de Sousa Lima pelo auxílio nas etapas de campo.

REFERÊNCIAS

Belle J (1988) A synopsis of the species of *Phyllocyca* Calvert with description of four new taxa and a key to the genera of the neotropical Gomphidae (Odonata, Gomphidae). *Tijdschr. Entomol.* 131: 73-102.

Belle J (1996) Higher classification of the South-American Gomphidae (Odonata). *Zool. Mededeling.* 70: 298-324.

Benke AC (1976) Dragonfly Production and Prey Turnover. *Ecology* 57: 915-927.

Beukema JJ (1988) An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Mar. Biol.* 99: 425-433.

Borror DJ (1942) *A Revision of the Libelluline Genus Erythrodiplax (Odonata)*. Contributions in Zo-

logy and Entomology N° 4, Biological Series. Ohio State University. Columbus, OH, EEUU. 286 pp.

Borror DJ (1945) A key to the New World genera of Libellulidae (Odonata). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 38: 168-194.

Callisto M, Goulart M (2005) Invertebrate drift along a longitudinal gradient in a neotropical stream in Serra do Cipó National Park, Brazil. *Hydrobiologia* 539: 47-56.

Callisto M, Moretti M, Goulart M (2011) Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Rev. Brás. Rec. Hidr.* 6: 71-82.

Calvão LB, Vital MVC, Juen L, Lima Filho GF, Oliveira-Junior JMB, Pinto NS, De Marco PJr (2013) Thermoregulation and microhabitat choice in *Erythrodiplax latimaculata* Ris males (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 42: 97-108.

Carvalho AL, Calil ER (2000) Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil adultos e larvas. *Pap. Avul. Mus. Zool. USP* 41: 423-441.

Carvalho FG, Pinto NS, Oliveira-Junior JMB, Juen L (2013) Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. *Acta Limnol. Brás.* <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2013005000013>.

Clarke KR (1990) Comparisons of dominance curves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138: 143-157.

Clarke KR, Warwick RM (1994) *Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. Bourne Press. Bournemouth, RU. 128 pp.

Clarke KR, Warwick RM (2001) *Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2ª ed. PRIMER-E. Plymouth, RU. 172 pp.

Clausnitzer V (2003) Dragonfly communities in coastal habitats of Kenya: indication of biotope quality and the need of conservation measures. *Biodiv. Cons.* 12: 333-356.

Coeck J, Vandellannoote A, Yseboodt R, Verheyen RF (1993) Use of the abundance/biomass method for comparison of fish communities in regulated and unregulated lowland rivers in Belgium. *Regul. Rivs: Res. Manag.* 8: 73-82.

Colwell RK (2005) *User's Guide to EstimateS. Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*. Version 7.5.

Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation.

Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. 345: 101-118.

Colwell RK, Mao CX, Chang J (2004) Interpolatin, extrapolatin, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 17-27.

Corbet PS (1980) Biology of Odonata. *Annu. Rev. Entomol.* 25: 189-207.

Corbet PS (1999) *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Comstock. Ithaca, NY, EEUU. 829pp.

Corbet PS, May ML (2008) Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *Int. J. Odonatol.* 11: 155-171.

Costa JM, Lourenço NA, Vieira LP (2002) Chave de identificação para imagens dos gêneros de Libellulidae citados para o Brasil - Comentários sobre os gêneros (Odonata: Anisoptera). *Entomol. Vectores* 9: 477-504.

Couceiro SR, Hamada N, Forsberg BR, Pimentel TP, Luz SL (2012) A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecol. Indics.* 18: 118-125.

Covich AP, Palmer MA, Crowl TA (1999) The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems. *BioScience* 49: 119-127.

Dauer DM, Luckenbach MW, Rodi AJ (1993) Abundance biomass comparison (ABC method): effects of an estuarine gradient, anoxic/hypoxic events and contaminated sediments. *Mar. Biol.* 116: 507-518.

De Marco PJr (1998) The Amazonian Campina Dragonfly assemblage: Patterns in microhabitat use and behavior in a foraging habitat (Anisoptera). *Odonatologica*, 27: 239-248.

De Marco PJr, Latini AO (1998) Estrutura de guildas e riqueza de espécies em uma comunidade de larvas de Anisoptera (Odonata). Em Nessimian JL, Carvalho AL (Eds.) *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Oecologia Brasilensis. Rio de Janeiro, Brasil. pp. 101-112.

De Marco PJr, Resende DC (2002) Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologica* 31: 129-138.

De Marco PJr, Latini AO, Resende DC (2005) Thermoregulatory Constraints on Behavior: Patterns in a Neotropical Dragonfly Assemblage. *Neotrop. Entomol.* 34: 155-162.

Ferreira-Peruquetti P, De Marco PJr (2002) Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de

- Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Rev. Brás. Zool.* 19: 317-327.
- Ferreira-Peruquetti P, Fonseca-Gessner AA (2003) Comunidade de Odonata (Insecta) em áreas naturais de cerrado e monocultura no nordeste do estado de São Paulo, Brasil: relação entre o uso do solo e a riqueza faunística. *Rev. Brás. Zool.* 20: 219-224.
- Garrison RW (1990) A synopsis of the genus *Hetaerina* with descriptions of four new species (Odonata: Calopterigidae). *Trans. Am. Entomol. Soc.* 116: 175-259.
- Garrison RW, Von Ellenrieder N, Louton JA (2006) *Dragonfly Genera of the New World: An Illustrated and Annotated Key to the Anisoptera*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, EEUU. 368 pp.
- Garrison RW, Von Ellenrieder N, Louton JA (2010) *Damselfly Genera of the New World. An Illustrated and Annotated Key to the Zygoptera*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, EEUU. 490 pp.
- Gotelli NJ, Colwell RK (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4: 379-391.
- Hartung M (2002) *Heteragrion palmichale* spec. nov., a new damselfly from the Cordillera de la Costa, Venezuela (Zygoptera: Megapodagrionidae). *Odonatologica* 31: 187-191.
- Hughes JB, Daily GC, Ehrlich PR (2000) Conservation of insect diversity: a habitat approach. *Cons. Biol.* 14: 1788-1797.
- INMET (2005) Instituto Nacional de Meteorologia. Brasil. www.inmet.gov.br/html/clima.php (Cons. 03/08/2010).
- Juen L, De Marco PJr (2011) Odonata biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Cons. Div.* 4: 265-274.
- Juen L, De Marco PJr (2012) Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing hypotheses for biogeographical patterns. *Biodiv. Cons.* 21: 3507-3521.
- Juen L, Cabette HSR, De Marco PJr (2007) Odonate assemblage structure in relation to basin and aquatic habitat structure in Pantanal wetlands. *Hydrobiologia* 579: 125-134.
- Lencioni FAA (2005) *The Damselflies of Brazil: An Illustrated Guide -The Non Coenagrionidae Families*. All Print. São Paulo, Brasil. 332 pp.
- Lencioni FAA (2006) *The Damselflies of Brazil: An Illustrated Guide -Coenagrionidae*. All Print. São Paulo, Brasil. 419 pp.
- Loiola GR, De Marco PJr (2011) Behavioral ecology of *Heteragrion consors* Hagen (Odonata, Megapodagrionidae): a shade-seek Atlantic forest damselfly. *Rev. Bras. Entomol.* 55: 373-380.
- May ML (1976) Energy metabolism of dragonflies (Odonata: Anisoptera) at rest and during endothermic warm-up. *J. Exp. Biol.* 83: 79-94.
- May ML (1991) Thermal adaptation of dragonflies, revised. *Adv. Odonatol.* 5: 71-88.
- McCaughey SJ (2010) Body size and social dominance influence breeding dispersal in male *Pachydiplax longipennis* (Odonata). *Ecol. Entomol.* 35: 377-385.
- McManus JW, Pauly D (1990) Measuring ecological stress: variations on a theme by R.M. Warwick. *Mar. Biol.* 106: 305-308.
- Meire PM, Dereu J (1990) Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: some considerations based on intertidal Macrozoobenthos and bird communities. *J. Appl. Ecol.* 27: 210-223.
- Monteiro-Júnior CSJ, Couceiro SRM, Hamada N, Juen L (2013) Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. *Int. J. Odonatol.* 16: 135-144.
- Nessimian JL, Venticinque E, Zuanon J, De Marco PJr, Gordo M, Fidelis L, Batista JD, Juen L (2008) Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 614: 117-131.
- Oertli B (2008) The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats. Em Cordoba-Aguilar A (Ed.) *Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University Press. Oxford, RU. pp. 79-95.
- Oliveira-Junior JMB, Pinto NS, Juen L, Calvão LB (2011) Variações morfológicas de caracteres em *Erythrodiplax fusca* (Odonata: Libellulidae). *Enciclop. Biosf.* 7: 1-8.
- Oliveira-Junior JMB, Cabette HSR, Pinto NS, Juen L (2013) As variações na comunidade de Odonata (Insecta) em córregos podem ser preditas pelo Paradoxo do Plâncton? Explicando a riqueza de espécies pela variabilidade ambiental. *EntomoBrasilis* 6: 1-8.
- Pinto NS, Juen L, Cabette HSR, De Marco PJr (2012) Fluctuating asymmetry and wing size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in relation to riparian forest preservation status. *Neotrop. Entomol.* 41: 1-9.
- Reis EF, Pinto NS, De Carvalho FG, Juen L (2011) Efeito da integridade ambiental sobre a assimetria flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) (Kirby). *EntomoBrasilis* 4: 103-107.
- Remsburg AJ, Olson AC, Samways MJ (2008) Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance. *J. Insect Behav.* 21: 460-468.
- Remsburg AJ, Turner MG (2009) Aquatic and terrestrial drivers of dragonfly (Odonata) assemblages within and among north-temperate lakes. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 28: 44-56.
- Santos AJ (2003) Estimativas de riqueza em espécies. Em Cullen LJr, Rudran R, Valladares-Padua C (Eds.) *Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. UFPR, Fundação Botânico de Proteção à Natureza. Curitiba, Brasil. pp. 19-41.
- Silva DP, De Marco PJr, Resende DC (2010) Adult Odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecol. Indics.* 10: 744-752.
- Strahler HN (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Am. Geophys. Union Trans.* 38: 913-920.
- Tscharntke T, Steffan-Dewenter I, Kruess A, Thies C (2002) Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland-cropland landscapes. *Ecol. Applic.* 12: 354-363.
- Warwick RM (1986) A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.* 92: 557-562.
- Warwick RM, Clarke KR (1994) Rerelearning the ABC: taxonomic changes and abundance / biomass relationships in disturbed benthic communities. *Mar. Biol.* 118: 739-744.
- Warwick RM, Ruswahyuni (1987) Comparative study of the structure of some tropical and temperate marine soft-bottom macrobenthic communities. *Mar. Biol.* 95: 641-649.
- Warwick RM, Pearson TH, Ruswahyuni (1987) Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method. *Mar. Biol.* 95: 193-200.
- Yemane D, Field JG, Leslie RW (2005) Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves. *ICES J. Mar. Sci.* 62: 374-379.