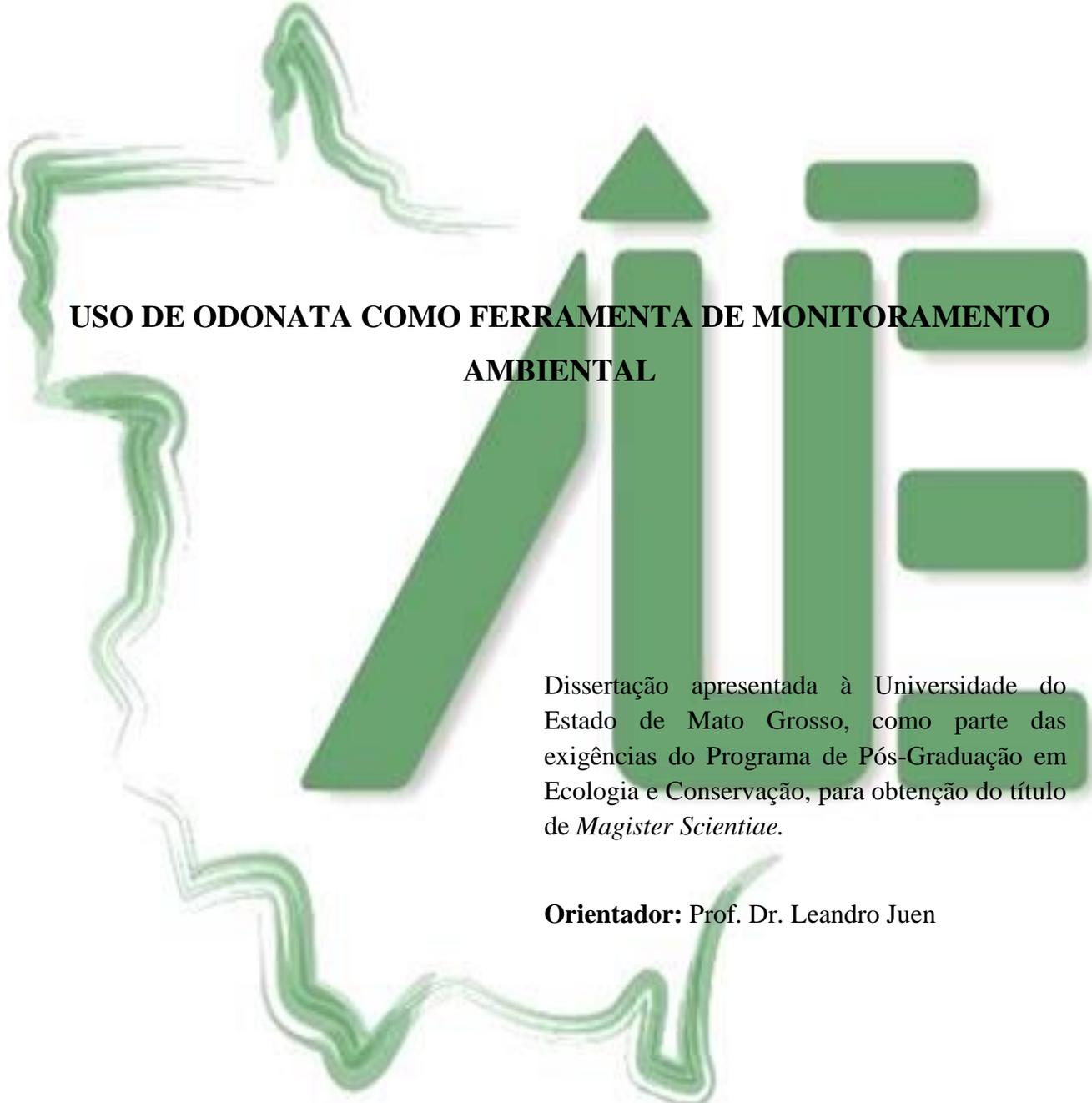


THIAGO BARROS MIGUEL



**USO DE ODONATA COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO
AMBIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Juen

NOVA XAVANTINA
MATO GROSSO – BRASIL
2015

THIAGO BARROS MIGUEL

**USO DE ODONATA COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO
AMBIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Juen

NOVA XAVANTINA
MATO GROSSO – BRASIL
2015

USO DE ODONATA COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Thiago Barros Miguel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso como requisito à obtenção do título de mestre

Nova Xavantina, 08 de janeiro de 2015, Banca examinadora:

Prof. Dr. Leandro Juen

Instituto de Ciências Biológicas-ICB
Universidade Federal do Pará-UFPA
(Orientador)

Prof. Dra. Joana Darc Batista

Departamento de Ciências Biológicas
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT
(Membro interno)

Prof. Dr. Ulisses Gaspar Neiss

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)
Universidade Federal do Amazonas – UFAM
(Membro externo)

Dr. Dilermano Pereira Lima Junior

Departamento de Ciências Biológicas
Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT
(Suplente)

Prof. Dra. Helena Soares Ramos Cabette

Departamento de Ciências Biológicas
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT
(Suplente)

A minha maravilhosa esposa, companheira e amiga, Karoline Agra de Castro Barros por não ter medido esforços e por sempre acreditar em mim, me encorajando a seguir por caminhos difíceis para que esse momento tão sonhado fosse conquistado. A você serei sempre grato.

“DEDICO”

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todas as conquistas em minha vida e em especial por este momento tão sonhado.

Aos meus pais, Saulo Miguel e Márcia Valéria Barros Miguel por ser a base de minha formação como pessoa me mostrando sempre o caminho correto e digno de se conquistar os objetivos, pela educação que me proporcionaram além do incentivo e apoio nessa caminhada. Pai, Mãe, obrigado por tudo, amo muito vocês, meus eternos agradecimentos.

A minha querida irmã, tendo a certeza de que seus pensamentos sempre estiveram comigo torcendo e vibrando por cada objetivo conquistado, Karol te amo e obrigado.

Ao meu sogro José Claudio e minha sogra Maria Eugênia, serei sempre grato por terem me acolhido em sua residência no período em que precisei me afastar de minhas atividades profissionais para me dedicar de forma exclusiva ao mestrado.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Leandro Juen, por ter tornado esse sonho uma realidade. Desde o dia que aceitou em me orientar sem antes sequer ter me conhecido, a não ser por apenas com algumas frases trocadas por e-mail, decidi depositar uma fagulha de confiança em um desconhecido. Estando sempre presente, me dando dicas e contribuições, com seu olhar crítico e construtivo me ajudou a superar os desafios, contribuindo para o meu crescimento profissional e para a conclusão deste presente manuscrito. Serei sempre grato.

Ao meu grande amigo João Germano Rosink, pelo incentivo e apoio não me deixando desistir no momento crucial de todo este processo, a realização da prova do processo seletivo. João meus sinceros agradecimentos.

Aos companheiros de turma, Firmino, José Carlos e Luciano, por me darem suporte em minhas visitas mensais à Nova Xavantina para cumprimento dos módulos das disciplinas.

Aos doutores Luciano Montag, Raphael Ligeiro, por sugestões em versões anteriores que foram de extrema importância.

Aos mestrandos Fernando Carvalho por estar sempre pronto abdicando de suas atividades para poder me auxiliar com as análises dando sugestões e contribuições significativas, Erlane Cunha pela grande ajuda na elaboração do mapa, Ana Paula pelas discussões calorosas e sugestões valiosas que contribuíram para a estruturação deste trabalho.

Aos doutorandos Gilberto Nicacio pelo apoio e incentivo em todas as vezes que visitei a cidade de Belém e Lenize Calvão que primeiramente quero agradecer pela amizade verdadeira e por tudo que fez por mim, me auxiliando com dicas e agregando seu grande conhecimento contribuindo com meu aprendizado.

A todo o grupo do LABECO pelo acolhimento e ajuda, gostaria de dizer que vocês foram muito importantes para a conclusão deste manuscrito.

Ao especialista Frederico Lencioni pela confirmação da identificação dos Zygotera.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), pela concessão da licença para capacitação.

Agradecemos as seguintes fontes de financiamento pelo apoio financeiro: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia-Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (CNPq 574008/2008-0), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa (SEG 02.08.06.005.00), Governo britânico: Darwin Initiative (17-023), TNC-The Nature Conservancy, e Natural Environment Research Council (NERC) (NE/F01614X/1 and NE/G000816/1).

Enfim, a todos que ouviram meus desabaços e respeitaram meu silêncio, que contribuíram de forma direta ou indireta para elaboração deste trabalho. Sou muito grato.

SUMÁRIO

Dedicatória	iv
Agradecimentos.....	v
Estrutura e formatação da dissertação	ix
Resumo geral	x
Lista de tabelas	xi
Lista de figuras	xii
Introdução geral	1
Hipóteses gerais	3
Referências bibliográficas.....	4
Capítulo 1: O QUANTO SABEMOS SOBRE AS LIBÉLULAS? UM ESTUDO CIENCIOMÉTRICO SOBRE A ORDEM ODONATA.....	6
Resumo	8
Introdução.....	10
Material e métodos	13
Resultados	15
Discussão	24
Agradecimentos	31
Referências bibliográficas.....	32
Apêndice.....	37
Apêndice I- Normas da revista “ <i>Insect Conservation and Diversity</i> ” seguidas para formatação do capítulo.....	37
Capítulo 2: ODONATA (INSECTA) COMO FERRAMENTA PARA O BIOMONITORAMENTO	45
Resumo	47
Introdução.....	48
Material e métodos	52
Área de estudo.....	52
Coleta do material biológico	54
Amostragem biológica	54
Análise da integridade física dos pontos	55
Análises dos dados	56
Resultados	59
Estrutura da comunidade de Odonata.....	59
Riqueza das espécies de Odonata por nível de conservação dos igarapés.....	59

Diversidade Taxonômica (Δ) e Distinção Taxonômica (Δ^*).....	61
Abundância/biomassa de Odonata por nível de conservação dos igarapés.....	62
Composição de espécies nas diferentes condições ecológicas e em relação ao Índice de Integridade do Habitat (IIH).....	64
Relação entre as características mensuradas das assembleias de Odonata.....	66
Métricas que melhor representam a comunidade de Odonata.....	67
Discussão	67
Agradecimentos	73
Referências bibliográficas.....	74
Apêndice	84
Apêndice II- Normas da revista “ <i>Ecological Indicators</i> ” seguidas para formatação do capítulo.	84

ESTRUTURA E FORMATAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação intitulada “**Uso de Odonata como ferramenta de monitoramento ambiental**” está dividida em dois capítulos que estão no formato de artigos, cujos objetivos centrais e formatação seguem abaixo:

1º artigo – No primeiro artigo intitulado “**O quanto sabemos sobre as libélulas? Um estudo cienciométrico sobre a ordem Odonata**” realizamos uma análise cienciométrica com a finalidade de identificar as principais características e lacunas das pesquisas envolvendo Odonata no Brasil e no mundo e, se estão sendo utilizados como indicadores de qualidade ambiental. A sequência dos conteúdos, bem como, as normas de formatação estão de acordo com as regras da revista “*Insect Conservation and Diversity*”, a qual o manuscrito será submetido.

2º artigo – No segundo artigo intitulado “**Odonata (insecta) como ferramenta para o biomonitoramento**” procuramos identificar quais as métricas da assembleia de Odonata (riqueza, abundância, biomassa, variação de composição, diversidade taxonômica e distinção taxonômica) seriam mais sensíveis apresentando melhor acurácia em avaliar a perda de integridade ambiental. O mesmo será submetido à revista “*Ecological Indicators*” também seguindo a sequência de conteúdos, bem como, normas de formatação da mesma, para então ser submetido após as sugestões propostas pela banca de defesa pública.

RESUMO GERAL

Nesse estudo o trabalho está dividido em dois artigos, o primeiro artigo traz um conceito descritivo sobre a ordem Odonata em que realizamos uma análise cienciométrica identificando as principais características e lacunas das pesquisas envolvendo Odonata como indicadores de qualidade ambiental. No segundo artigo identificamos quais das métricas da assembleia de Odonata (riqueza, abundância, biomassa, variação de composição, diversidade taxonômica e/ou distinção taxonômica) apresentaram melhor acurácia na avaliação da perda de integridade ambiental. Demonstramos no primeiro artigo que há um aumento gradativo de publicações envolvendo a ordem para o mundo e para o Brasil, sendo que trabalhos com abordagem ecológica ocorrem em maior número e que o uso dos Odonata como ferramentas na bioindicação tem aumentando expressivamente, sendo o maior número de trabalhos com indivíduos adultos. Observamos que, apesar do aumento da taxa de publicação, ainda existem lacunas para serem resolvidas e propomos novas formas de investigação como, por exemplo, biogeografia dos organismos, parasitismo dentro e entre as espécies, relações evolutivas e filogenias e estudos envolvendo o estágio larval destes organismos. No segundo artigo concluímos que as métricas que se basearam na composição de espécies e na diversidade e distinção taxonômica foram as que melhor representaram a comunidade mostrando boa acurácia. Desta maneira, estas técnicas se comportam como boas ferramentas na avaliação da integridade ambiental em programas de biomonitoramento.

Palavras-Chave: Estudo cienciométrico, complexidade ambiental, conservação da biodiversidade; Anisoptera, Zygoptera, Amazônia, monitoramento ambiental.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1. Autores que mais contribuem para o estudo da ordem Odonata no mundo e no Brasil entre os anos de 1992 a 2013.....	18
Tabela 2. Lista dos trabalhos mais citados envolvendo a ordem Odonata entre os anos de 1992 a 2013.....	20
Tabela 3. Relação do número de trabalhos desenvolvidos entre 1992 a 2013 envolvendo as principais famílias e principais espécies.....	23

ARTIGO 2

Tabela 1. Diversidade Taxonômica (Δ) e Distinção Taxonômica (Δ^*) para os diferentes níveis de conservação dos igarapés amostrados na Amazônia Oriental, Paragominas, PA, Brasil.....	62
Tabela 2. Análise de regressão multivariada de matrizes de distância (MDMR) para testar a associação entre a composição de espécies da comunidade de Odonata e o Índice de Integridade do Habitat (IIH).....	65
Tabela 3. Correlação entre as métricas: Jackknife, Diversidade Taxonômica (Δ), Distinção Taxonômica (Δ^*) e Composição de espécies utilizando o primeiro eixo da PCoA.....	67

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

- Figura 1.** Crescimento da produção científica envolvendo a ordem Odonata: (A) Escala global e (B) nacional entre os anos de 1992 a 2013.....15
- Figura 2.** Produção científica global, as cores indicam o número e a porcentagem de trabalhos envolvendo a ordem Odonata, as setas indicam os países que mais contribuem para o estudo da ordem em números de trabalhos publicados..... 16
- Figura 3.** Produção científica nacional contemplando a ordem Odonata nas principais regiões do Brasil. n: número de artigos.....17
- Figura 4.** Classificação dos trabalhos em escala global e nacional produzidos entre 1992 a 2013, eco. (ecológico), tax. (taxonômico e descritivo), morf. (morfométrico), fil. (filogenético), bio. (biomonitoramento), evo.(evolutivo) e ped. (pedagógico).....18
- Figura 5.** Número de citação para trabalhos publicados envolvendo a ordem Odonata entre os anos de 1992 a 2013.....20

ARTIGO 2

- Figura 1.** Rede de drenagem e distribuição dos igarapés de acordo com o nível de conservação (preservado, alterado ou degradado) amostrados na Amazônia Oriental, Paragominas, PA, Brasil.....53
- Figura 2.** Riqueza estimada de espécies (*jackknife* de primeira ordem) (média \pm intervalo de confiança) por níveis de conservação dos igarapés amostrados na Amazônia Oriental, Paragominas, PA, Brasil, apenas para (A) ordem Odonata (B) subordem Anisoptera e (C) subordem Zygoptera.....60
- Figura 3.** Relação entre riqueza de espécies de Odonata; A) Anisoptera; B) Zygoptera com Índice de Integridade do Habitat (IIH) dos igarapés no município de Paragominas, PA, Brasil.....61
- Figura 4.** Regressão linear entre os valores da Diversidade Taxonômica (A) e Distinção Taxonômica (B) contra os valores do Índice de Integridade do Habitat (IIH).....62
- Figura 5.** Curva ABC, abundância (triângulo preto) e biomassa (triângulo cinza) realizada para ordem Odonata em: (A) igarapés degradados, (B) alterados e (C) preservados. Para a subordem Anisoptera em: (D) igarapés degradados, (E) alterados e (F) preservados, e para a subordem Zygoptera em: (G) igarapés degradados, (H) alterados e (I) preservados..... 63
- Figura 6.** Correlação entre scores das unidades amostrais geradas pela MDMR e o Índice de Integridade do Habitat (IIH), demonstrando a similaridade entre os indivíduos dentro da comunidade ao longo de um gradiente ambiental.....65
- Figura 7.** Threshold Indicator Taxa ANalysis (TITAN). Pontos de mudança e limites de confiança significativos (90%) de espécies indicadoras (n = 20) ao longo dos valores de IIH. Espécies indicadoras significativas são espécies com, IndVal $p < 0,05$; pureza $> 0,95$ e confiabilidade $> 0,95$ para 500 bootstrap e 250 permutações. Os pontos de alteração são representados por círculos pretos e cinzas para as espécies associadas com alta e baixa perturbação, respectivamente.....66

INTRODUÇÃO GERAL

Antes mesmo de a ecologia existir como ciência, os naturalistas já estavam interessados nos padrões da distribuição de espécies nas comunidades naturais. No último século esse conhecimento tem avançado bastante, proporcionando uma base teórica para formulação de muitas teorias (Cianciaruso et al. 2009). Teorias como a da sucessão ecológica (Clements, 1916; Gleason, 1927), a ubiquidade e a raridade das espécies (Fischer et al. 1943; Preston, 1948; MacArthur, 1960), a biogeografia de ilhas (MacArthur & Wilson, 1967) e a distribuição latitudinal da diversidade de espécies (Brown, 1995), contribuíram consideravelmente para a compreensão espaço-temporal dos padrões de diversidade biológica (Rosenzweig, 1995; Magurran, 2004).

Nas últimas décadas, acompanhando a expansão da ciência e da tecnologia, tornou-se cada vez mais evidente a necessidade de avaliar tais avanços e de determinar os desenvolvimentos alcançados pelas diversas disciplinas do conhecimento. Surgindo na URSS e na Europa Oriental a cienciometria se torna uma ferramenta para “a medição do processo informático”, onde o termo “informático” significava “a disciplina do conhecimento que estuda a estrutura e as propriedades da informação científica e as leis do processo de comunicação” (Spinak, 1996).

Conhecer a diversidade de espécies existente numa área é fundamental para a compreensão da natureza, para otimizar o gerenciamento da área em relação a atividades de exploração de baixo impacto e também para ser utilizada como ferramenta em programas de conservação de recursos naturais ou recuperação de ecossistemas degradados (Melo, 2008). Ações antrópicas como modificação de áreas naturais por outras com uso do solo voltado para agricultura ou pecuária, retirada da mata ciliar e modificação da rede hidrográfica tem

resultado no comprometimento de ecossistemas aquáticos, ocasionando perda da biodiversidade (Allan & Flecker, 1993; Allan, 2004).

Uma das maneiras de se avaliar impactos ambientais é incluindo a biota em programas de monitoramento, tornando-se uma ferramenta importante na busca de informações sobre a integridade dos ecossistemas e da qualidade ambiental (Karr, 1981; Rosenberg & Resh, 1993). Dentre os inúmeros grupos de organismos aquáticos, as libélulas (Odonata) apresentam distribuição, riqueza e composição altamente associadas às modificações ambientais (Samways & Steytler, 1996; Juen et al. 2007; Silva et al. 2010). Por habitar dois ambientes distintos durante o seu desenvolvimento (fase imatura aquática e a adulta terrestre/aérea) (Corbet, 1999), esses organismos podem ser indicadores de modificações que ocorrem tanto no meio aquático quanto no terrestre (Reis et al. 2011; Pinto et al. 2012).

Diante dos problemas gerados pela conversão de áreas naturais em áreas antropizadas, o uso de métricas como ferramentas para avaliação desses impactos através das comunidades biológicas se torna fundamental para se ter o indicativo da qualidade dos ambientes compreendendo os padrões da dinâmica das comunidades. Esse entendimento pode levar os ecólogos e conservacionistas a terem um melhor entendimento dos processos físicos que regulam a distribuição espacial e temporal dessa biodiversidade nos ecossistemas, ajudando desta forma a definir estratégias adequadas para sua conservação (Veech et al. 2002).

HIPÓTESES TESTADAS

- **Artigo 1** – As perguntas a serem respondidas são: (i) Qual é a taxa de crescimento da produção científica envolvendo especificamente a ordem Odonata nos últimos anos no Brasil e no Mundo? (ii) Em que países e, no caso do Brasil, regiões e estados, esses estudos estão sendo realizados? (iii) Quais os autores que mais contribuem para o conhecimento da ordem e em quais revistas estes estudos estão sendo publicados? Esses trabalhos estão sendo citados por outros autores? (iv) Quais os grupos (superordem e subordens) de Odonata mais estudados? (v) Quais são as principais características e lacunas na produção científica: (vi) Qual o foco destes estudos? Taxonômico ou ecológico? (vii) Os estudos de larvas e adultos são similares em termos de número de trabalhos e padrões detectados? (viii) Qual a resolução taxonômica normalmente usada nos trabalhos? Família, gênero, morfoespécie ou espécie? (ix) Existem trabalhos de biomonitoramento envolvendo especificamente Odonata? Quais os tipos de respostas que são obtidas?
- **Artigo 2** – As hipóteses a serem testadas são: (i) A riqueza taxonômica não irá representar bem os impactos, uma vez que alterações nas paisagens simplesmente gerará a substituição de espécies especialistas por espécies generalistas. Assim, o número de espécies pode ser o mesmo ou até mesmo maior em ambientes alterados, mascarando o efeito da modificação ambiental. (ii) Entre as métricas univariadas, as curvas ABC e a diversidade e distinção taxonômicas representarão bem as condições ambientais de locais preservados a degradados, (iii) A composição de espécies (dados multivariados) será uma boa ferramenta para caracterizar os impactos ambientais, uma vez que as comunidades apresentarão grande *turnover* entre áreas degradadas a preservadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, J.D. & Flecker, A.S. (1993). Biodiversity conservation in running waters. *BioScience*, 43, 32-43.
- Allan, J.D. (2004). Landscape and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35, 257-284.
- Brown, J.H. (1995). *Macroecology*. Chicago, University of Chicago.
- Cianciaruso, M.V.; Silva, I.A. & Batalha, M.A. (2009). Phylogenetic and functional diversities: new approaches to community Ecology. *Biota Neotropica*, 9, 1-11.
- Clements, F.E. (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Washington, Carnegie Institution of Washington.
- Corbet, P.S. (1999). *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*. London: Ed. Comstock Pub Assoc, 802p.
- Fischer, R.A.; Corbert, A.S. & Williams, C.B. (1943). The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, 12, 42-58.
- Gleason, H.A. (1927). Further views on the succession-concept. *Ecology*, 8, 299–326.
- Juen, L.; Cabette, H.S.R. & De Marco, P.Jr. (2007). Odonate assemblage structure in relation to basin and aquatic habitat structure in Pantanal wetlands. *Hydrobiologia*, 579: 125-134.
- Karr, J.R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6, 21-27.
- Macarthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton, Princeton University.
- Macarthur, R.H. (1960). On the relative abundance of species. *American Naturalist*, 94, 25-36.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford, Blackwell.
- Melo, A.S. (2008). What do we win ‘confounding’ species richness and evenness in a diversity index? *Biota Neotropica*, 8, 21-27.

- Pinto, N.S.; Juen, L.; Cabette, H.S.R. & De Marco, P.Jr. (2012). Fluctuating Asymmetry and Wing Size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in Relation to Riparian Forest Preservation Status. *Neotropical Entomology*, 41, 1-9.
- Preston, F.W. (1948). The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, 29, 254-283.
- Reis, E.F.; Pinto, N.S.; De Carvalho, F.G. & Juen, L. (2011). Efeito da integridade ambiental sobre a Assimetria Flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae:Odonata) (Kirby). *EntomoBrasilis*, 4, 103-107.
- Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic invertebrates*. (Chapman and Hall, Ney York).
- Rosenzweig, M.L. (1995). *Species diversity in space and time*. Cambridge, Cambridge University.
- Samways, M.J. & Steytler, N.S. (1996). Dragonfly (Odonata) distribution patterns in urban and forest landscapes, and recommendations for riparian management. *Biological Conservation*, 78, 279-288.
- Silva, D.P.; De Marco, P.Jr. & Resende, D.C. (2010). Adult Odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecological Indicators*, 10, 744-752.
- Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informetría*. Montevideo, 245 p.
- Veech, J.A.; Summerville, K.S.; Crist, T.O. & Gering, J.C. (2002). The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos*, 99, 3-9.

Artigo 1

**O QUANTO SABEMOS SOBRE AS LIBÉLULAS? UM ESTUDO
CIENCIOMÉTRICO SOBRE A ORDEM ODONATA**

Formatado de acordo com as normas da revista *Insect Conservation and Diversity* (Apêndice I)

O quanto sabemos sobre as libélulas? Um estudo cienciométrico sobre a ordem Odonata

Thiago Barros Miguel^a*, Marcos Vinicius Carneiro Vital^b & Leandro Juen^{a,c}

^a Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade do Estado de Mato Grosso, Br 158, Km 148, CEP:78690-000, Nova Xavantina-MT, Brasil. e-mail: thiagobmiguel@hotmail.com.br

^b Laboratório de Ecologia Quantitativa, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Avenida Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro dos Martins, CEP 57072-900, Maceió, alagoas, Brasil. E-mail: marcosvital@gmail.com

^c Laboratório de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correia, Nº 1, Bairro Guamá, CEP: 66075-110, Belém, Pará, Brasil. E-mail: leandrojuen@ufpa.br

*Autor correspondente

Resumo

Odonata também conhecido como libélulas, são insetos cujo estágio larval é aquático e quando adultos são terrestres. São importantes para o funcionamento dos sistemas aquáticos, pois além de serem predadores também podem servir de alimento para outros organismos, ligando diferentes níveis na teia trófica. Em virtude de sua sensibilidade ambiental são organismos bioindicadores. Nesse estudo o objetivo foi realizar uma análise cienciométrica para identificar as principais tendências e lacunas das pesquisas com Odonata, avaliando ainda as diferentes respostas da ordem para os estudos de monitoramento ambiental. Foram compiladas informações de artigos científicos nos websites *Institute for Scientific Information* – ISI e Scielo, além das revistas *Odonatologica* e *International Journal of Odonatology* que são específicas para o táxon, publicados entre os anos 1992 e 2013 que continham “Odonata*”, “Anisoptera*”, “Zygoptera*”, “Dragonflie*” e “Damselie*” em seus abstracts, palavras chaves ou títulos. Foram analisados 2.317 artigos, detectando: (i) Um aumento gradativo de publicações envolvendo a ordem para o mundo e para o Brasil; (ii) As taxas de citações são baixas para a maioria dos trabalhos; (iii) Os países que mais produzem artigos com a ordem são EUA e Brasil (América), Inglaterra e Alemanha (Europa), China (Ásia), África do Sul (África) e Austrália (Oceania); (iv) Nel, A., Stoks, R., Cordoba-Aguilar, A. e Samways, M.J., foram os autores que mais contribuíram para o conhecimento da ordem; (v) *Odonatologica*, *International Journal of Odonatology* e *Zootaxa* são as revistas onde a maioria dos trabalhos estão sendo publicados; (vi) A maioria dos trabalhos apresentaram uma abordagem ecológica; (vii) Usando predominantemente o estágio adulto; (viii) Identificando até espécies; (ix) 49 estudos são de bioindicação, usando as espécies como indicadoras, variação na composição da comunidade, assimetria flutuante, bioacumulação, riqueza/abundância de espécies e Índice de Hábitat de Odonata (OHI). O aumento de publicações em ecologia envolvendo a ordem Odonata pode ser devido ao dinamismo da ordem e a sistemática relativamente bem resolvida, principalmente do estágio adulto, facilitando o uso destes insetos nos mais diversos tipos de estudos. Apesar do aumento da taxa de publicação ainda existem lacunas para serem resolvidas, como por exemplo, biogeografia dos organismos, parasitismo dentro e entre as espécies, relações evolutivas e filogenias e estudos envolvendo o estágio larval destes organismos. O uso dos Odonata como ferramentas na bioindicação tem aumentando expressivamente, sendo o maior número de trabalhos com indivíduos adultos. Acreditamos que em virtude da sensibilidade da ordem podem ser usados

de diversas formas para avaliar os sistemas aquáticos, podendo ser detectores, exploradores ou acumuladores refletindo suas respostas às mudanças ambientais.

Palavras-Chave: Produção científica, lacunas do conhecimento, indexação, indicadores bibliográficos; Anisoptera, Zygoptera.

Introdução

Indivíduos da ordem Odonata, também conhecidos como libélulas, são insetos alados compostos por aproximadamente 7.000 espécies (Kalkman *et al.*, 2008). Despertam o interesse na comunidade científica pela importância ecológica que desempenham nos sistemas aquáticos e terrestres (Corbet, 1999). Apresentam uma ampla distribuição em todos os continentes, formando um dos maiores grupos de insetos predadores, encontrados principalmente nos ambientes aquáticos (Samways & Steytler, 1996). Na fase imatura, podem se associar às plantas aquáticas ou ao fundo dos corpos d'água (Corbet, 1999; Juen *et al.*, 2007) e quando adultos são terrestres/aéreos, necessitando dos corpos d'água para reproduzir (Corbet, 1999). Atuam ativamente na transferência de energia nos sistemas aquáticos e na interface entre os ambientes aquáticos e terrestres (Knight *et al.*, 2005).

Os indivíduos dessa ordem exercem grande fascínio no público por serem atraentes, grandes, coloridos, carismáticos, e a maioria das espécies fáceis de serem observadas e amostradas (Carle, 1979; De Marco & Vianna, 2005). Além disso, são sensíveis a modificações ambientais (Oertli, 2008; Pinto *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2013; Monteiro Júnior *et al.*, 2013), pois as espécies estenotópicas (a condições ambientais restritas) são mais sensíveis às alterações ambientais, requerendo condições de hábitat especializados (Oertli, 2008). Eles apresentam uma relação muito estreita com o ambiente em que vivem, respondendo rapidamente as alterações antrópicas ou naturais, podendo ser comumente utilizados em estudos de biomonitoramento (Silva *et al.*, 2010; Pinto *et al.*, 2012) de seu hábitat. Em virtude dessas características eles apresentam grande potencial para serem usados como espécies bandeiras em ações de conservação, existindo até mesmo turismo para sua observação e identificação em áreas naturais (Clausnitzer, 2009).

A ordem possui uma história evolutiva bastante basal, aparecendo pela primeira vez no registro fóssil no Permiano Inferior a cerca de 250 milhões de anos (Grimaldi & Engel,

2005). Estão divididos em três subordens. Anisoptera, conhecidos como verdadeiras libélulas, e Zygoptera, conhecidos como “donzelinhas” são as duas principais. A terceira subordem, Anisozygoptera, apresenta características que lembram Zygoptera, atualmente incluídos dentro de Anisoptera ou combinado com eles sob o novo nome Eiprocta (Kalkman *et al.*, 2008; Dijkstra *et al.*, 2014), ocorrendo somente no Japão (Asahina, 1954), na China (Li *et al.*, 2012) e no Himalaia (Tillyard, 1921; Asahina, 1961, 1963; Brockhaus & Hartmann, 2009), existindo apenas três espécies descritas.

No século XX, foram publicados os principais trabalhos e revisões que tiveram e continuam tendo grande influência nas pesquisas atuais, merecendo destaque Robin Tillyard que escreveu “*The Biology of Dragonflies*” (1917), livro que agrupou o escasso conhecimento até então existente, principalmente em anatomia, desenvolvimento, fisiologia e ecologia da ordem. Em seguida Philip Corbet (1962), mais tarde publicado em 1963 e reeditado em 1983), escreveu o livro “*A Biology of Dragonflies*” que complementa a produção de Tillyard, enfocando em comportamento e apontando para uma série de linhas e problemas para serem investigados. Em 1999, um novo livro de Corbet, “*Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*”, foi publicado, desenvolvendo e ampliando seu trabalho anterior (Rowe, 2003), sendo um dos marcos na pesquisa do grupo.

Nos últimos 50 anos os trabalhos envolvendo comportamento e ecologia da ordem vem crescendo acompanhando o grande volume de informação e conhecimento produzido no mundo. Atualmente os Odonata são utilizados como organismos modelo para diversas pesquisas nas áreas de ecologia comportamental, genética e evolução (Córdoba-Aguilar, 2008). Analisando o número de trabalhos disponibilizados nos últimos 20 anos, percebe-se um número crescente de estudos envolvendo comportamento, seleção sexual, morfologia da asa e características de voo, dispersão, distribuição das comunidades e respostas às alterações ambientais. No Brasil, os trabalhos também seguem a tendência global com uma elevada

produção científica nos últimos anos, tendo destaque os estudos realizados nas regiões sudeste e norte, conforme pode ser observado no trabalho de De Marco & Viana (2005) que avaliaram o esforço de amostragem no Brasil. Apesar de ser claro e notável o aumento do número destes trabalhos no cenário global, há poucos registros de trabalhos que utilizam análises para observar os padrões e processos envolvendo os estudos da ordem, propondo e sugerindo futuras linhas de pesquisas a serem desenvolvidas. Aproveitando assim o potencial de aplicação da ordem Odonata em diversas áreas de estudo (Córdoba-Aguilar, 2008).

Diante desse cenário, o objetivo do estudo foi realizar uma análise cienciométrica com a finalidade de identificar as principais características e lacunas das pesquisas envolvendo Odonata, se estes trabalhos estão utilizando estes organismos como indicadores de qualidade ambiental e quais as metodologias usadas para este fim. As principais perguntas que buscamos responder foram: (i) Qual é a taxa de crescimento da produção científica envolvendo especificamente a ordem Odonata nos últimos anos no Brasil e no Mundo? (ii) Em que países e, no caso do Brasil, regiões e estados, esses estudos estão sendo realizados? (iii) Quais os autores que mais contribuem para o conhecimento da ordem e em quais revistas estes estudos estão sendo publicados? Esses trabalhos estão sendo citados por outros autores? (iv) Quais os grupos (superordem e subordens) de Odonata mais estudados? (v) Quais são as principais características e lacunas na produção científica: (vi) Qual o foco destes estudos? Taxonômico ou ecológico? (vii) Os estudos de larvas e adultos são similares em termos de número de trabalhos e padrões detectados? (viii) Qual a resolução taxonômica normalmente usada nos trabalhos? Família, gênero, morfoespécie ou espécie? (ix) Existem trabalhos de biomonitoramento envolvendo especificamente Odonata? Quais os tipos de respostas que são obtidas?

Assim será possível identificar quais os avanços, bem como quais são as lacunas existentes na literatura atual para o mundo e também para o Brasil. Com isso queremos

chamar a atenção para o que ainda necessita ser feito e estudado dentro da ordem, incentivando novas pesquisas em áreas menos conhecidas.

Material e Métodos

As informações bibliográficas foram compiladas dos websites “Thomson Reuters Web of Knowledge” e “Scielo”. Foram selecionados os manuscritos que responderam às palavras “Odonata*” “Anisoptera*”, “Zygoptera*”, “Dragonflies*” e “Damselflies*”, realizando a busca nos títulos, resumos e nas palavras-chaves dos manuscritos entre os anos de 1992 e 2013. Quando as informações em relação ao tipo de estudo, região de estudo, e grupos taxonômicos analisados não estavam claras nos títulos ou nos resumos a análise foi feita no corpo do manuscrito. Para evitar duplicidade nos resultados contendo apenas a palavra Odonata, as buscas foram realizadas confrontando sempre o termo Odonata com as demais palavras chave. Além dessas buscas gerais, foram analisadas as duas revistas específicas que publicam apenas estudos da ordem; a *Odonatologica* e a *International Journal of Odonatology*.

Em cada artigo foram retiradas informações do ano de publicação, título da revista, número de citações por ano, autores, países e estados brasileiros onde ocorreram as coletas dos dados, em quais escalas espaciais os estudos estão sendo realizados e os grupos taxonômicos analisados.

Trabalhos que envolveram mais de uma região geográfica foram contados apenas uma vez para cada região ou estado. Artigos com mais de um autor foram considerados para todos os autores, independentemente da ordem de autoria. As informações sobre resolução taxonômica, nível de organização, tipo e estudo e de estágios de vida foram categorizadas conforme listado abaixo:

Resolução taxonômica: (i) Espécies, (ii) morfo-espécies, (iii), gênero ou (iv) família. Tipo de Estudo: (i) Ecológicos, para aqueles que envolvem estudos teóricos, de modelagem, macroecologia e relações intra e interespecíficas. (ii) Taxonômicos, para aqueles que apresentaram descrição ou redescricao de espécies, chaves de identificação e lista de espécies. (iii) Filogenéticos, para aqueles que enfatizaram relações de parentesco entre os organismos. (iv) Morfométricos, para aqueles que enfatizaram descrição de estruturas corpóreas em larvas e adultos. (v) Pedagógicos, para aqueles que enfatizaram práticas didáticas (atividades de ensino). Para trabalhos com duas abordagens distintas de estudo, foi contabilizado separadamente cada tipo de estudo.

Estágios de vida: (i) estágios larvais (imatuross) ou (ii) adultos.

Biomonitoramento: os trabalhos que usavam esta abordagem foram classificados de acordo com as respostas apresentadas pela assembleia de Odonata: (i) mudanças na composição da comunidade, (ii) na riqueza de espécies e/ou abundância de indivíduos, (iii) espécies bioindicadoras, (iv) bioindicação através de assimetria flutuante e (v) bioacumulação.

Resultados

A pesquisa resultou em 2.317 trabalhos cujo foco foi a ordem Odonata. Para a produção científica mundial foram encontrados 553 (23,73%) registros entre os anos de 1992 a 2000 e 1.764 (76,27%) registros entre os anos de 2001 a 2013 (Figura 1A). Para o Brasil, foram registrados 15 (12,29%) trabalhos para os anos de 1995, 1998, 1999 e 2000, já para os anos de 2001 a 2013 foram encontrados 107 (87,70 %) artigos (Figura 1B).

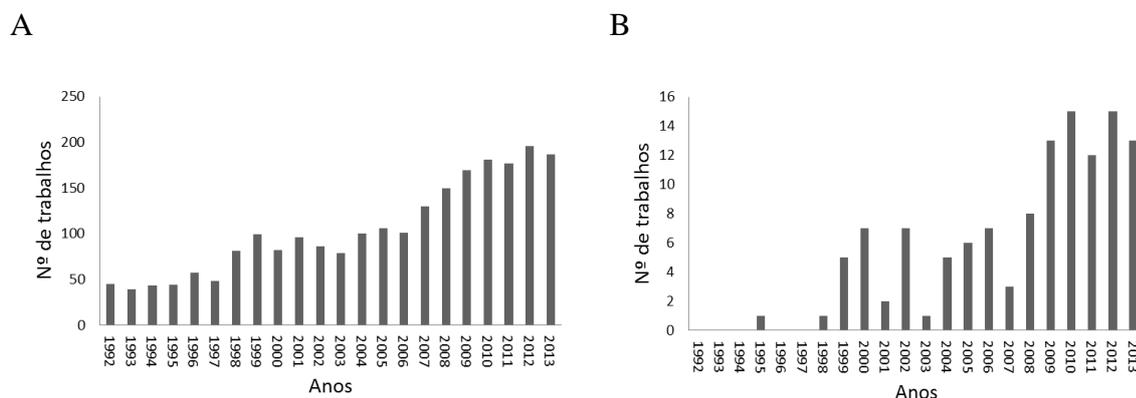


Figura 1. Crescimento da produção científica envolvendo a ordem Odonata: (A) Escala global e (B) nacional entre os anos de 1992 a 2013.

Os países que mais contribuíram para o conhecimento da ordem na Europa foram a Inglaterra com 43 trabalhos e Alemanha com 29 trabalhos, correspondendo a 25,9% do total de trabalhos para o continente. Na América foram os Estados Unidos com 155 trabalhos, seguidos pelo Brasil com 122 trabalhos e Argentina com 38 trabalhos, correspondendo a 63% do total para o continente. Na Ásia foram a China com 96 trabalhos e Malásia com 29 trabalhos, correspondendo a 42% do total para o continente. Na África foram a África do Sul com 23 trabalhos e Argélia com oito trabalhos correspondendo a 31% do total para o continente. Na Oceania foram a Austrália com 22 trabalhos e Papua Nova Guiné com 16 trabalhos, correspondendo a 76% do total para o continente. Nos arquipélagos e ilhas encontramos o Hawaii com oito trabalhos e Açores com quatro trabalhos, correspondendo a 63,15% do total para os arquipélagos e ilhas (Figura 2). Cento e um trabalhos não

informavam a região ou o país aonde foram realizados, por este motivo foram classificados somente ao continente que pertenciam.

Para o Brasil o maior número de trabalhos foi realizado principalmente nas regiões Sudeste e Norte, totalizando 86 trabalhos. Os estados que mais contribuíram para o estudo da ordem foram: Minas Gerais, com 27 trabalhos, seguido do Amazonas, com 18 trabalhos, Rio de Janeiro, com 13 trabalhos, e São Paulo, com 12 trabalhos (Figura 3).

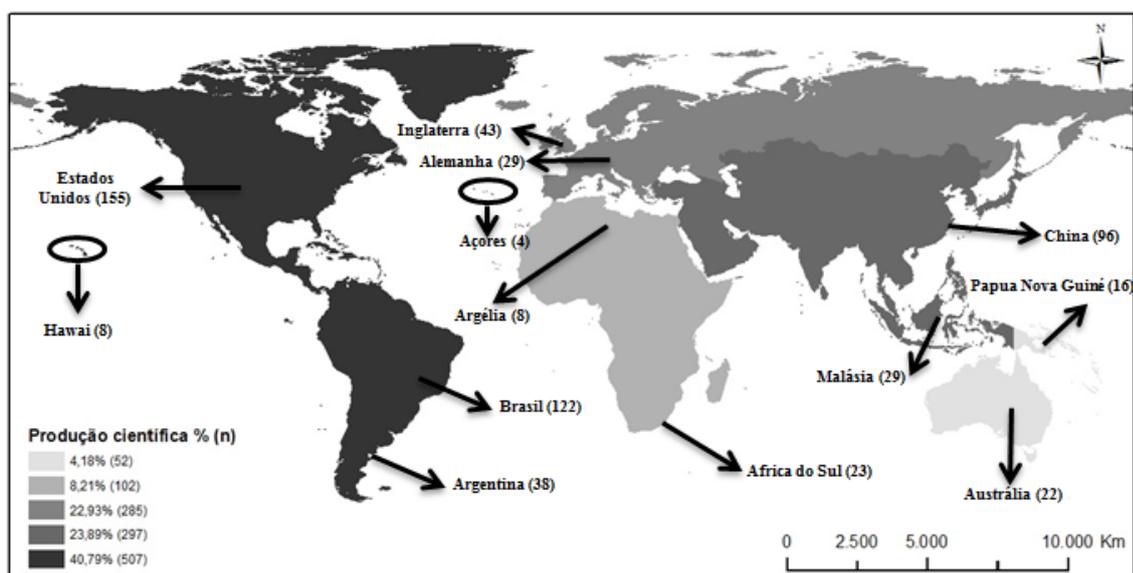


Figura 2. Produção científica global, as cores indicam o número e a porcentagem de trabalhos envolvendo a ordem Odonata, as setas indicam os países que mais contribuem para o estudo da ordem em números de trabalhos publicados.

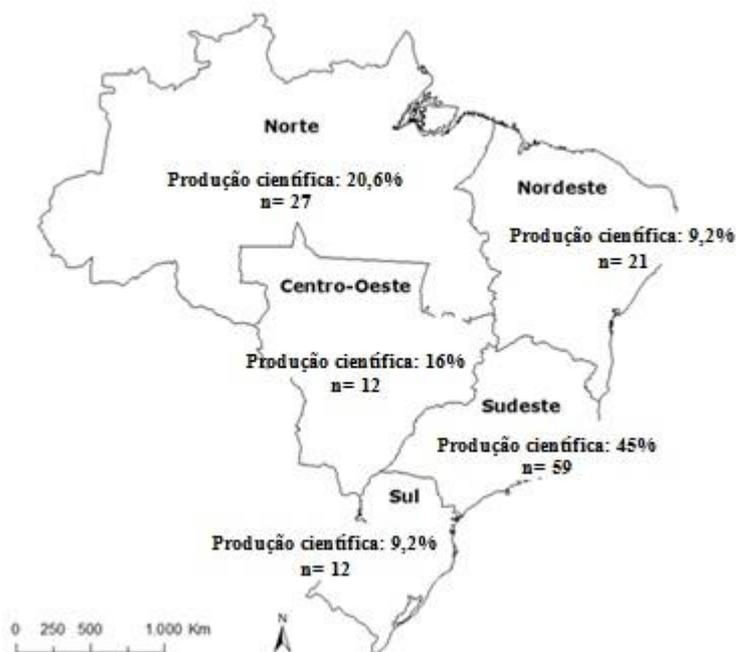


Figura 3. Produção científica nacional contemplando a ordem Odonata nas principais regiões do Brasil. n = número de artigos.

De todos os trabalhos analisados a maioria 40,9% (n = 949) é de cunho ecológico, com abordagem taxonômica a taxa foi de 25,9% (n = 602), 4,1% (n = 95) dos trabalhos com características morfométricas, 2,37% (n = 55) envolvendo filogenias, 2,11% (n = 49) de trabalhos com biomonitoramento, 0,6% (n = 14) dos trabalhos abordaram caráter evolutivo e 0,17% (n = 4) com caráter didático (atividades de ensino) (Figura 4). No Brasil, 69,6% (n = 85) dos artigos usam abordagem taxonômica, 26,2% (n = 32) ecológicos, 2,4% (n = 3) com biomonitoramento e 0,8% (n = 1) para trabalhos envolvendo características morfométricas. Não foram registrados trabalhos de filogenias e/ou evolutivos para o Brasil (Figura 4).

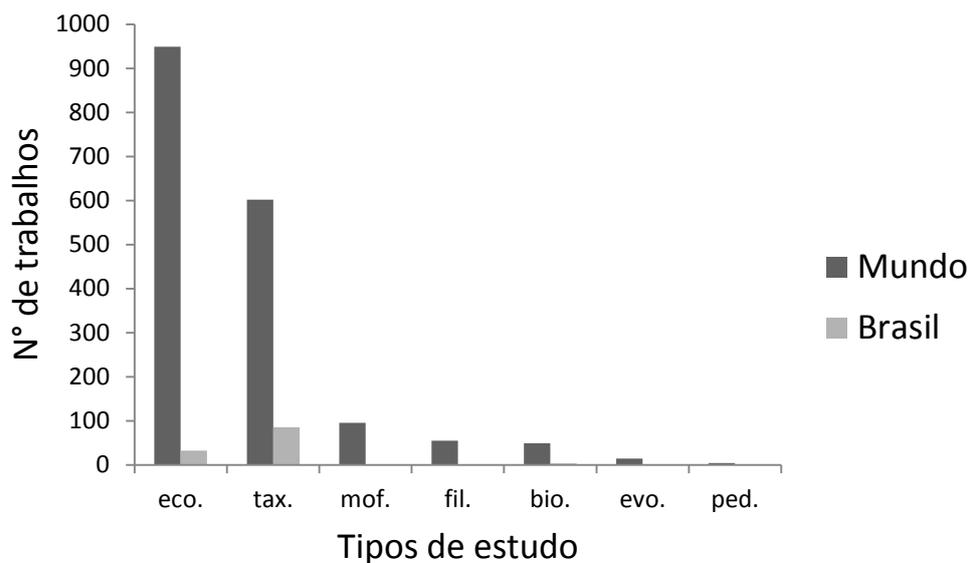


Figura 4. Classificação dos trabalhos em escala global e nacional produzidos entre 1992 a 2013, eco. (ecológico), tax. (taxonômico e descritivo), mof. (morfométrico), fil. (filogenético), bio. (biomonitoramento), evo. (evolutivo) e ped. (pedagógico).

Entre os autores que mais contribuem para o conhecimento da ordem no mundo destaca-se na Europa, Nel, A., na França com 75 trabalhos e Stoks, R., na Bélgica com 68 trabalhos. Na América Central, Cordoba-Aguilar, A., com 52 trabalho e Novelo-Gutierrez, R., com 41 trabalhos, ambos no México. Na África do Sul (África) Samways, M.J., com 44 trabalhos (Tabela 1). Para o Brasil os autores que mais contribuíram com o estudo da ordem foram Machado, A.B.M., com 23 trabalhos, Costa, J.M., com 15 trabalhos, Carvalho, A.L., De Marco, P.Jr. e Lencioni, F.A.A., com oito trabalhos cada. (Tabela 1).

Tabela 1. Autores que mais contribuem para o estudo da ordem Odonata no mundo e no Brasil entre os anos de 1992 a 2013.

Mundo		Brasil	
Autores	Nº trabalhos	Autores	Nº trabalhos
Nel, A.	75	Machado, A.B.M.	23
Stoks, R.	68	Costa, J.M.	15
Cordoba-Aguilar, A.	52	Carvalho, A.L.	8
Samways, M.J.	44	De Marco, P.Jr.	8
Novelo-Gutierrez, R.	41	Lencioni, F.A.A.	8

Poucos artigos tiveram elevados índices de citação, apenas 11 (0,47%) trabalhos apresentaram uma taxa de citação maior que 100 vezes. Por outro lado, 1.383 (59,6%) artigos apresentaram taxas variando entre três a 100 citações e 923 (39,8%) trabalhos apresentaram até duas citações (Figura 5).

Entre os trabalhos com o número de citação maior que 100 vezes, seis tiveram uma abordagem ecológica experimental testando comportamento de larvas em relação à presença de predadores, mostrando a capacidade da ordem em detectar e responder a estímulos químicos sobre os riscos de predação. Entre eles pudemos detectar quatro abordagens de estudos: 1) testes da territorialidade entre machos, relacionando a agressividade do macho com a reserva energética (gordura); 2) testes demonstrando mudanças morfológicas em girinos na presença de larvas predadoras; 3) testes demonstrando a migração de indivíduos de acordo com alterações climáticas, e 4) testes relacionando história de vida e respostas comportamentais a limitações de tempo de acordo com a sazonalidade (Tabela 2). Observamos também um trabalho relacionando características sexuais secundárias com a carga de parasitas em adultos (Tabela 2) mostram a capacidade da ordem em detectar e responder a estímulos químicos sobre os riscos de predação. Os outros trabalhos abordaram assuntos demonstrando os índices de predação de larvas de libélulas migratórias em relação a libélulas comuns residentes em lagoas temporárias; observação do comportamento do voo de acordo com a forma e estrutura da asa; testes verificando se a capacidade imunológica de machos adultos está relacionada com o tamanho das manchas presentes nas asas destes indivíduos; testes demonstrando se os indivíduos adultos após comportamentos de luta ou de oviposição apresentariam uma redução na capacidade imunológica e trabalhos testando fenômenos da sazonalidade sobre as respostas de emergência de indivíduos.

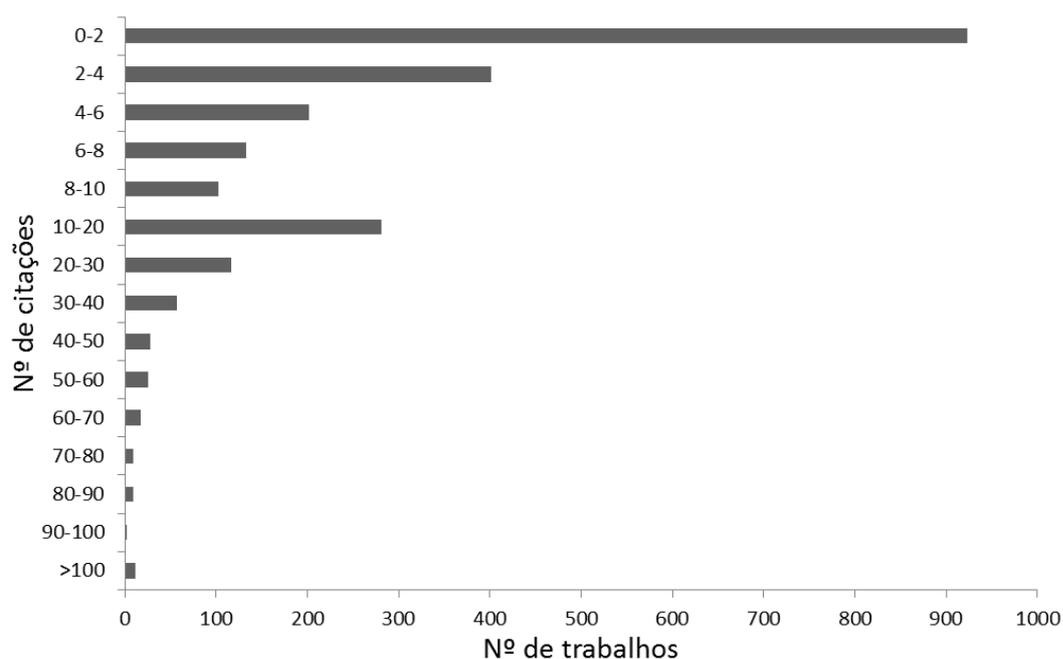


Figura 5. Número de citação para trabalhos publicados envolvendo a ordem Odonata entre os anos de 1992 a 2013.

Tabela 2. Lista dos trabalhos mais citados envolvendo a ordem Odonata entre os anos de 1992 a 2013.

Autores	Título	País de estudo	Tipo de estudo	Nº de citações	Ano
Plaistow, S. Siva-Jothy, M.T.	<i>Energetic constraints and male mate-securing tactics in the damselfly <i>Calopteryx splendens xanthostoma</i> (Charpentier)</i>	França	Ecológico	153	1996
Chivers, D.P. Wisenden, B.D. Smith, R.J.F.	<i>Damselfly larvae learn to recognize predators from chemical cues in the predator's diet</i>	Canadá	Experimental	148	1996
Rantala, M.J. Koskimaki, J. Taskinen, J. Tynkkynen, K. Suhonen, J.	<i>Immunocompetence, developmental stability and wingspot size in the damselfly <i>Calopteryx splendens</i> L.</i>	Finlândia	Experimental	137	2000
Siva-Jothy, M.T.	<i>A mechanistic link between parasite resistance and expression of a sexually selected trait in a damselfly</i>	França	Parasitismo	137	2000

Wissinger, S. Mcgrady, J.	<i>Intraguild predation and competition between larval dragonflies - direct and indirect effects on shared prey</i>	USA	Experimental	135	1993
McCollum, S.A. Leimberger, J.D.	<i>Predator-induced morphological changes in an amphibian: Predation by dragonflies affects tadpole shape and color</i>	Inglaterra	Ecológico	127	1997
Hickling, R. Roy, D.B. Hill, J.K. Thomas, C.D.	<i>A northward shift of range margins in British Odonata</i>	Inglaterra	Ecológico	117	2005
Siva-Jothy, M.T. Tsubaki, Y. Hooper, R.E.	<i>Decreased immune response as a proximate cost of copulation and oviposition in a damselfly</i>	Japão	Experimental	117	1998
Johansson, F. Rowe, L.	<i>Life history and behavioral responses to time constraints in a damselfly</i>	Canadá	Ecológico	116	1999
Wakeling, J.M. Ellington, C.P.	<i>Dragonfly flight .2. Velocities, accelerations and kinematics of flapping flight</i>	Inglaterra	Experimental	109	1997
Johansson, F. Stoks, R. Rowe, L. De Block, M.	<i>Life history plasticity in a damselfly: Effects of combined time and biotic constraints</i>	Bélgica/Suíça	Experimental	108	2001

Em relação aos periódicos onde esses artigos são publicados, o maior número de publicação ocorre na *Odonatologica*, com 499 artigos, *International Journal of Odonatology*, com 147 artigos, *Zootaxa*, com 123 artigos, *Animal Behaviour*, com 42 artigos, *Ecological Entomology*, com 34 artigos, *Journal of Insect Behavior*, com 31 artigos e *Hydrobiologia*, com 30 artigos.

Em relação à superordem Odonatoidea houve um único registro. Já para as subordens, foram encontrados 14 registros de Anisozygoptera, 992 registros de Zygoptera e 1.068 registros de Anisoptera. Houve ainda artigos que avaliaram as duas subordens juntas

(Anisoptera e Zygoptera), totalizando 242 artigos. Considerando as fases de vida, a maior parte (1.727) utiliza o estágio adulto, 545 com a fase imatura (larva), 27 com ovos e 18 com exúvias.

Em relação à resolução taxonômica utilizada, a maioria dos estudos utiliza a identificação ao nível de espécies, totalizando 1.690 registros. Entre estes trabalhos destacaram-se as famílias Coenagrionidae, a mais frequente, com 457 artigos, seguidas por Libellulidae, com 322, Calopterygidae, com 181, Aeshnidae, com 153, Gomphidae, com 91, Corduliidae, com 74, Lestidae, com 72, e Megapodagrionidae, com 54 artigos (Tabela 2). Entre os estudos que utilizam uma resolução taxonômica mais ampla, 34 fazem a identificação ao nível de famílias, quatro em subfamílias, 70 identificaram em gêneros, um em subgênero e dois ao nível de subespécie.

Ao cruzar as informações destes trabalhos envolvendo resolução taxonômica com o estágio de vida, encontramos 70 trabalhos que usaram resolução até gênero, destes, (36) foram com estágio larval e (30) com estágio adulto. Entre os trabalhos que identificaram somente até famílias, 19 utilizam estágio adulto, 10 o estágio larval e um trabalho com ovos. Para trabalhos envolvendo resolução até espécies encontramos 972 relacionados com adulto e 343 relacionados com estágio larval. Oito artigos não informaram qual estágio de vida foi estudado.

Tabela 3. Relação do número de trabalhos desenvolvidos entre 1992 a 2013 envolvendo as principais famílias e principais espécies.

Principais famílias	Principais espécies estudadas	Nº de trabalhos com a família
Coenagrionidae	<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)	457
	<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier, 1840)	
	<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	
	<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)	
	<i>Ischnura senegalensis</i> (Rambur, 1842)	
	<i>Ischnura verticalis</i> (Say, 1839)	
	<i>Nehalennia irene</i> (Hagen, 1861)	
Libellulidae	<i>Libellula depressa</i> (Linnaeus, 1758)	322
	<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius, 1798)	
	<i>Perithemis tenera</i> (Say, 1839)	
Calopterygidae	<i>Calopteryx haemorrhoidali</i> (Vander Linden, 1825)	181
	<i>Calopteryx maculata</i> (Beauvois, 1805)	
	<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1780)	
	<i>Calopteryx virgo</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Hetaerina americana</i> (Fabricius, 1798)	
Aeshnidae	<i>Aeshna cyanea</i> (Muller, 1764)	153
	<i>Aeshna juncea</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Anax junius</i> (Drury, 1773)	
Gomphidae	<i>Onychogomphus uncatatus</i> (Charpentier, 1840)	91
Corduliidae	<i>Somatochlora alpestris</i> (Selys, 1840)	74
Lestidae	<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	72
	<i>Lestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	
Megapodagrionidae	<i>Paraphlebia zoe</i> (Selys in Hagen, 1861)	54

Foram registrados 39 (1,68%) estudos com bioindicação, entre estes foram usadas cinco formas de mensuração: 1) espécies indicadoras (17 artigos); 2) riqueza/abundância (11);

3) bioacumulação (quatro); 4) assimetria flutuante (três); 5) variação na composição da comunidade e Índice de Hábitat de Odonata (OHI) (três). A forma mais comum de bioindicação é com o uso de espécies bioindicadoras com 17 artigos, demonstrando que a sensibilidade de determinadas espécies está ligada a variação na qualidade dos biótopos e a saúde dos habitats. Dos 11 trabalhos com riqueza de espécie encontramos que a alteração ambiental promove uma substituição das espécies euritópicas para estenotópicas, causando uma homogeneização na composição.

Para trabalhos envolvendo bioacumulação, quatro concluíram que larvas e adultos são bons indicadores de poluição do habitat por metais pesados, resultados similares aos três trabalhos envolvendo assimetria flutuante demonstrando que Odonata responderam bem aos níveis de poluição e alteração ambiental refletindo diretamente nos níveis de assimetria em estruturas corpóreas, como características das asas.

Três trabalhos testaram o Índice de Hábitat de Odonata (OHI) e a variação na composição da comunidade, relacionando a preferência de habitat, abundância de espécies e o peso de indicação por Odonata. Um dos trabalhos mensurou a capacidade de dispersão em voo dos indivíduos como critério para a manutenção e largura da vegetação ripária como zona tampão em áreas de conservação.

Discussão

É bem evidente o avanço da produção científica nos últimos anos envolvendo a ordem Odonata no mundo e no Brasil, esta tendência se relaciona com muitas características peculiares ao grupo como carisma (Corbet, 1999), resolução taxonômica bem resolvida (Garrison, 2006, 2010), fácil manuseio e de serem observados em campo (De Marco & Vianna, 2005). O que as qualificam para serem usadas em uma grande variedade de linhas de

pesquisas, como por exemplo, ecologia, genética, biologia da conservação, evolução, biologia do desenvolvimento entre outras, resultando no aumento da produção do conhecimento, tornando a ordem organismos modelo para a pesquisa ecológica e evolutiva.

Outro indicativo no progresso das publicações é o aumento de pesquisadores de ecologia usando Odonata (Verbeek *et al.*, 2002), sendo que no Brasil, apesar de ser considerado um país em desenvolvimento, apresenta uma boa produção quando comparado a outros países considerados desenvolvidos. Ressaltamos que esses valores poderiam ter sido até mais expressivo se fossem considerados trabalhos publicados antes do período analisado, ou incluído revistas que ainda não estão indexadas. Tal aumento pode ser devido ao maior incentivo por parte das agências de fomento à pesquisa através da ampliação da oferta de bolsas nos cursos de pós-graduação, da melhoria no acesso aos periódicos em que os pesquisadores divulgam seus trabalhos. Bem como, pelo fato de que um número maior de pesquisadores realizam suas pesquisas em parceria com instituições estrangeiras em decorrência da formação de mestres e doutores dentro e fora do país (Mugnaini *et al.*, 2004).

Com o avanço da produção científica no Brasil, observamos que o número de autores que publicaram artigos com a ordem aumentou, sendo que entre os anos de 1992 a 2000 registramos (24) autores publicando aproximadamente dois artigos/ano com Odonata, mas já entre os anos de 2001 a 2013 esse número subiu para (77) autores publicando aproximadamente nove artigos/ano.

Os principais estudos com a ordem são realizados em países desenvolvidos e possuem abordagens ecológicas. Esta tendência se justifica pelo fato de que os estudos nesses países iniciaram mais cedo, passando da fase de conhecimento básico de descrições taxonômicas para avanços em trabalhos ecológicos, que recentemente ultrapassaram as descrições taxonômicas e as descrições morfológicas. Essa transição foi também facilitada pelo avanço das técnicas computacionais que proporcionaram maiores facilidades em analisar

estatisticamente os dados e desenvolver novas teorias ecológicas. Além disso, não podemos desconsiderar o fato que a biodiversidade em regiões temperadas geralmente é menor do que em regiões tropicais, e isso pode também ter afetado e influenciado os tipos de estudos.

Por outro lado, estudos sobre o grupo Odonata no Brasil em sua maioria são restritos à sua sistemática, sendo os aspectos de sua biologia e ecologia ainda pouco conhecidos. Esta tendência de grande proporção de estudos envolvendo somente taxonomia e sistemática é comum em regiões em que a pesquisa e o desenvolvimento do conhecimento local ainda estão se estabelecendo. Primeiro é necessário descrever a biodiversidade existente, para depois verificar os padrões de distribuição e testar as hipóteses ecológicas. Devido a grande biodiversidade existente no Brasil, ainda existe a necessidade de estudos taxonômicos básicos, mas é possível observar uma tendência no crescimento dos estudos abordando temas ecológicos. Assim, com o passar dos anos e o maior conhecimento taxonômico, possivelmente o número de estudos ecológicos brasileiros irá ultrapassar os trabalhos de descrição.

Apesar do aumento no número de trabalhos com Odonata ser visível, muitas vezes ele está concentrado em algumas regiões, apenas 29% do território brasileiro apresenta dados sobre a distribuição das espécies desta ordem (De Marco & Vianna, 2005). Ferreira-Peruquetti & Fonseca-Gessner (2003) relatam que alguns estudos ecológicos mais recentes enfatizam que o levantamento da fauna representa uma importante adição de novos dados sobre a distribuição das espécies, mas as informações em termos de distribuição geradas nos estudos de taxonomia, também são muito importantes. Assim, muitas questões permanecem sem explicação ou estudadas apenas de forma superficial. Por isso estudos criteriosos para recuperar informações e melhorar o conhecimento, como meta-análises e/ou estudos cienciométricos como o nosso, possibilita obter conclusões gerais sobre os avanços e lacunas existentes para este grupo de insetos aquáticos. Dessa maneira será possível possibilitar

avanços sobre as ações de conservação devido aos impactos antrópicos de forma mais objetiva e com menos tempo.

A maior parte dos trabalhos estudam a fase adulta, pois nesse estágio de vida os indivíduos são mais fáceis de serem identificados em campo, existindo uma sistemática melhor resolvida e estabelecida (Garrison *et al.*, 2006, 2010). Existem chaves de identificação para a maioria dos grupos, possibilitando chegar até o nível específico. Ao contrário, os trabalhos envolvendo a fase imatura (larvas) são menos numerosos. Isto pode ser justificado por apresentarem uma resolução taxonômica mais restrita e, sendo organismos aquáticos, é necessário mais tempo e esforço para a coleta, triagem, identificação e realização dos estudos. Além disso, a grande maioria das espécies descritas não tem a larva conhecida pela ciência.

Há no banco de dados do Thomson Reuters Web of Knowledge (ISI) uma grande variedade de revistas indexadas com alta qualidade e com ampla abrangência que publicaram artigos com Odonata. *Odonatologica* é o principal jornal em que as publicações com Odonata ganham destaque, o que é esperado uma vez que é o mais antigo meio de divulgação e publicação dedicada exclusivamente a ordem, sendo impresso desde 1972. Entre outros destaques podemos citar o *International Journal of Odonatology*, sendo este mais recente (desde 1998), com publicações especializadas na área. Além disso, os outros jornais abrangem diversas áreas como a ecologia, comportamento, entomologia, evolução, biologia da conservação, taxonomia, fisiologia de insetos e biologia experimental.

Outro critério para avaliação dos trabalhos científicos, além da revista, é a frequência com que um trabalho é citado. O número de citações é utilizado para avaliar o impacto de um trabalho na comunidade científica diretamente ligada ao campo de abrangência do estudo (Verbeek *et al.*, 2002). Muitos trabalhos não são citados ou apresentaram uma taxa de citação muito baixa, muitas vezes devido ao fato das perguntas levantadas terem abrangência muito

local, ou por esses trabalhos terem sido publicados em revistas cujo acesso é restrito ou limitado. No entanto, não podemos descartar a hipótese de que esse baixo número de citações também pode ser decorrente do anonimato dos autores ou a falta de influência no meio científico, deixando de serem lidos e citados, e não somente pela qualidade do trabalho apresentado (Lawrence, 2003). Por outro lado, outros trabalhos apresentam elevadas taxas de citação, devido às suas expressivas qualidades ou por terem desenvolvido estudos pioneiros (Weinstock, 1971). Além disso, estes trabalhos podem ser caracterizados como *hot papers*, tratando de questões mais amplas e abrangentes, com grande poder de generalização. Esse tipo de trabalho apresenta uma elevada taxa de citação logo que são publicados, se tornando referências-chave em seus campos de pesquisa.

Atualmente o pesquisador que trabalha com Odonata mais produtivo é André Nel, francês, afiliado ao Museu Nacional de História Natural em Paris, desenvolvendo trabalhos com viés taxonômico/descritivo e evolutivo. Para o Brasil, Ângelo B. M. Machado foi o mais produtivo. Ele foi professor no departamento de Zoologia da Universidade Federal de Minas Gerais em Belo Horizonte (MG) e desenvolveu pesquisas na área de descrição taxonômica de espécies. Vale ressaltar, entretanto, que os resultados de produtividade são influenciados pela base de indexação da plataforma ISI, e mudanças nesses resultados seriam prováveis se outras revistas fossem incluídas. P. S. Corbet, por exemplo, não está entre os principais pesquisadores do período analisado, que foi restrito a partir de 1992, em virtude de somente depois dessa data é que os artigos começaram a ficar disponíveis nas principais plataformas de dados. No entanto, ele contribuiu ativamente para o estudo da ordem publicando pelo menos 40 artigos durante a sua vida de acordo com a Lista de Literatura de Odonata de Dennis Paulson (<http://www.windsofkansas.com/odbib.html>).

No Brasil destacou-se N. D. Santos que também não se encontra entre os principais pesquisadores do período analisado, mais com estudos pioneiros sobre a ordem, e com pelo

menos 75 artigos publicados durante sua vida. Contribuindo ativamente para o estudo da ordem, mantendo contato com pesquisadores de outros países, orientando e colaborando com a maioria dos especialistas do Brasil na atualidade. Outros pesquisadores brasileiros apesar de não terem aparecido na pesquisa, também foram importantes para o avanço da área no Brasil, como por exemplo, J. Costa que não se encontra entre os principais pesquisadores do período analisado, descreveu várias espécies e contribui ativamente para montar uma das maiores coleções de Odonata do Brasil, cujo resultado serviu como material de base para diversas teses de mestrado e doutorado de alunos de todo o Brasil e do exterior (<http://www.museunacional.ufrj.br/revistamuseu/libelula.htm>).

Embora a literatura não indexada na plataforma ISI não desperte grande interesse para os pesquisadores, é certamente importante para os cientistas que queiram investigar a biologia de organismos específicos, principalmente os trabalhos que, apesar de não estarem publicados em revistas indexadas, são considerados clássicos para a ordem.

Os resultados da pesquisa deixam claro que o potencial de bioindicação dos insetos da ordem Odonata é bastante expressivo, porém não se tem listas de quais espécies podem ser usadas e para qual tipo de impacto essas espécies são bioindicadoras. O maior número de trabalhos é para indivíduos adultos, os quais se correlacionam de diversas maneiras relatando a “saúde” dos habitats. Segundo Gerlach *et al.*, (2013) bioindicadores ambientais e ecológicos podem ser divididos em diferentes categorias refletindo suas respostas às mudanças do ambiente, como detectores, exploradores e acumuladores. Afirmam também que invertebrados podem muitas vezes ser bons bioindicadores ambientais e ecológicos. Os resultados corroboram estas teorias, pois os trabalhos obtidos no levantamento indicaram que Odonata apresentam uma forte ligação com a integridade ambiental indicando mudanças ao longo do tempo (Carle, 1979; Castella, 1987; Samways & Steytler, 1996; Butler & de Maynadier, 2007; Samways & Sharratt, 2010; Carvalho *et al.*, 2013; Monteiro Junior *et al.*,

2013), espécies indicadoras de ambientes preservados e alterados (Clark & Samways, 1996; Samways & Steytler, 1996; Chovanec, 2000; Chovanec & Waringer, 2001; D'Amico *et al.*, 2004), assimetria de partes do corpo (Assimetria Flutuante) de acordo com os níveis de poluição ambiental (Palmer & Strobeck, 1986; Hardersen & Frampton, 1999; Hardersen, 2000; Pinto *et al.*, 2012), e bioacumulação quando localizados em ambientes poluídos (Corbi *et al.*, 2008).

Observando a tendência global, os estudos ecológicos são a grande maioria dos trabalhos publicados em revistas indexadas, mas ainda existem lacunas no estudo da ordem. Existem, por exemplo, poucos estudos abordando assuntos como biogeografia, parasitismo dentro e entre as espécies, relações evolutivas e filogenias, e estudos envolvendo o estágio larval destes organismos que não se restrinjam à descrição morfológica, comportamento e competição (Johnoson *et al.*, 1987; Johnoson 1991). Além disso, faltam estudos avaliando se as metodologias de amostragem usadas nos trabalhos com a ordem são eficientes para capturar a biodiversidade existente, pois, por exemplo, a comunidade capturada em estudos usando larva é bastante diferente daqueles usando os adultos, mesmo que estes sejam executados no mesmo ambiente. Dessa maneira, devido ao fato dos Odonata serem organismos modelos para pesquisas, encorajar novos estudos em áreas menos conhecidas é fundamental para o avanço do conhecimento científico sobre a ordem, principalmente para que possamos pensar em estratégias mais eficientes de conservação da ordem, devido sua grande sensibilidade a modificações ambientais.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-graduação e Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso pelo apoio e incentivo institucional. Aos membros do Laboratório de Ecologia e Conservação da UFPA pela ajuda analítica, discussão e revisão do manuscrito. Agradecemos a LFA Montag, R Ligeiro, JD Batista e UG Neiss pelas sugestões e melhorias proporcionadas no artigo durante o processo de qualificação e defesa da dissertação. TBM agradece ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) pela licença-capacitação. LJ agradece ao CNPq pela bolsa produtividade (número 303252/2013-8).

Referências

- Asahina, S. (1954). *A morphological study of a relict dragonfly Epiophlebia superstes Selys (Odonata, Anisozygoptera)*. The Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo.
- Asahina, S. (1961). Is *Epiophlebia laidlawi* Tillyard (Odonata, Anisozygoptera) a good species? *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 46, 441–446.
- Asahina, S. (1963). Description of the possible adult dragonfly of *Epiophlebia laidlawi* from the Himalayas. *Tombo*, 6, 18–20.
- Brockhaus, T. & Hartmann, A. (2009). New records of *Epiophlebia laidlawi* Tillyard in Bhutan, with notes on its biology, ecology, distribution, biogeography and threat status (Anisozygoptera: Epiophlebiidae). *Odonatologica*, 38, 203–292.
- Butler, R.G., & de Maynadier, P.G. (2007). The significance of littoral and shoreline habitat integrity to the conservation of lacustrine damselflies (Odonata). *Journal of Insect Conservation*, 12, 23–36. doi: 10.1007/s10841-006-9059-0
- Carle, F.L. (1979). Environmental monitoring potential of the Odonata, with a list of rare and endangered Anisoptera of Virginia, United States. *Odonatologica*, 8, 319-323.
- Castella, E. (1987). Larval Odonata distribution as a describer of fluvial ecosystems: The Rhône and Ain Rivers, France. *Advances in Odonatology*, 3, 23–40.
- Carvalho, F.G.De., Pinto, N.S., Oliveira Junior, J.M.B., & Juem, L. (2013). Effects of marginal vegetation removal on odonata communities. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25, (1) 10–18.
- Chovanec, A. (2000). Dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of the ecological integrity of aquatic systems—a new assessment approach. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 27 887–890.
- Chovanec, A., & Waringer, J. (2001). Ecological integrity of river-floodplain systems – assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Regulated Rivers: Research & Management*, 17, 493–507. doi: 10.1002/rrr.664

- Clark, T.E., & Samways, M.J. (1996). Dragonflies (Odonata) as indicators of biotope quality in the Kruger National Park, South Africa. *Journal of Applied Ecology*, 33, 1001-1012. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2404681>
- Clausnitzer, V.; Kalkman, V.J. Ram M, et al. 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservatio*, 142, 1864–69.
- Corbet, P. S. (1999). *Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata*. Colchester: Harley Books.
- Corbi, J.J, Trivinho-Strixino, S., & Santos, A.Dos. (2008). Environmental Evaluation of Metals in Sediments and Dragonflies Due to Sugar Cane Cultivation in Neotropical Streams. *Water Air Soil Pollut*, 195, 325–333. doi 10.1007/s11270-008-9749-1
- Córdoba-Aguilar, A., 2008. *Dragonflies & Damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research*. Orford University, New York.
- D’Amico, F., Darblade, S., Avignon, S., Blanc-Manel, S., & Ormerod, S.J. (2004). Odonates as indicators of shallow lake restoration by liming: comparing adult and larval responses. *Restoration Ecology*, 12, 439–446. Recuperado de <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1061-2971.2004.00319.x>
- De Marco, P.Jr., & Vianna, D.M. (2005). Distribuição do esforço de coleta de odonata no Brasil – subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. *Lundiana (supplement)*, 6, 13–26.
- Dijkstra, K-D.B., Kalkman, V.J., Dow, R.A., Frank, R., Stokvis, F.R., & Van Tol, J. (2014). Redefining the damselfly families: a comprehensive molecular phylogeny of zygoptera (odonata). *Systematic Entomology*, 39, 68–96. doi: 10.1111/syen.12035
- Donlý, A., Harabis, F., Bárta, D., Lhota, S., & Drozd, P. (2012). Aquatic insects indicate terrestrial habitat degradation: changes in taxonomical structure and functional diversity of dragonflies in tropical rainforest of East Kalimantan. *Tropical Zoology*, 25, 141-157. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1080/03946975.2012.717480>

- Ferreira-Peruquetti, P.S., & Fonseca-Gessner, A.A. (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. SP. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20, 219–224.
- Garrison, R.W., Ellenrieder, N.V., & Louton, J.A. (2006). *Dragonfly genera of the NewWorld: an illustrated and annotated key to the Anisoptera*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.
- Garrison, R.W., Ellenrieder, N.V., & Louton, J.A. (2010). *Damselfly genera of the NewWorld: an illustrated and annotated key to the Zygoptera*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.
- Gerlach, J., Samways, M., & Pryke, J. (2013). Terrestrial invertebrates as bioindicators : an overview of available taxonomic groups. *J Insect Conserv*, 17, 831–850. doi: 10.1007/s10841-013-9565-9
- Grimaldi, D. & Engel, M.S. (2005) *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, New York, New York.
- Hardersen, S. (2000). Effects of Carbaryl Exposure on the Last Larval Instar of *Xanthocnemis Zealandica*. Fluctuating Asymmetry and Adult Emergence. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 96, 221-230.
- Hardersen, S., & Frampton, C.M. (1999). Effects of short term pollution on the level of fluctuating asymmetry – a case study using damselflies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 92, 1–7.
- Johnson, D.M. (1991). Behavioral ecology of larval dragonflies and damselflies. *Trends in Ecology and Evolution*, 6, 8-13. Recuperado de http://rivers.snre.umich.edu/www516/Johnson_Behav%20eco%20of%20Odonates%201991.pdf
- Johnson, D.M., Pierce, C.L., Martin, T.H., Watson, C.N., R. E. Bohanan, R.E., & Crowley, P.H. (1987). Prey depletion by odonate larvae: combining evidence from multiple field experiments. *Ecology*, 68, 1459-1465. Recuperado de http://www.cfwru.iastate.edu/unit_scientists/pierce/pierce1987_33.pdf

- Juen, L., Cabette, H.S.R., & De Marco, P.Jr. (2007). Odonate assemblage structure in relation to basin and aquatic habitat structure in pantanal wetlands. *Hydrobiologia*, 579,125–134. doi: 10.1007/s10750-006-0395-6
- Kalkman, V.J., Clausnitzer, V., Dijkstra, K-D.B., Orr, A.G., Paulson, D.R., & van Tol, J. (2008). Global diversity of dragonflies (odonata) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 351–363. doi: 10.1007/s10750-007-9029-x
- Knight, T.M., Mccoy, M.W., Chase, J.M., Mccoy, K.A., & Holt, R.D. (2005). Trophic cascades across ecosystems. *Nature*, 437, 880–883. doi: 10.1038/nature03962
- Lawrence, P.A. (2003). The politics of publication - Authors, reviewers and editors must act to protect the quality of research. *Nature*, 422, 259-261. Recuperado de http://www.sportsci.org/jour/03/Politics_of_Publication.pdf
- Li, J.-K., Nel, A., Zhang, X.-P., Fleck, G., Gao, M.-X., Lin, L.I.N. & Zhou, J.I.A. (2012). A third species of the relict family Epiophlebiidae discovered in China (Odonata: Epiproctophora). *Systematic Entomology*, 37, 408–412.
- Monteiro Júnior, C.S., Couceiro, S.R.M., Hamada, N., & Juen, L. (2013). Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. *International Journal of Odonatology*, 16, 135–144. doi: 10.1080/13887890.2013.764798
- Mugnaini, R., Jannuzzi, P.M., & Quoniam, L. (2004). Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. *Ciencia da Informação*, 33, 123-131. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/ci/v33n2/a13v33n2.pdf>
- Oertli, B., 2008. The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats. In: Cordoba-Aguilar, A.[Ed], *Model organisms for ecological and evolutionary research*. 79-95. Oxford.
- Palmer, A.R., & Strobeck, C. (1986). Fluctuating Asymmetry: Measurement, Analysis, Patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 391-421.
- Pinto, N.S., Juen, L., Cabette, H.S.R.,&DeMarco,P., Jr. (2012). Fluctuating asymmetry and wing size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in relation to

- riparian forest preservation status. *Neotropical Entomology*, 41(3), 178–185. doi: 10.1007/s13744-012-0029-9
- Rowe, R. (2003). Book review. *Australian Journal of Entomology*, 42, 210–211
- Samways, M.J., & Sharratt, N.J. (2010). Recovery of endemic dragonflies after removal of invasive alien trees. *Conservation Biology*, 24, 267–277. doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01427.x
- Samways, M.J., & Steytler, N.S. (1996). Dragonfly (odonata) distribution patterns in urban and forest landscapes, and recommendations for riparian management. *Biological Conservation* . 78, 279–288.
- Silva, D.P., De Marco, P., Jr., & Resende, D.C. (2010). Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecological Indicators*, 10, 744–752. doi: 10.1016/j.ecolind.2009.12.004
- Tillyard, R.J. (1921). On an anisozygopterous larva from the Himalayas (Order Odonata). *Records of the Indian Museum*, 22, 93–107.
- Verbeek, A., Debackere, K., Luwel, M., & Zimmermann, E. (2002). Measuring progress and evolution in science and technology - I: the multiple uses of bibliometric indicators. *International Journal of Management Reviews*, 4, 179–211. doi: 10.1111/1468-2370.00083
- Weinstock, M. (1971). Citation Index. In: Kent, A., & Lancour, H. (Ed.). *Encyclopedia of Library and Information Science*. New York: M.Dekker, 5, 19.

Apêndice I - Normas “*Insect Conservation and Diversity*”

Insect Conservation and Diversity

© Royal Entomological Society



Edited By: Simon R. Leather, Yves Basset and Raphael K. Didham

Impact Factor: 1.937

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2013: 13/90 (Entomology)

Online ISSN: 1752-4598

Associated Title(s): Agricultural and Forest Entomology, Ecological Entomology, Insect Molecular Biology, Medical and Veterinary Entomology, Physiological Entomology, Systematic Entomology

Author Guidelines

****No page charges****

Editorial policy

Papers submitted to *Insect Conservation & Diversity* should be original research papers on aspects pertaining mainly to aspects of insect conservation and diversity. Papers concerning other arthropods will also be considered. Reviews, Mini-Reviews, short communications detailing innovative techniques or methodological approaches, and thought provoking forum-type articles on any aspect of insect conservation ranging from policy matters to conjecture based on a solid science base are welcomed.

Papers should be in clear concise English and written in the passive voice. They must not have been published or accepted for publication by any other journal, or be under consideration for publication in another journal.

Submission of a manuscript to *Insect Conservation and Diversity* implies that all persons listed as authors qualify for authorship, and that all who qualify have been listed. Papers will be subjected to peer-review by at least two independent referees, to ensure that articles are both rigorous and readable. Ethical considerations will be taken into account in considering the acceptability of papers, and the editors' decision on this, as on other aspects, will be final.

Insect Conservation and Diversity is a member of and subscribes to the principles of the Committee on Publication Ethics.

Conflict of Interest

Insect Conservation and Diversity requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest.

Any interest or relationship, financial or otherwise, which might be perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or indirectly related to the work that the authors describe in their manuscript. Potential sources of conflict of interest include but are not limited to patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company.

The existence of a conflict of interest does not preclude publication in this journal.

It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and to collectively list in the manuscript (under the Acknowledgment section) and in the online submission system ALL pertinent commercial and other relationships.

Ethical Guidelines

The journal expects authors to abide by the guidelines of those statutory bodies, or, discipline that are specific to the country of origin, or, execution of the research.

Pre-submission English Language Editing

Authors for whom English is a second language are asked to consult a native English speaker before submission of their manuscript. Alternatively, authors may choose to have their manuscript professionally edited before submission. A list of independent suppliers of editing services can be found at:

http://authorservices.wiley.com/bauthor/english_language.asp

All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

Manuscript Submission

All material must be submitted electronically via the *Insect Conservation and Diversity* Manuscript Central site at: <http://mc.manuscriptcentral.com/icdiv>

Manuscripts which do not conform to ALL the standards outlined here will be returned to the author(s) with a request that they are edited to meet these standards.

All authors listed in the manuscript must be listed on the electronic system, with a working email address provided for each, as part of the submission process.

For submission assistance or questions please contact the [Editorial Office](#) or for technical support contact ScholarOne directly (ts.mcsupport@thomson.com).

Types of Manuscript

Original article

Short communication

Major Review

Minor Review

Techniques & Methodology

Forum

Policy

Focus Article

Comment/Debate

Preparation of the manuscript and Manuscript Requirements

Manuscript that do not adhere to the instructions will not be accepted for further processing. Authors may examine recent issues for details of acceptable style and format.

All manuscripts must be submitted as A4 **Microsoft Word** documents with wide margins. Lines must be double spaced, and must be numbered consecutively throughout the entire manuscript. Pages should also be numbered. Section and sub-section headings should not be numbered.

All manuscript submissions **must** include a Title, Running title, Abstract, Keywords and Author details. Only Forum, Policy, Comment/Debate and Short Communications may exclude Keywords and Abstract.

All original articles should include the above, followed by an Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References, Tables and Figures. Each table should be presented on a separate sheet. Figure legends should also be grouped together on a separate sheet.

Original articles should not exceed 6000 words of text (12 printed pages) without references, though longer articles with merit may be accepted – please contact the Editor-in-Chief before making such a submission.

Short communications should be limited to 1500 words of text without references and have a combined Results and Discussion section. They should also include no more than one figure and one table.

Scientific names of genus, species and subspecies should be italicised. The full name must be used when first mentioned in the manuscript, with the abbreviation used thereafter. The taxonomic affiliation and authority should also be given at the first mention of a species.

Abbreviations must be explained in the text. Authors are asked to use the International System of Units (SI).

Please contact the Editor-in-Chief or Editorial Office with any queries.

Manuscript Title

Please limit to a maximum of 20 words.

Manuscript running title

Please provide a short title (running head), with a maximum of 40 characters including spaces.

Abstract

A self-contained abstract, not exceeding 250 words, must be presented as a series of factual, numbered statements.

Keywords

Provide a maximum of 10 keywords.

Author details

The name, full postal address, telephone number, fax number and email address of the author to whom readers should address correspondence and offprint requests should be given on the first page (this will appear as a footnote in the journal and the publishers will send proofs to this author and address unless contrary instructions are written on the manuscript).

Present addresses of all authors should also be provided.

Statistics

To reduce confusion, Insect Conservation & Diversity has a standard set of guidelines for the presentation of statistical analyses. Click [here](#) for a list of [commonly used abbreviations](#) and their definitions; assuming conformity, these do not need to be explained in the text. Authors must however, clearly state what statistical approaches were used in their analyses (supported where relevant by adequate references) in the Materials and Methods section. Where statistics are presented in the text, we ask that the authors follow the presentation guidelines provided below.

After an analysis of variance, further simultaneous testing of treatment means should not be done, except for specific comparisons planned prior to the experiment. Simple measures of variability (e.g. SE, LSD, CI) should always accompany means. The same data should not be given in both tables and figures.

We would also request that authors ensure a match between the tests used and figures provided in the text. For example, where non-parametric tests are used (e.g. Kruskal-Wallis ANOVA), it is inappropriate to present the mean and standard error of the analysed data. Instead the median and an indicator of variation about the median (e.g. inter-quartiles) should be provided.

References

Authors must use the Harvard (author-date) system. The reference list should be in alphabetical order according

to the author surnames. All authors' names and the full title of the article must be included. Journal and periodical titles should be given in full.

Only articles which have been published or accepted for publication may be included in the reference list. In the text, unpublished studies should be referred to as such, or as personal communication with the author's surname and initials. It is the author's responsibility to obtain permission from their colleagues to include their work as personal communication.

In the running text, citations should be made as per the following examples. For up to two authors, give the surnames separated by '&'. For more than two authors, give the surname of the first author followed by 'et al.' As part of the sentence: Fox (2013), or Stork & Hammond (2013), or Didham *et al.*, (2013).

When in parentheses: (Fox, 2013; Stork & Hammond, 2013; Didham *et al.*, 2013).

If the reference would require the same author abbreviation but different years: Leather *et al.* (2008, 2011) or (Leather *et al.*, 2008, 2011).

a. Journal articles

Fuller, R.J., Oliver, T.H. & Leather, S.R. (2008) Forest management effects on carabid beetle communities in coniferous and broadleaved forests: implications for conservation. *Insect Conservation and Diversity*, **1**, 242-252.

b. From books, or other non-serial publications

Samways, M.J. (2005) *Insect Diversity Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

c. From reference book contributions

Hunter, M.D. (1994) The search for pattern in pest outbreaks. *Individuals, Populations and Patterns in Ecology* (ed. by Footitt, R.G. & Adler, P.H.), pp. 443-448. Intercept, Andover, UK.

d. Work which has been accepted for publications

Leather, S.R. (In press) Editorial. *Insect Conservation and Diversity*.

e. From websites

Insect Conservation and Diversity (2014) Insect Conservation and Diversity Author Guidelines. <[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1752-4598/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1752-4598/homepage/ForAuthors.html)> 2nd April 2014.

Tables

Tables must be self-explanatory and accompanied by legends. Each Table must be presented on a separate sheet with their pertaining Table legend. Tables should be created using the table function in MS Word.

Please number Tables consecutively in the order in which they occur within the manuscript text.

Figures and Preparation of Artwork

Figures should be self-explanatory and accompanied by legends. Figure legends should be presented grouped, as a list included in the main text of the manuscript following the References and Tables. Figures should then be uploaded on separate sheets in the document, or separately during the submission process.

Please number Figures consecutively in the order in which they occur within the manuscript text.

Prepare your figures according to the publisher's [Electronic Artwork Guidelines](#).

All figures must be provided as high quality images, in **TIFF** or **EPS** format.

Although low quality images (GIF/JPG) are adequate for review purposes, print publication requires high quality images (TIFF/EPS) to prevent the final product being blurred or fuzzy.

If you submit your figures as GIF/JPG, the Editorial Office will request that the high-quality electronic figures of the figures are provided once your paper has been accepted.

Lineart. Create EPS files for images containing lineart. EPS files should be saved with fonts embedded (and with a TIFF preview if possible). The following packages can be used to create EPS files: Adobe Illustrator 7.0 and above, Deneba Canvas 6.0 and above, CorelDRAW 7.0 and above, SigmaPlot 8.01 and above. Other programs may also be able to create EPS files - use the SAVE AS or EXPORT functions. EPS files can be produced from other applications [e.g. PowerPoint, Excel (see Electronic Artwork Guidelines)] BUT results can be unpredictable (e.g. fonts and shading not converted correctly, lines missing, dotted lines becoming solid).

Half-tones/photographs. Create TIFF files images containing half-tones/photographs. For scanned images, the scanning resolution (at final image size, see above for a guide to sizes) should be as follows to ensure adequate reproduction: lineart, >800 d.p.i.; half-tones, >300 d.p.i. Figures containing both halftone and line images, >600 d.p.i. The following programs can be used to create TIFF files: Adobe Photoshop 4.0 and above, Adobe Illustrator 9.0 and GraphPad Prism 3. Other programs may also be able to create TIFF files - use the SAVE AS or EXPORT functions.

Black and white images should be supplied as 'grayscale'; colour images should be supplied as CMYK.

Multipart figures should be supplied in the final layout in one file, labelled as (a), (b) etc.

Supply figures at final size widths if possible: 80 mm (single column) or 165 mm (double column).

Use sans serif, true-type fonts for labels if possible, preferably Arial or Helvetica, or Times (New) Roman if serif font is required.

Ensure all lines and lettering are clear.

Supporting Information/Supplementary Material

'Supporting Information' important to the findings of a paper which cannot be included in the printed copy due to space or format constraints is made available on the Publisher's website when a paper is published.

Supporting Information should be succinct, not normally exceeding 1500 words, and no more than 5 tables and figures. It should be designed to allow for complete understanding of the manuscript.

In addition to text, figures and tables, Supporting Information can include data files (e.g. extensive species lists and tables of information) and video files (the most common video file types are supported, providing they do not exceed 50MB). Authors wishing to submit large files are advised to contact the Editor-in-Chief. This Information should enhance a reader's understanding of the paper, but is not essential to the understanding of the paper. All Supporting Information should be self-explanatory.

All such material must accompany manuscripts when they are originally submitted and will be reviewed with the main paper. Supporting Information provided with a manuscript submission will not be edited or altered during the Production process, and a proof will not be supplied.

The arrangements for depositing the material on the web will be made by the Publisher after the manuscript has been accepted for publication.

Colour Work Agreement forms

It is the policy of Insect Conservation and Diversity for authors to pay the full cost for the reproduction of their colour artwork.

Therefore, please note that if there is colour artwork in your manuscript when it is accepted for publication, Wiley Blackwell require you to complete and return a [Colour Work Agreement form](#) before your paper can be published. This form can be downloaded as a PDF* (portable document format) file from the internet. If you are unable to access the internet, or are unable to download the form, please contact the Production Editor at icad@wiley.com and they will be able to email or fax a form to you.

* To read PDF files, you must have an appropriate software application installed on your computer. One such example is Acrobat Reader, available as a free download from the following web address:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>

Please note this links to an external website. The journal accepts no responsibility for the content of external sites.

Please post or courier all pages of your completed form to Customer Services. Note that electronic or faxed copies cannot be accepted in compliance with Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS) requirements.

Once completed, please return the original form to Customer Services at the address below:

Customer Services (OPI)

John Wiley & Sons Ltd, European Distribution Centre
New Era Estate
Oldlands Way
Bognor Regis
West Sussex
PO22 9NQ

Any article received by Wiley Blackwell with colour work will not be published until the form has been returned. For queries, please contact the production editor of the journal.

Copyright

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

For authors signing the copyright transfer agreement

If the OnlineOpen option is not selected, the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions http://exchanges.wiley.com/authors/faqs---copyright-_301.html

For authors choosing OnlineOpen

If the OnlineOpen option is selected, the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreement, please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services http://exchanges.wiley.com/authors/faqs---copyright-_301.html and visit <http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>.

If you select the OnlineOpen option and your research is funded by certain funders [e.g. The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) or the Austrian Science Fund (FWF)] you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with your Funder requirements.

For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy, please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

Proofs

The corresponding author will receive an email alert containing a link to a web site. A working e-mail address must therefore be provided for the corresponding author. The proof can be downloaded as a PDF file from this site. Appropriate software, such as Acrobat Reader, will be required in order to read this file.

Acrobat Reader can be downloaded (free of charge) from the following website:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>

Please note this links to an external website. The journal accepts no responsibility for the content of external sites.

This will enable the file to be opened, read on screen and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Hard copy proofs will be posted if no e-mail address is available.

Offprints

Free access to the final PDF offprint or your article will be available via Author Services only. Please therefore sign up for Author Services if you would like to access your article PDF offprint and enjoy the many other benefits the service offers.

Author Material Archive Policy

Please note that unless specifically requested, Wiley Blackwell will dispose of all submitted hardcopy or electronic material two months after publication. If you require the return of any material submitted, please inform the Editorial Office or Production Editor as soon as possible if you have not yet done so.

Author Services

Online production tracking is now available for your article through Wiley Blackwell's Author Services.

Author Services enables authors to track articles – once they have been accepted – through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated emails at key stages of production so they do not need to contact the production editor to check on progress.

Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor/> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission, and more.

Cover Photographs

Photographs which may be suitable as cover for Insect Conservation and Diversity are welcome by the Editor-in-Chief. It is not necessary that these be related to the submitted manuscript.

OnlineOpen

OnlineOpen is available to authors of articles who wish to make their article open access. With OnlineOpen the

author, their funding agency, or institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in PubMed Central and PMC mirror sites. In addition to publication online via Wiley Online Library, authors of OnlineOpen articles are permitted to post the final, published PDF of their article on a website, institutional repository, or other free public server, immediately on publication.

For the full list of Terms and Conditions, see:

http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms

Prior to acceptance, there is no requirement to inform the Editorial Office of your intention to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same manner as any other article submission. They will undergo the same review process, and be accepted or rejected based on their merit.

If you want your article to be open access please choose the appropriate license agreement when you log in to Wiley's Author Services system. Click on 'Make my article OnlineOpen' and choose the appropriate license by clicking on 'Sign license agreement now' when you log in to Wiley's Author Services system. Authors will also be required to complete a payment form available from the website:

https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp

Correspondence

All correspondence should be addressed to the Editor-in-Chief:

Professor Simon R. Leather

Editor-in-Chief, Insect Conservation & Diversity

Department of Crop & Environmental Sciences

Harper Adams University

Newport, Shropshire, TF10 8NB

U.K.

You may also contact the [Editorial Office](#) with any questions.

Artigo 2

ODONATA (INSECTA) COMO FERRAMENTA PARA O BIOMONITORAMENTO

Formatado de acordo com as normas da revista *Ecological Indicators* (Apêndice II)

Odonata (Insecta) como ferramenta para biomonitoramento

Thiago Barros Miguel^a*, José Max Barbosa Oliveira-Junior^b, Raphael Ligeiro^c & Leandro

Juen^{a,c}

^a Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade do Estado de Mato Grosso, Br 158, Km 148, CEP:78690-000, Nova Xavantina-MT, Brasil. e-mail: thiagobmiguel@hotmail.com

^b Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Avenida Mendonça Furtado, Caranazal, CEP: 68040-470, Santarém, Pará, Brasil. e-mail: maxbio@hotmail.com

^c Laboratório de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correia, Nº 1, Bairro Guamá, CEP: 66075-110, Belém, Pará, Brasil. e-mail: leandrojuen@ufpa.br

*Autor correspondente

Resumo

Ecossistemas aquáticos representam ambientes altamente ameaçados em toda superfície terrestre. Apesar da profunda dependência humana dos recursos aquáticos, várias modificações antrópicas ameaçam as áreas de água doce, sendo a retirada da vegetação ripária o principal agravante resultante dessas modificações. Uma das formas mais completas de se avaliar as modificações antrópicas em sistemas aquáticos é a utilização de bioindicadores, entre os quais destacam-se os insetos da ordem Odonata, apresentando grande sensibilidade às modificações ambientais. Nesse contexto o objetivo do estudo foi verificar quais métricas da assembleia de Odonata (riqueza, abundância/biomassa, composição, diversidade taxonômica e distinção taxonômica/ou filogenética) podem ser usadas para avaliar com mais eficiência a perda de integridade ambiental. O estudo foi realizado em 50 igarapés no município de Paragominas, localizado no nordeste do estado do Pará, sendo amostrados no período de estiagem entre os meses de junho e agosto de 2011. Os aspectos físicos da qualidade ambiental de cada igarapé foram avaliados usando o Índice de Integridade do Habitat (IIH). Entre as métricas mensuradas, a composição de espécies foi a que melhor representou a comunidade apresentando boa acurácia e custos médios de aplicabilidade, menores do que as demais. Outras duas métricas que apresentaram bons resultados para a caracterização da comunidade de acordo com a integridade do ambiente foram a diversidade taxonômica e a distinção taxonômica, pois adicionaram informações do grau de parentesco dos indivíduos e pouca desvantagem em relação ao seu custo de aplicação sendo em média mais elevado do que as demais. Concluímos que as métricas que apresentaram melhores respostas foram composição de espécies, seguida por Diversidade e Distinção Taxonômica, além disso, a desconstrução da comunidade é extremamente necessário para conseguir detectar os impactos em virtude da grande variação de especificidade apresentada pelas espécies.

Palavras-Chave: Conservação da biodiversidade, alteração ambiental, bioindicador, riqueza, diversidade taxonômica, distinção taxonômica, curva ABC.

Introdução

Ecosistemas aquáticos estão entre os ambientes mais ameaçados de toda a superfície terrestre (Vörösmarty et al., 2010; Dudgeon et al., 2006). Atualmente, com a intensificação das atividades humanas, observa-se uma maior destruição dos ecossistemas naturais (Bojsen and Jacobsen 2003). Isso, aliado à grande escassez de conhecimento biológico básico das espécies e dos sistemas e à ineficiência de políticas públicas adequadas à conservação, ameaçam a integridade biológica dos habitats e a permanência das espécies em seus ambientes naturais (Laurance et al., 2006).

Apesar da profunda dependência humana dos recursos aquáticos, várias modificações antrópicas ameaçam as áreas de água doce, principalmente mudanças em seus leitos como, por exemplo, o represamento, a canalização, a fragmentação e o isolamento dos cursos d'água. Essas perturbações eliminam os gradientes ambientais naturais (Couceiro et al., 2012). Como consequência dessas atividades ocorre uma desestruturação dos ambientes e a alteração das dinâmicas naturais das comunidades biológicas, resultando na perda de habitats (Goulart and Callisto, 2003), redução da qualidade da água e perda de sua biodiversidade (Couceiro et al. 2012, 2011).

Estima-se que as taxas de perda de biodiversidade sejam até cinco vezes maiores em ambientes de água doce do que em ambientes terrestres (Dudgeon, 2010; Dudgeon et al., 2006; Sala et al., 2000). Os principais impactos a esse tipo de ambiente são a perda de conectividade hidrológica (Pringle, 2001), a poluição pelo enriquecimento de nitrogênio, a super-exploração dos recursos, a alteração do fluxo de água pelo excesso de captação, a introdução de espécies invasoras, a elevação da temperatura da água e as alterações nos padrões de precipitação e escoamento superficial (Simaika et al., 2012; Abell et al., 2007).

Um agravante a esses impactos é a retirada da vegetação ripária das áreas que margeiam os ecossistemas aquáticos, que podem afetar as comunidades aquáticas através do

arraste de grandes quantidades de sedimento para os corpos d'água (Nakamura and Yamada, 2005). A ausência da vegetação marginal reduz a quantidade de detritos e de matéria orgânica no leito dos córregos (Price et al., 2003), aumentam o fluxo de água (Macdonald et al., 2003) e a disponibilidade e a entrada de luz, afetando o funcionamento dos ecossistemas e a estrutura das comunidades (Ferreira-Peruquetti and De Marco, 2002). A ausência de vegetação ripária e da cobertura do dossel afeta a sobrevivência não só de insetos aquáticos imaturos, mas também dos estágios adultos de algumas espécies, pois fornecem abrigo, recursos alimentares e sítios de reprodução, além de auxiliar na manutenção da estabilidade do fluxo d'água quando ocorrem mudanças nas condições atmosféricas (Bendjourdi et al., 2002).

Uma das formas mais completas de se avaliar as modificações antrópicas em sistemas aquáticos é pela utilização de bioindicadores, que são organismos ou comunidades cujas funções vitais se correlacionam tão estreitamente com determinados fatores ambientais que qualquer modificação ambiental pode acarretar em modificações biológicas (Silva et al., 2010). Os bioindicadores são eficientes em responder a alterações ambientais em diferentes escalas espaciais e temporais (Carvalho et al., 2013; Monteiro-Júnior et al., 2013; Brosse et al., 2003; Sponseller et al., 2001; Ometo et al., 2000), à complexidade do hábitat (Weigel et al., 2003), às variáveis físico-químicas da água (Anjos and Takeda, 2005).

Entre os possíveis bioindicadores de ambientes aquáticos, destacam-se os insetos da ordem Odonata. Estes possuem alta diversidade nos trópicos (Kalkman et al., 2008), vivendo na interface entre os ecossistemas aquáticos e terrestres, apresentando grande sensibilidade às modificações ambientais (Carvalho et al., 2013; Monteiro-Júnior et al., 2013). Dentro da ordem existe uma grande distinção entre os requerimentos ecofisiológicos das espécies. Assim, a estrutura da assembleia pode ser alterada devido às modificações das variáveis

ambientais (Monteiro-Júnior et al., 2013; Juen and De Marco, 2011; Juen et al., 2007; Corbet, 1999).

Compreender os padrões de diversidade de espécies com base na qualidade dos ambientes é fundamental para definir estratégias adequadas para o planejamento e conservação da sua diversidade biológica (Veech et al., 2002). Uma forma amplamente utilizada de se avaliar a integridade ecológica por meio dos atributos das comunidades biológicas é por meio dos índices de integridade biótica (IIB), inicialmente proposto por Karr (1981) para comunidades de peixes em riachos norte-americanos. Os índices são construídos comparando-se as métricas biológicas entre áreas altamente degradadas com condições de referência, normalmente representadas por áreas com mínimas alterações antrópicas (condições de referência) na região de estudo (Hughes, 1995). A abordagem dos IIBs, também conhecidos como índices multimétricos, se popularizou na América do Norte (Pyron et al., 2008; Whittier et al., 2007; Miller et al., 1988; Angermeier and Karr, 1986), Europa (Angermeier and Davideanu, 2004; Oberdorff and Hughes, 1992), América Central (Lyons et al. 1995), Índia (Ganasan and Hughes, 1998), África (Kamdem Toham and Teugels, 1999), América do Sul (Moya et al., 2011), Brasil (Terra et al., 2013; Ferreira et al., 2011; Bozzetti and Schulz, 2004; Araújo et al., 2003) e Nova Zelândia (Joy and Death, 2004). Esta ferramenta de análise tem auxiliado conservacionistas e tomadores de decisão no estabelecimento de prioridades para a conservação da biodiversidade (Ruaro and Gubiani, 2013; Pont et al., 2006).

Entre as métricas frequentemente utilizadas nos índices multimétricos estão a riqueza taxonômica e a abundância relativa das espécies (Clarke and Warwick, 2001). A parte dos índices, essas métricas há muito tempo têm sido utilizadas em avaliações ambientais. Entretanto, problemas associados com a estimativa do real número de espécies presentes em um dado local são bem conhecidos (Gotelli and Cowell 2001). Além disso, a riqueza

taxonômica considera que todas as espécies são equivalentes, não importando se algumas possuem alto valor de conservação ou não (Cianciaruso et al., 2009). Como as espécies não desempenham os mesmos papéis nos ecossistemas não faz sentido elas serem tratadas como unidades similares.

A riqueza taxonômica e a abundância de espécies não são as únicas métricas tradicionalmente empregadas para mensurar a integridade do ambiente. Outro método de detecção é a comparação entre a abundância e biomassa proposta por Warwick (1986), conhecida como “curva ABC” (*Abundance Biomass Comparison*). Este método faz a comparação detalhada da distribuição de abundâncias com a distribuição de biomassa entre as espécies em cada amostra, fundamentando-se na teoria evolutiva clássica de seleção r- e k-estrategistas (Clarke and Warwick, 2001). Em regiões não perturbadas a comunidade supostamente será determinada por organismos k-estrategistas com presença de organismos grandes resultando na curva de biomassa inteiramente situada acima da curva de abundância. Quando o sistema passar por perturbações ele favorecerá o aparecimento dos organismos r-estrategistas, dominado por um grande número de pequenos indivíduos, dessa maneira a curva de abundância estará inteiramente acima da curva de biomassa.

Vários índices de estimativa da biodiversidade não incorporam informações sobre as espécies ou sobre os indivíduos dentro das comunidades (Cianciaruso et al., 2009). Nesse sentido, métricas como a distinção taxonômica (Δ^*) e a diversidade taxonômica (Δ), utilizadas inicialmente para observar respostas de comunidades bentônicas aos distúrbios antrópicos (Warwick and Clarke, 1998; 1995), são mais robustas por considerarem relações filogenéticas das espécies com médias baseadas em distâncias hierárquicas na classificação taxonômica entre os pares de espécies da comunidade. Essas métricas também são independentes do esforço amostral, por se basearem em dados não quantitativos de espécies, na presença e

ausência de espécies sendo facilmente calculadas e aplicadas em várias comunidades (Magurran, 2004; Clarke and Warwick, 1998).

Em virtude do cenário atual de degradação ambiental, e diante da carência de conhecimento da distribuição das espécies, é extremamente importante definir estratégias que permitam avaliar os sistemas de forma rápida e precisa. Nesse estudo, nosso objetivo foi verificar quais características da assembleia de Odonata (riqueza taxonômica, relação abundância/biomassa, composição taxonômica, diversidade taxonômica e distinção taxonômica/ou filogenética) podem ser usadas para avaliar a perda de integridade ambiental.

Nossas hipóteses são: (i) A riqueza taxonômica não irá representar bem os impactos, uma vez que alterações nas paisagens simplesmente gerará a substituição de espécies generalistas por espécies especialistas. Assim, o número de espécies pode ser o mesmo ou até mesmo maior em ambientes alterados, mascarando o efeito da modificação ambiental. (ii) Entre as métricas univariadas, as curvas ABC e a diversidade e distinção taxonômicas representarão bem as condições ambientais de locais preservados a degradados, (iii) A composição de espécies (dados multivariados) será uma boa ferramenta para caracterizar os impactos ambientais, uma vez que as comunidades apresentarão grande *turnover* entre áreas degradadas a preservadas.

Material e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi realizado em 50 igarapés no município de Paragominas, localizado no nordeste do estado do Pará, Brasil, entre as coordenadas 2° 25' e 4° 09'S e 46° 25' e 48° 54'W Gr (Watrín and Rocha, 1992) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo "Aw", caracterizado como tropical chuvoso com estação seca curta bem definida e com chuvas inferiores a 60 mm, temperatura média anual de 27,2

°C, umidade relativa do ar de 81% e precipitação pluviométrica média de 2.000mm/ano. O período de menor disponibilidade hídrica ocorre de junho a dezembro (Diniz, 1986).

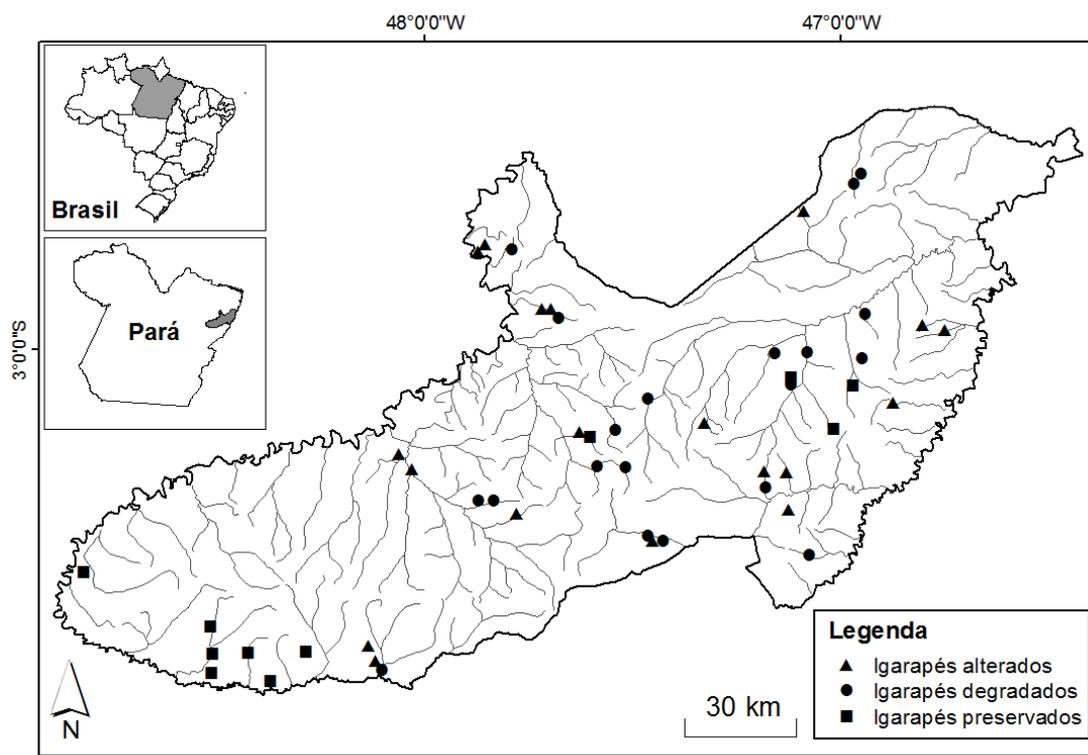


Figura 1. Rede de drenagem e distribuição dos igarapés de acordo com o nível de conservação (preservado, alterado ou degradado) amostrados na Amazônia Oriental, Paragominas, PA, Brasil.

A vegetação da área estudada é classificada de acordo com Veloso et al. (1991), nos seguintes ambientes fitoecológicos: floresta ombrófila densa, floresta ombrófila aberta mista de cipó e palmeira; e floresta ombrófila densa aluvial. A região mais desflorestada localiza-se na porção nordeste do município, em uma área de extração de madeira, onde houve a presença de centenas de serrarias até o final dos anos 1990. Após esse auge, a extração de madeira foi seguida então pela criação de gado e pelas plantações de grãos, sendo estas as atividades antropogênicas predominantes até os dias de hoje (Pezzuti and Silva, 2009; Fearnside, 2001).

Coleta do material biológico

Amostragem biológica

Os 50 trechos de igarapés foram amostrados no período de estiagem entre os meses de junho e agosto de 2011. Escolhemos este período porque a intensidade de precipitação durante a estação chuvosa dificulta o acesso local e coleta de dados de muitas variáveis, incluindo espécimes de adultos de Odonata, dadas as suas demandas ecofisiológicas (Corbet, 1999; May, 1991, 1976). Utilizamos o método de varredura em áreas fixas, na qual foram demarcados trechos de 100 m em cada igarapé, subdivididos em 20 segmentos de cinco metros de comprimento. Para a coleta dos indivíduos adultos foi utilizada uma rede entomológica (40 cm de diâmetro, 65 cm de profundidade e cabo de alumínio com 90 cm de comprimento). O tempo de permanência em cada ponto foi em média de uma hora (de acordo com De Marco, 1998). Essa técnica já tem sido usada com sucesso em outros estudos (Pinto et al., 2012, 2011; Juen and De Marco, 2011; Reis et al., 2011), mostrando ser eficiente em métodos rápidos de amostragem.

Realizamos as coletas entre as 10h e 14h e quando os raios solares alcançavam o igarapé, essas condições são necessárias para garantir que a maioria dos grupos de Odonata (conformadores, heliotérmicos e endotérmicos) estivessem ativos no momento da coleta (De Marco and Resende, 2002 May, 1991, 1976). Espécimes que eram visualizadas e identificadas mais não coletadas foram incluídas na amostragem. Para o acondicionamento dos espécimes em campo seguiu-se o protocolo descrito em Lencioni (2006).

Para identificação dos espécimes coletados foram utilizadas chaves taxonômicas especializadas (Garrison et al., 2010; Garrison et al., 2006; Lencioni, 2006; 2005; Costa et al., 2002; Carvalho and Calil, 2000; Garrison, 1990; Belle, 1996, 1988; Borror, 1945), comparando-os com material testemunho da coleção do Museu de Zoologia da Universidade Federal do Pará e quando necessário foram enviados alguns exemplares para os especialistas

Frederico Lencioni (Zygoptera) e Ângelo Pinto (Anisoptera). Após a identificação, os insetos foram depositados como material testemunho na Coleção do Museu de Zoologia da Universidade Federal do Pará, Belém, PA - Brasil.

De todas as espécies amostradas selecionamos no mínimo dez espécimes de cada em bom estado de conservação, buscando indivíduos coletados em igarapés distintos. Posteriormente medimos o peso seco desses espécimes (secagem natural seguindo Lencioni (2006)) com uma balança com precisão de 0,005g. Em seguida, foi retirada a média do valor do peso seco de cada espécie analisada.

Análise da integridade física dos pontos

Índice de Integridade do Hábitat (IIH)

Os aspectos físicos da qualidade ambiental de cada igarapé foram avaliados usando o Índice de Integridade do Habitat (IIH), de Nessimian et al. (2008). Este protocolo é constituído por 12 itens que descrevem as condições ambientais avaliando características como: padrão de uso da terra adjacente à vegetação ribeirinha; largura da mata ciliar e seu estado de preservação; estado da mata ciliar dentro de uma faixa de 10 m; descrição da condição do canal quanto ao tipo de sedimento e presença de dispositivos de retenção; estrutura e desgaste dos barrancos marginais do rio; caracterização do leito do rio quanto ao substrato, vegetação aquática, detritos e disposição das áreas de corredeiras, poções e meandros.

Cada item citado acima é composto de quatro a seis alternativas ordenadas de forma a representar sistemas cada vez mais íntegros. Os valores finais obtidos variam em uma escala de 0-1, ou seja, quanto mais próximo do valor 1 mais íntegro é considerado o igarapé. Para classificar estes igarapés em diferentes níveis de conservação os valores de IIH foram definidos com base em cortes, considerando a experiência dos pesquisadores e também as

observações em campo, sendo que igarapés com valores baixos de IIIH ($< 0,50$) foram classificados como degradados, igarapés com valores de IIIH variando entre 0,50 a 0,75 foram classificados como intermediários e os igarapés que apresentaram maiores valores de IIIH ($> 0,75$) foram classificados como preservados.

Análise dos dados

Cada um dos 50 trechos de igarapés amostrados foi considerado uma réplica amostral (total de 50 réplicas). Dentre as 50 foram estabelecidos locais degradados (20 igarapés), intermediários (19) e preservados (11) de acordo com os valores do IIIH.

Com o intuito de inferir sobre a riqueza taxonômica total dos igarapés foi utilizado o estimador não paramétrico *jackknife* de primeira ordem (Colwell and Coddington, 1994), controlando o esforço de amostragem. A eficiência de amostragem de espécies de Odonata foi verificada por meio de curvas de acumulação de espécies (curvas de rarefação) tendo como base os segmentos amostrados em cada trecho (Colwell et al., 2004).

Para testar se existe diferença na riqueza de espécies com base na classificação do grau de integridade dos pontos (preservado, alterado e degradado) foi utilizada a metodologia de inferência por intervalo de confiança, também usando a riqueza estimada pelo *jackknife* de primeira ordem (Colwell et al., 2004; Gotelli and Colwell, 2001), onde os grupos foram considerados realmente diferentes quando os intervalos de confiança de um grupo não se sobrepôs às médias do outro. Para avaliar a resposta da riqueza de espécies de Odonata, aos diferentes índices de integridade de hábitat físico dos pontos (graus de distúrbios) foram realizadas regressões simples entre a riqueza de Odonata, e os valores do índice IIIH.

Para a análise da diversidade taxonômica (Δ) e da distinção taxonômica (Δ^*) utilizamos os métodos analíticos sugeridos por Warwick and Clarke (1995). Esta técnica considera a distância topológica da filogenia, cujo parentesco entre duas espécies pode ser estimado pela

distância topológica entre elas, ou seja, pelo número de nós ou ligações (distância entre os braços) que as separam em uma árvore filogenética. Δ é calculado através do comprimento dos braços de acordo com a classificação taxonômica, entre quaisquer dois indivíduos escolhidos aleatoriamente a partir da amostra; e Δ^* consiste na modificação de Δ para minimizar o efeito da dependência da abundância de espécies, fazendo a ponderação entre os comprimentos dos braços, entre quaisquer dois indivíduos, de diferentes espécies, escolhidos aleatoriamente a partir da amostra.

A composição da filogenia de Odonata foi elaborada através da confecção da *supertree* criada por Juen (2011), adicionando informações de filogenias novas que foram encontradas depois disso. Foram excluídos das amostras indivíduos que não foram identificados até o nível de espécie. Utilizamos a resolução taxonômica em cinco níveis: ordem, subordem, família, gênero e espécie. A avaliação da resposta da diversidade (Δ) e distinção taxonômica (Δ^*) da comunidade de Odonata em relação ao índice de integridade de hábitat (IIH) foi realizada através de regressões simples.

Comparamos as condições ambientais entre igarapés preservados, degradados e intermediários usando a abordagem de curva de abundância e biomassa de Warwick (1986). Para tanto foi utilizada 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).

Analisamos a composição de espécies de Odonata ao longo do gradiente ambiental dado pelo IIH com a técnica de regressão multivariada de matrizes de distância (MDMR) (Zapala and Schork, 2012; 2006). Esta técnica consiste na transformação da matriz de dados brutos em uma matriz de distância. O coeficiente de similaridade de Bray-Curtis foi aplicado em $[\log(x + 1)]$ para a transformação da matriz de composição de espécie (Kruskal, 1964). Uma vez calculada a matriz de distância modelamos esta matriz com o preditor contínuo, IIH, para

obtenção dos coeficientes relacionados às múltiplas regressões. Uma matriz de correlação de Pearson entre os scores das unidades amostrais gerados pela MDMR e o Índice de Integridade do Hábitat foi realizada, para observar se existe ou não dissimilaridade entre a composição de espécies ao longo do gradiente ambiental.

O *Threshold Indicator Taxa ANalysis* - TITAN (Baker and King, 2010) foi aplicado para a identificação das espécies que responderam ao gradiente de perturbação dado pelo índice de integridade do habitat (IIH). Esta análise teve como objetivo detectar mudanças na distribuição dos táxons diferentes ao longo de um gradiente ambiental contínuo e verificar a existência e a natureza de associações específicas na frequência e abundância relativa dos táxons ao longo deste gradiente (Baker and King, 2010). Esta análise foi baseada nos valores de especificidade e fidelidade da análise de espécies indicadoras (IndVal) (Dufrene and Legendre, 1997) e na mudança de ponto de Análise - nCPA (King and Richardson, 2003). Esse último parâmetro associa o taxa com pontuações ambientais contínuas definindo limites da comunidade em relação a variável testada, criando intervalos de confiança e pontos de mudança (positivos ou negativos) na taxa (King et al., 2011; Baker and King, 2010).

Realizamos uma PCoA (*Principal Coordinates Analyses*) com a matriz de composição de espécies, também utilizando o índice de *Bray Curtis* e os valores de abundância logaritmizados. Para verificar a existência de colinearidade entre os dados multivariados (composição das assembleias) e as métricas univariadas, foram feitas correlações de Pearson entre os valores do eixo de maior explicação da PCoA e as métricas riqueza estimada (Jackknife), Diversidade Taxonômica (Δ) e Distinção Taxonômica (Δ^*).

As estimativas de riqueza de espécies foram calculadas no programa EstimateS (*Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*) versão 7.5.0 (Colwell, 2005) e as demais análises foram realizadas pelas rotinas do programa R (R

Development Core Team, 2011), usando o pacote Vegan. Para o cálculo do TITAN foi utilizado o script proposto por Baker & King (2010).

Resultados

Estrutura da comunidade de Odonata

Foram coletados 1.769 espécimes de Odonata, distribuídos em 11 famílias, 41 gêneros e 97 espécies. A subordem Zygoptera contribuiu com 961 indivíduos, distribuídos em oito famílias (Calopterygidae, Coenagrionidae, Dictnerididae, Megapodagrionidae, Perilestidae, Polythoridae, Protoneuridae e Pseudostigmatidae), 19 gêneros e 56 espécies. Anisoptera contribuiu com 808 indivíduos, distribuído em três famílias (Aeshnidae, Gomphidae e Libellulidae), 22 gêneros e 41 espécies.

Para Zygoptera, Coenagrionidae foi a família mais abundante, com 343 espécimes; dos membros desta família, as espécies do gênero *Argia* foram as mais abundantes ($n = 230$), seguido de *Acanthagrion* ($n = 72$) e *Tigriagrion* ($n = 26$). Enquanto que de Anisoptera, Libellulidae foi a família com maior abundância, apresentando 796 espécimes, sendo que as espécies do gênero *Erythrodiplax* ($n = 375$), *Oligoclada* ($n = 136$) e *Diastatops* ($n = 105$) foram, respectivamente, as mais representativas dessa família.

Riqueza das espécies de Odonata por nível de conservação dos igarapés

As maiores riquezas estimadas de Odonata ocorreram nos igarapés classificados como intermediários ($78,23 \pm 4,45$), apresentando em média 12 espécies a mais do que os ambientes degradados e 24 espécies a mais do que os preservados (Figura 2A). Analisando por subordem, Anisoptera teve a maior riqueza em igarapés classificados como degradados ($38,31 \pm 3,51$), apresentando em média sete espécies a mais do que os ambientes intermediários e 25

espécies a mais do que os preservados (Figura 2B); para Zygoptera, a riqueza estimada foi maior em igarapés intermediários ($48,06 \pm 3,13$), apresentando em média 19 espécies a mais do que os ambientes degradados e sete espécies a mais do que os preservados (Figura 2C).

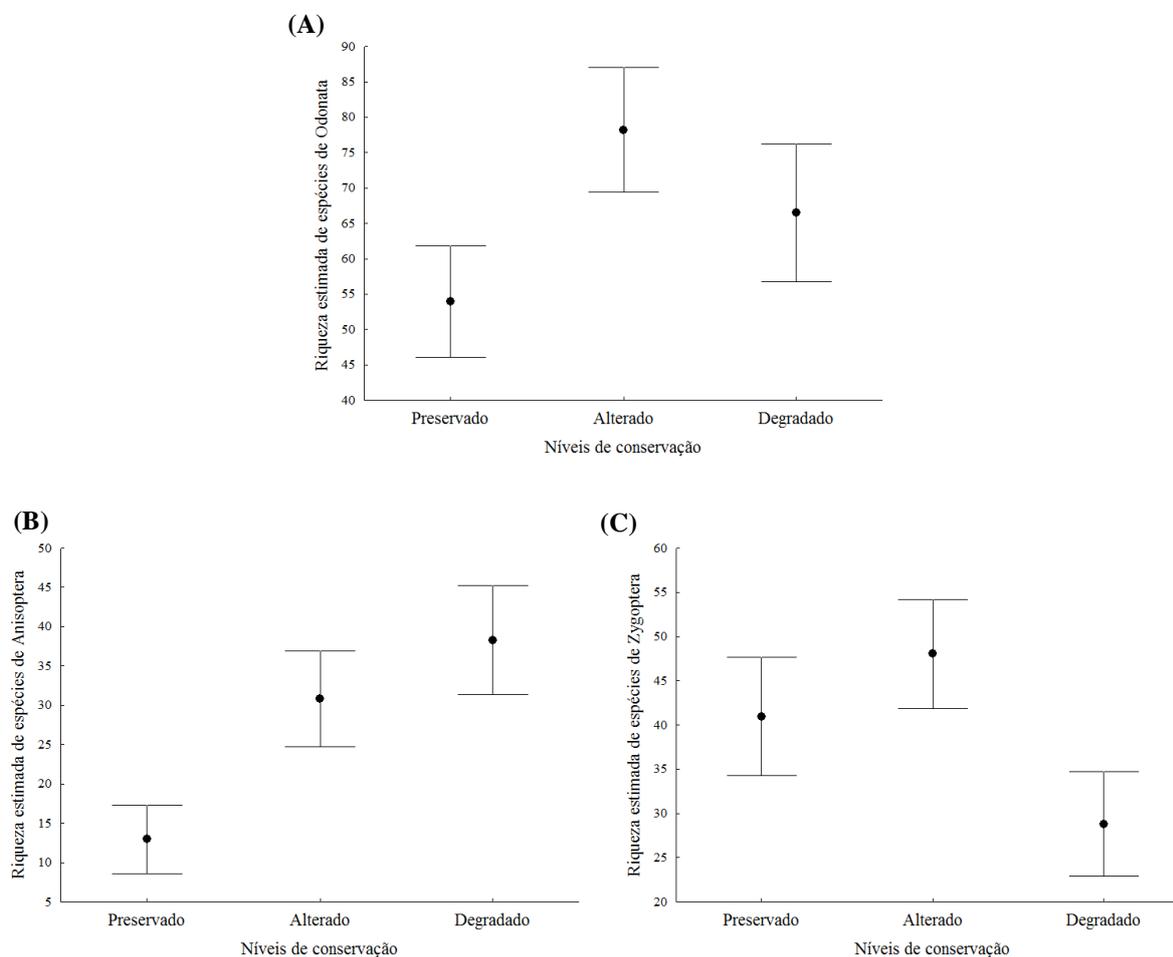


Figura 2. Riqueza estimada de espécies (segundo o estimador *jackknife* de primeira ordem) (média \pm intervalo de confiança) por níveis de conservação dos igarapés amostrados na Amazônia Oriental, Paragominas, PA, Brasil, apenas para (A) ordem Odonata (B) subordem Anisoptera e (C) subordem Zygoptera.

O índice de Integridade do Hábitat afeta tanto a riqueza de espécies de Anisoptera ($r^2 = 0,411$; $p < 0,001$, Figura 3A) quanto a riqueza de espécies de Zygoptera ($r^2 = 0,310$; $p < 0,001$, Figura 3B). O aumento da integridade ambiental gera um aumento na riqueza de espécies de Zygoptera e um decréscimo na riqueza de espécies de Anisoptera.

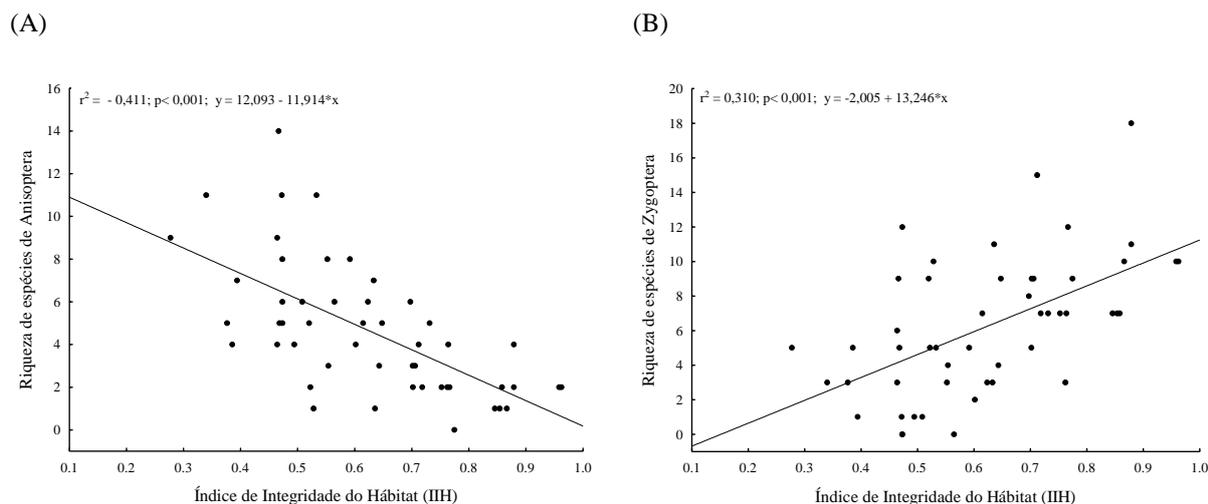


Figura 3. Relação entre riqueza de espécies de Odonata; A) Anisoptera; B) Zygoptera com Índice de Integridade do Habitat (IIH) dos igarapés no município de Paragominas, PA, Brasil.

Diversidade Taxonômica (Δ) e Distinção Taxonômica (Δ^*)

A diversidade taxonômica (Δ) e distinção (Δ^*) apresentaram valores distintos entre as categorias de condições ecológicas, o que sugere uma mudança na comunidade ao longo do gradiente de perturbação antrópica. Como consequência, os valores de (Δ) e (Δ^*) foram relacionados com o índice de integridade do habitat (IIH), mas com valor preditivo intermediário ($r^2 = 0,526$; $p < 0,001$; $r^2 = 0,540$; $p < 0,001$; Figura 4). Os valores de diversidade taxonômica variaram entre 19,552 e 81,684, enquanto que os valores de distinção taxonômica variaram entre 32,837 e 92,751 (Tabela 1). Igarapés classificados como intermediários tiveram a maior diversidade e distinção taxonômicas ($\Delta = 88,612$; $\Delta^* = 78,315$). A menor diversidade taxonômica ($\Delta = 69,971$) foi observada entre os igarapés classificados como degradados, enquanto que para igarapés classificados como preservados foram encontrados os maiores valores para essas métricas ($\Delta = 79,851$; $\Delta^* = 72,346$).

Tabela 1. Diversidade Taxonômica (Δ) e Distinção Taxonômica (Δ^*) para os diferentes níveis de conservação dos igarapés amostrados na Amazônia Oriental, Paragominas, PA, Brasil

Nível de conservação do igarapé	Diversidade Taxonômica (Δ)			Distinção Taxonômica (Δ^*)		
	Esperada	Mínimo	Máximo	Esperada	Mínimo	Máximo
Todos os igarapés	83,645	19,553	81,684	79,135	32,838	92,751
Igarapés Preservados	79,852	61,572	74,678	72,346	73,674	85,750
Igarapés Alterados	88,612	52,343	78,695	78,316	61,618	91,798
Igarapés Degradados	69,972	21,115	77,010	65,301	35,462	86,522

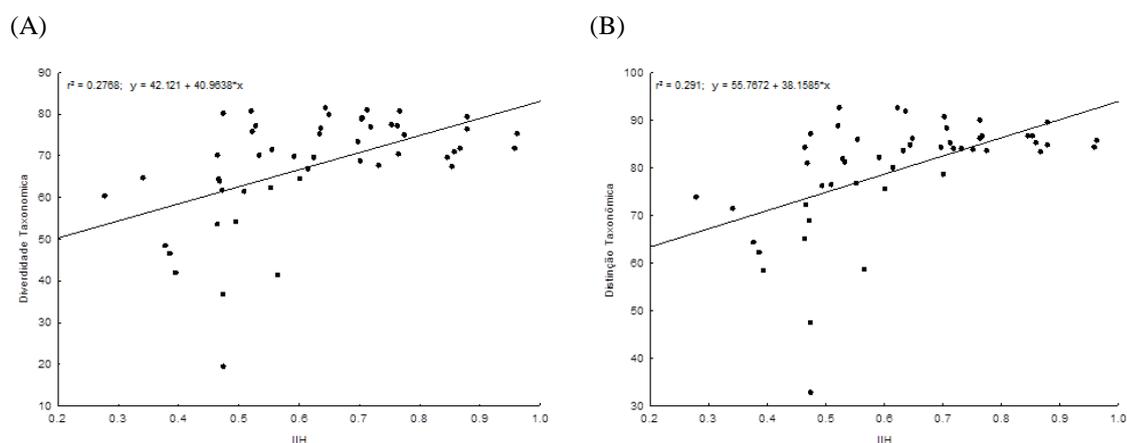
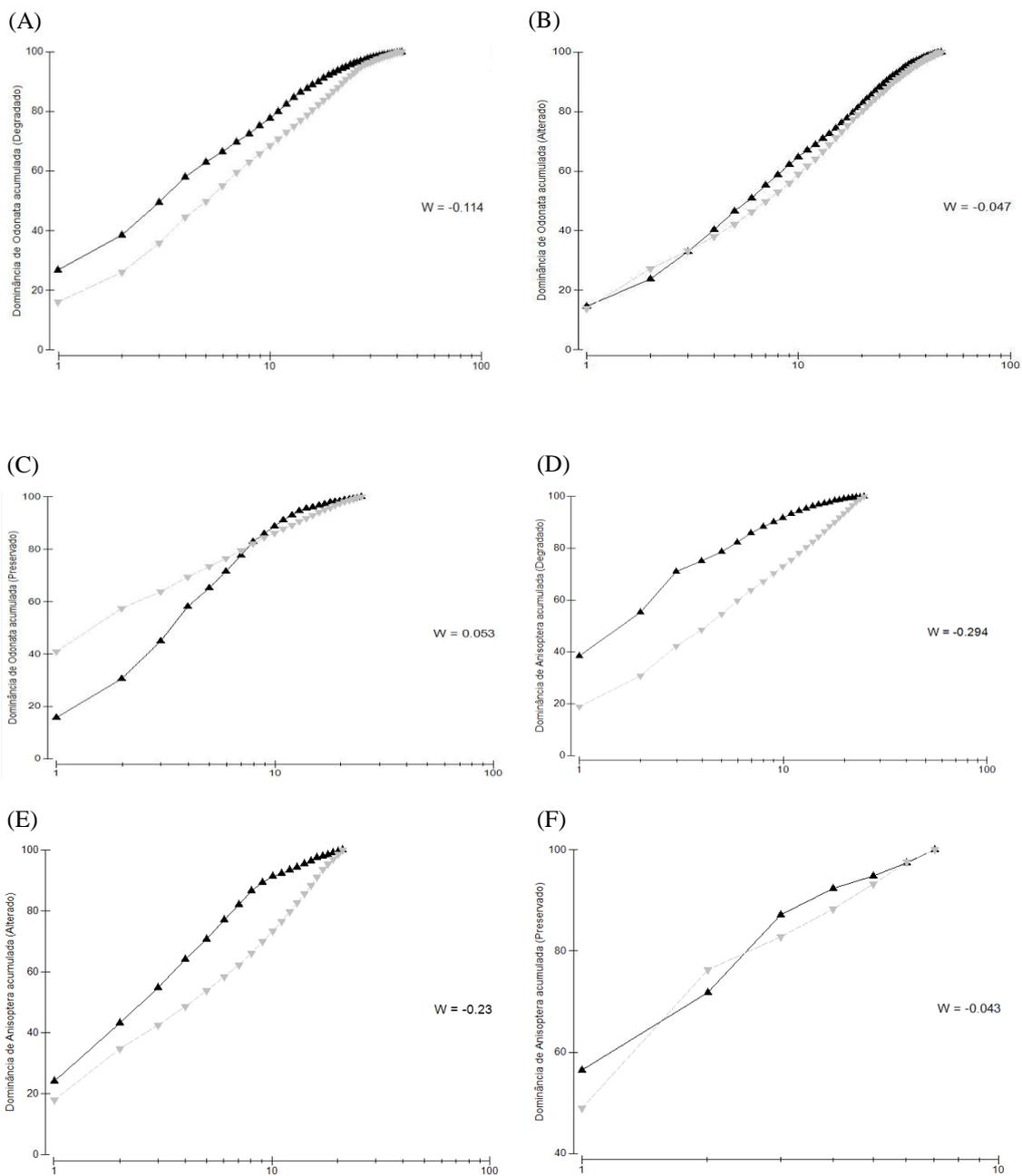


Figura 4. Regressão linear entre os valores da Diversidade Taxonômica (A) e Distinção Taxonômica (B) contra os valores do Índice de Integridade do Habitat (IIH).

Abundância/biomassa de Odonata por nível de conservação dos igarapés

Analisando as curvas ABC (Figura 5A, B e C), as curvas de abundância dos igarapés em todas as três condições ecológicas foram superiores às curvas de biomassa ($W = -0,114$ para degradados, $W = -0,047$ para alterados e $W = 0,053$ para preservados). Porém, em igarapés preservados a diferença foi estatisticamente baixa, como pode ser observado no valor do teste W. Para Anisoptera (Figura 5D, E e F) e para Zygoptera (Figura 5G, H e I) foram observados os mesmos padrões encontrados para a ordem Odonata como um todo, em que as curvas de abundância para os níveis de conservação degradado, alterado e preservado foram superiores as curvas de biomassa ($W = -0,294$ para degradados, $W = -0,23$ para alterados e

$W = -0,043$ para preservados, considerando Anisoptera, e $W = -0,292$ para degradados, $W = -0,167$ para alterados e $W = -0,137$ para preservados, considerando Zygotera).



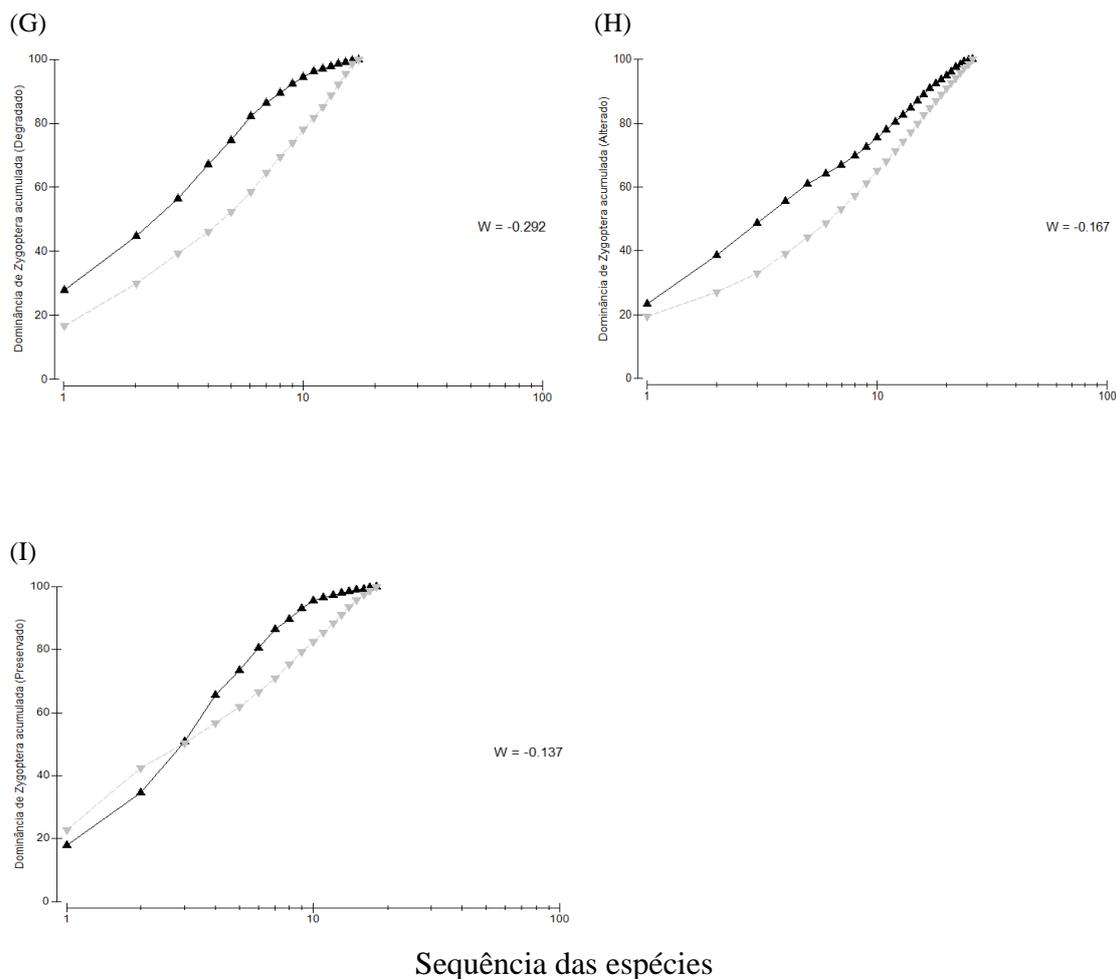


Figura 5. Curva ABC, abundância (triângulo preto) e biomassa (triângulo cinza) realizada para ordem Odonata em: (A) igarapés degradados, (B) alterados e (C) preservados. Para a subordem Anisoptera em: (D) igarapés degradados, (E) alterados e (F) preservados, e para a subordem Zygoptera em: (G) igarapés degradados, (H) alterados e (I) preservados.

Composição de espécies nas diferentes condições ecológicas e em relação ao Índice de Integridade do Habitat (IIH)

A composição de espécies apresentou diferenças de acordo com o gradiente estabelecido pelos valores do IIH (Tabela 2). De acordo com os valores do IIH, quanto mais íntegro é o hábitat maior dissimilaridade existirá entre os indivíduos da comunidade, ao passo que, quanto menos íntegro for o hábitat uma maior similaridade ocorrerá entre os indivíduos da comunidade ($r = -0,902$, $p < 0,001$) (Figura 6).

O TITAN detectou uma considerável mudança entre os táxons ao longo do gradiente estabelecido pelos valores do IIH, identificando 20 espécies indicadoras de um total de 96 analisadas. Doze espécies compuseram o grupo significativamente associado a locais com alta integridade do hábitat (ou seja, 60% das 20 espécies identificadas). O limiar de perturbação destas espécies variou de acordo com os valores de IIH entre 0,47 a 0,85 (Figura 7). Oito espécies compuseram o grupo associado com a baixa integridade do hábitat (40% das 20 espécies identificadas), com um limiar variando entre 0,46 a 0,75.

Tabela 2. Análise de regressão multivariada de matrizes de distância (MDMR) para testar a associação entre a composição de espécies da comunidade de Odonata e o Índice de Integridade do Habitat (IIH).

	DF	SS	MS	F	R ²	p
IIH	1	3,684	3,684	12,668	0,208	< 0,001
Resíduos	48	13,960	0,291	0,791		
Total	49	17,645	1			

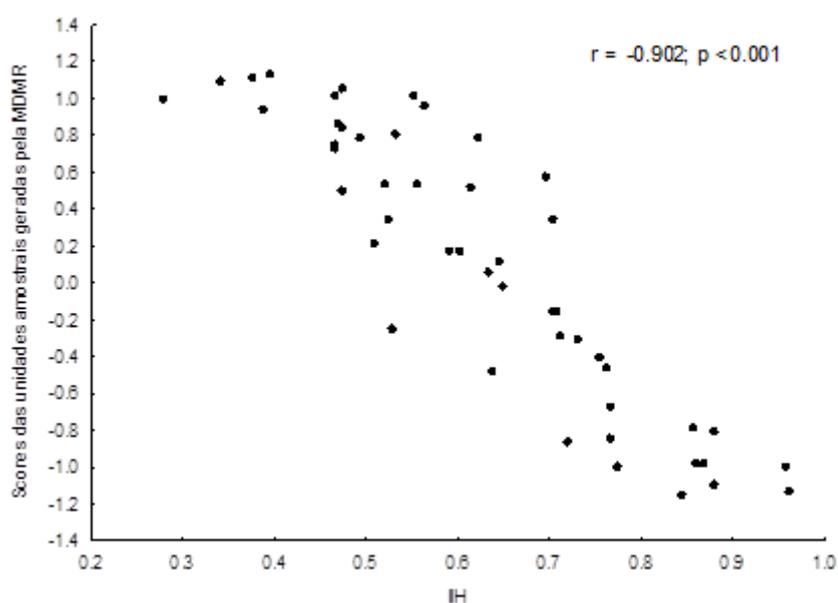


Figura 6. Correlação entre scores das unidades amostrais geradas pela MDMR e o Índice de Integridade do Habitat (IIH), demonstrando a similaridade da composição de espécies na comunidade ao longo de um gradiente ambiental.

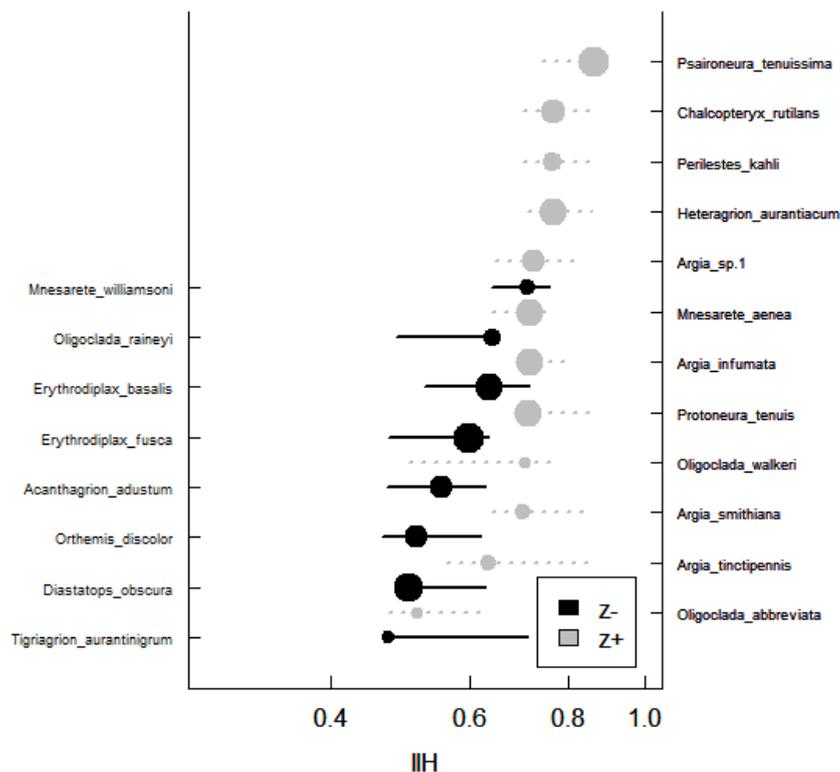


Figura 7. Threshold Indicator Taxa ANalysis (TITAN). Pontos de mudança e limites de confiança significativos (90%) de espécies indicadoras ($n = 20$) ao longo dos valores de IIIH. Espécies indicadoras significativas são espécies com, IndVal $p < 0,05$; pureza $> 0,95$ e confiabilidade $> 0,95$ para 500 bootstrap e 250 permutações. Os pontos de alteração são representados por círculos pretos e cinzas para as espécies associadas com alta e baixa perturbação, respectivamente.

Relação entre as características mensuradas das assembleias de Odonata

Não encontramos relações significativas entre o primeiro eixo da PCoA, representando as composições das assembleias, e a riqueza estimada de espécies ($r = -0,145$, $p = 0,315$). Porém, a maioria das variáveis apresentou correlação significativa (Tabela 3). As métricas de Diversidade Taxonômica e Distinção Taxonômica foram positivamente correlacionadas ($r = 0,939$; $p < 0,001$). O primeiro eixo da PCoA foi negativamente correlacionado com a

diversidade taxonômica ($r = -0,607$; $p < 0,001$) e a distinção taxonômica ($r = -0,589$; $p < 0,001$).

Tabela 3. Correlação entre as métricas: Jackknife, Diversidade Taxonômica (Δ), Distinção Taxonômica (Δ^*) e Composição de espécies utilizando o primeiro eixo da PCoA.

Métricas da comunidade de Odonata	β	EP	B	EP	t(48)	p
Jackknife x Diversidade Taxonômica (Δ)	0,448	0,129	0,958	0,276	3,475	0,001
PCoA I (composição) x Jackknife	-0,145	0,143	-0,759	0,748	-1,014	0,315
PCoA I (composição) x Diversidade Taxonômica (Δ)	-0,607	0,115	-0,247	0,047	-5,290	< 0,001
PCoA I (composição) x Distinção Taxonômica (Δ^*)	-0,589	0,117	-1,594	0,315	-5,055	< 0,001
Jackknife x Distinção Taxonômica (Δ^*)	0,307	0,137	0,594	0,266	2,232	0,030
Diversidade taxonômica (Δ) x Distinção Taxonômica (Δ^*)	0,939	0,050	1,035	0,055	18,863	< 0,001

Métricas que melhor representam a comunidade de Odonata

Entre as métricas mensuradas, a composição de espécies foi a que melhor respondeu às alterações antrópicas nos igarapés. Diversidade Taxonômica (Δ) e a Distinção Taxonômica (Δ^*) também responderam bem às variações do IHH, sendo essas rápidas de serem mensuradas (quantificadas), uma vez que se baseiam apenas em dados de presença e ausência das espécies nos igarapés. Além disso, elas apresentam robustez em face do esforço amostral variável ou não controlado. Uma outra vantagem destas duas métricas é que elas consideram o grau de parentesco dos indivíduos, capturando assim um importante aspecto da diversidade que é ignorado nas métricas tradicionais.

Discussão

A ordem Odonata é composta pelas conhecidas libélulas, pequenos animais que possuem o corpo frequentemente colorido e brilhante. Esses organismos apresentam duas fases bem distintas em seu desenvolvimento, sendo os adultos animais voadores e os imaturos (ninfas) aquáticos. Eles se associam ao substrato no fundo dos corpos d'água e à vegetação

aquática (Juen and De Marco, 2007; Corbet, 1999). Os odonatos são hemimetábolos, com desenvolvimento bastante longo (Martins and Del Claro, 2011). As ninfas são predadoras vorazes e podem sofrer, em média, onze a quinze mudas, ficando de três meses a cinco anos na água, até o surgimento definitivo do adulto alado (Gullan and Cranston, 2000). Os adultos apresentam características ecofisiológicas distintas, sendo que estudos ressaltam a importância ao nível de sombreamento na seleção de hábitat de Odonata em riachos (Calvão et al. 2013),

Em virtude desta grande especificidade de comportamentos, as variáveis das assembleias que apresentaram melhor sensibilidade e acurácia para detectar a relação entre a comunidade de Odonata e a integridade do ambiente foram a composição de espécies e a diversidade e distinção taxonômicas. Estas variáveis apresentaram as melhores respostas, provavelmente, por incorporarem informações sobre as identidades das espécies de cada local. As demais variáveis, como a riqueza estimada de espécies e a relação entre abundância/biomassa representada pela curva ABC não foram boas ferramentas para avaliar as relações entre os impactos antrópicos e as comunidades, uma vez que estas variáveis não dão informação sobre as características das espécies, não estabelecendo os verdadeiros valores de conservação de cada uma (Magurran, 2004).

A integridade se mostrou um elemento importante na estruturação das duas subordens, mas com resultados opostos. Espécies do grupo Zygoptera se mostraram sensíveis às alterações da integridade física desses riachos, enquanto espécies de Anisoptera foram até mesmo favorecidas aumentando sua riqueza. Dessa maneira, a variação existente na riqueza de espécies entre os níveis de conservação dos igarapés estudados, não apresentaram boa acurácia para avaliar impactos ambientais, corroborando a nossa hipótese, uma vez que, observou-se uma maior riqueza de espécies para Odonata e para Zygoptera em igarapés alterados e, para Anisoptera, em igarapés degradados. Uma explicação para estes padrões

encontrados está relacionada às alterações que ocorrem na mata ciliar (Voelz & McArthur, 2000), refletindo diretamente na estruturação da comunidade, favorecendo Anisoptera em detrimento de Zygoptera. Portanto, sugerimos fortemente que os trabalhos com Odonata utilizem a deconstrução de comunidade, pois considerando os grupos juntos muitas vezes devido o antagonismos de exigência entre as espécies, pode não ser encontrado efeito, até mesmo onde ele é existente.

Uma explicação para a maior riqueza de espécies de Anisoptera em ambientes degradados é que nestes locais há uma maior entrada de luz e de calor no sistema (Juen et al. 2014). Assim, a alta luminosidade favorece o aquecimento destes indivíduos que apresentam geralmente maior tamanho corporal, sendo heliotérmicos, necessitando da radiação solar sobre seus corpos para realizarem suas atividades (Resende, 2010; Corbet and May, 2008; May, 1976). Isso sugere que adultos de muitas espécies de Anisoptera se dispersam para áreas desflorestadas, evitando assim as áreas sombreadas dos corpos d'água. Já as espécies de Zygoptera, um grupo de insetos em geral de menor tamanho corporal e elevada condutância (a temperatura do corpo variando com a do ambiente, Juen et al. (2014)), estão associadas a ambientes mais íntegros e com vegetação ribeirinha conservada (Corbet, 1999).

Dessa maneira, espécies de Zygoptera, de nichos estreitos, muitas vezes se dispersam mal, enquanto que as espécies de Anisoptera, pioneiras de habitats temporários e muitas vezes criados por perturbação, são excelentes colonizadoras (Clausnitzer et al. 2009). Estas espécies mais generalistas normalmente migram para locais perturbados. Por isso o número de espécies apresenta ser equivalente ou até mesmo maior nos ambientes degradados e intermediários, mascarando a verdadeira condição ecológica destes locais. Conclusões similares foram feitas por Juen et al. (2014).

Levando-se em conta a diversidade taxonômica e a distinção taxonômica, as áreas degradadas representadas pelos igarapés com vegetação ripária bem reduzida e com elevado uso das terras adjacentes as suas margens, apresentaram uma modificação da estrutura filogenética, sendo mais homogêneas do que em áreas menos degradadas.

Como observado por Warwick (1995), comunidades perturbadas tendem a ter valores baixos de distinção taxonômica, sendo composta, em média, por espécies taxonomicamente mais próximas do que as comunidades não perturbadas, que tendem a ter espécies taxonomicamente mais distantes, resultando assim em uma maior distinção taxonômica. Dessa maneira, é importante perceber que, como a maioria (se não todos) os índices de diversidade, Diversidade Taxonômica e Distinção taxonômica são medidas relativas, para uso em comparações dentro de um estudo em vez de ter alguma validade mundial absoluta (Warwick and Calrke, 1995). Neste papel, a Distinção Taxonômica se comporta como uma medida univariada bem sensível indicando modificações na estrutura da comunidade.

Estas métricas têm sido amplamente empregadas em estudos de ecologia marinha avaliando a integridade das comunidades e estado de conservação dos habitats (Brown et al. 2002; Leonard et al., 2006; Warwick and Clarke, 1995; Hall and Greenstreet, 1998; Rogers et al., 1999).

Estudos demonstram que as curvas comparativas de abundância/biomassa são eficientes em avaliar impactos ambientais em sistemas aquáticos (Carvalho et al., 2013). Porém, a utilização desse método em nosso estudo com a ordem Odonata não apresentou-se eficiente em detectar os distúrbios antrópicos, não corroborando a nossa hipótese. Os resultados obtidos tanto para a ordem como um todo quanto para as subordens apresentaram o mesmo padrão, em que as curvas de abundância se sobressaíram em relação às curvas de biomassa. Esse padrão teoricamente representaria as condições em áreas degradadas

(Warwick and Clarke 1995). Uma provável explicação para que áreas preservadas também tenham apresentado esse padrão é a ocorrência de espécies que apenas estavam presentes nestes locais forrageando, não sendo, portanto espécies residentes e também devido a um aumento temporário de indivíduos não pertencentes a estes igarapés amostrados, reflexo da proximidade com as áreas alteradas e degradadas. Espécies de áreas alteradas e degradadas, por serem endotérmicas ou heliotérmicas, são favorecidas ao se aquecerem em áreas com maior abertura do dossel causada pela retirada da vegetação (Calvão et al., 2013). Assim, podem se dispersar para áreas preservadas em busca de melhor oferta de alimento, contribuindo para alterações nos padrões observados.

A hipótese de que a composição da comunidade seria uma boa ferramenta para detecção de impactos antrópicos foi corroborada, uma vez que a composição de adultos de Odonata foi distinta entre os níveis de conservação dos igarapés. Esta dinâmica causa mudanças na comunidade devido às interações interespecíficas, incluindo seleção do hábitat, observando ganho ou perda para determinadas espécies (Monteiro-Junior et al., 2013).

A colonização por novas espécies, geralmente generalistas e boas competidoras, pode acarretar na eliminação de espécies locais (De Marco and Resende, 2004). Este padrão de substituição de espécies pode ser esperado de acordo com as características de termorregulação das espécies em regiões tropicais (De Marco et al., 2005). É esperado que grandes espécies de Anisoptera ocorram em áreas abertas, ensolaradas, devido a sua elevada eficiência de termorregulação como por exemplo espécies do gênero *Erythrodiplax*, corroborando os resultados encontrados por Carvalho et al. (2013) e *Orthemis discolor* Burmeister, 1839 (Monteiro-Junior et al., 2014). A única espécie de Zygoptera associada a ambientes degradados foi *Acanthagrion adustum* Williamson, 1916, sendo uma espécie relacionada a ambientes lênticos encontradas em brejos e poças com larvas associadas à macrófitas e detritos (Carvalho, 1991; Carvalho & Nessimian, 1998; De Marco & Latini,

1998) a relação desta espécie com ambientes degradados ocorre em decorrência do aumento na quantidade de macrófitas (Von Sperling, 2005), ocorrida em virtude do represamento existente na maioria dos igarapés degradados (formando trechos com características de ambientes lânticos), em consequência da construção de estradas o que leva a ausência de cobertura vegetal (Ribera & Vogler, 2000). Por outro lado as espécies de Zygoptera ficam restritas as áreas de maior cobertura de dossel e sombreadas, por apresentarem menor tamanho corporal sendo mais sensíveis às variações ambientais por restrições ecofisiológicas (Corbet, 1999; Corbet & May, 2008) ou por uma maior especialização de hábitat. Um exemplo de especialização de hábitat pode ser observado em fêmeas do gênero *Chalcopteryx* necessitando de habitat específico para ovipor e por isso, só são encontradas em ambientes preservados (Oliveira-Junior não publicado). Corroborando os resultados obtidos por Monteiro-Junior et al. (2014), as espécies coletadas no presente estudo como as do gênero *Argia* também foram associadas a ambientes íntegros aonde são encontradas plantas submersas e vegetação ribeirinha em que estas espécies frequentemente as utilizam como poleiros sendo eliminados a medida que o ambiente sofre impactos antrópicos diminuindo a disponibilidade de poleiros e de potenciais refúgios para as espécies.

Procuramos apresentar quais as melhores ferramentas para trabalhar com Odonata como indicação de qualidade ambiental. Observamos que os padrões de riqueza de adultos de Odonata não tiveram boa acurácia em determinar o quanto a comunidade estaria relacionada com os graus de degradação, uma vez que a maior riqueza de adultos para a ordem e para a subordem Zygoptera ocorreram em ambientes intermediários, a medida que a maior riqueza para a subordem Anisoptera ocorreu em ambientes degradados. Já o padrão observado para a diversidade e distinção taxonômica e, também, para a composição de espécies, esteve fortemente relacionado com o nível de conservação dos igarapés estudados. Conforme o

esperado, igarapés intermediários e degradados, comportaram uma composição de espécies diferentes dos preservados.

Agradecimento

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pelas bolsas de estudo e PPG Ecologia e Conservação (UNEMAT), Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia-Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (CNPq 574008 / 2008-0), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa (SEG: 02.08.06.005.00), a Iniciativa Darwin Reino Unido (17-023), The Nature Conservancy, e o Natural Environment Research Council (NERC) (NE / F01614X / 1 e NE / G000816 / 1) pelo apoio institucional e acadêmico. LJ recebeu bolsa de produtividade em 303.252 / 2013-8 do CNPq. Agradecemos L. Brasil, pela ajuda na coleta de material biológico, NS Pinto por ajudar na identificação de Anisoptera, F. Lencioni pela confirmar a identificação de Zygoptera.

Referências

- Abell, R., Allan, J., Lehner, B., 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biol. Conserv.*, 134(1), 48–63.
- Angermeier, P.L., Davideanu, G., 2004. Using fish communities to assess streams in Romania: initial development of an index of biotic integrity. *Hydrobiologia*, 511, 65-78.
- Angermeier, P.L., Karr, J.R., 1986. Applying an index of biotic integrity based on stream-fish communities: considerations in sampling and interpretation. *North Am. J. Fish Manage.*, 6, 418-429.
- Anjos, A.F., Takeda, A.M., 2005. Colonização de Chironomidae (Díptera: Insecta) em diferentes tipos de substratos artificiais. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 222, 147-151.
- Araújo, F.G., Fichberg, I., Pinto, B.C.T., Peixoto, M.G., 2003. A preliminary index of biotic integrity for monitoring the condition of the Rio Paraíba do Sul, southeast Brazil. *J. Environ. Manage.*, 32, 516-526.
- Baker, M.E., King, R.S., 2010. A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. *Method. Ecol. Evol.*, 1, 25-37.
- Belle, J., 1988. A synopsis of the species of *Phyllocycla* Calvert with description of four new taxa and a key to the genera of the neotropical Gomphidae (Odonata, Gomphidae). *Tijdschrift voor Entomologie*, 131, 73-102.
- Belle, J., 1996. Higher classification of the South-American Gomphidae (Odonata). *Zool. Mededelingen*, 70, 298-324.
- Bendjoudi, H., Weng, P., Guerin, R., Pastre, J.F., 2002. Riparian wetlands of the middle reach of the Seine river (France): historical development, investigation and present hydrologic functioning. A case study. *J. Hydrol.*, 263, 131–155.
- Bojsen, B.H., Jacobsen, D., 2003. Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazonian. *Archiv für Hydrobiologie*, 158, 317–342. doi:10.1127/0003-9136/2003/0158-0317

- Borror, D.J., 1945. A key to the New World genera of Libellulidae (Odonata). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 38, 168-194.
- Bozzetti, M., Schulz, U.H., 2004. An index of biotic integrity based on fish assemblages for subtropical streams in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 529, 133–144.
- Brosse, S., Arbuckle, C.J., Townsend, C.R., 2003. Habitat scale and biodiversity: influence of catchment, stream reach and bed form scales on local invertebrate diversity. *Biodivers. Conserv.*, 12, 2057-2075.
- Brown, B. E., Clarke, K. R., Warwick, R. M., 2002. Serial patterns of biodiversity change in corals across shallow reef flats in Ko Phuket, Thailand, due to the effects of local (sedimentation) and regional (climatic) perturbations. *Mar. Biol.*, 141(1), 21-29.
- Calvão, L.B., Vital, M.V.C., Juen, L., Lima Filho, G.F., Oliveira-Junior, J.M.B., Pinto, N.S., De Marco, P.Jr., 2013. Thermoregulation and microhabitat choice in *Erythrodiplax latimaculata* Ris males (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 42, 97-108.
- Carvalho, A.L., Calil, E.R., 2000. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil - adultos e larvas. *Pap. Avulsos Zool.*, 41, 423-441.
- Carvalho, F.G. De., Pinto, N.S., Oliveira Junior, J.M.B., Juen, L., 2013. Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. *Acta Limnol. Bras.*, 25(1), 10–18. doi:10.1590/S2179-975X2013005000013
- Cianciaruso, M.V., Silva, I.A., Batalha, M.A., 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotrop.*, 9(3), 1-11.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *J. Appl. Ecol.*, 35, 523-531.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, 216, 265–278.
- Clausnitzer, V., Kalkman, V.J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J.E., Bedjanič, M., ... Wilson, K., 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biol. Conserv.*, 142(8), 1864-1869.

- Colwell, R.K., 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. Disponível em: <http://purl.oclc.org/estimates>. Acesso em: 17 de março de 2012.
- Colwell, R.K., Coddington, J.A., 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *PHILOS. T. ROY. SOC. B.*, 345, 101-118.
- Colwell, R.K., Mao, C.X., Chang, J., 2004. Interpolatin, extrapolatin, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85, 17-27.
- Corbet, P.S., 1999. *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*. London: Ed. Comstock Pub Assoc, 802p.
- Corbet, P.S., May, M.L., 2008. Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *Int. J. Odonatol.*, 11, 155-171.
- Costa, J.M., Lourenço, A.N., Vieira, L.P., 2002. Chave de identificação para imagos dos gêneros de Libellulidae citados para o Brasil-Comentários sobre os gêneros (Odonata: Anisoptera). *Entomología y Vectores*, 9, 477-504.
- Couceiro, S.R.M., Hamada, N., Forsberg, B.R., Padovesi-Fonseca, C., 2011. Trophic structure of macroinvertebrates in Amazonian streams impacted by anthropogenic siltation. *Austral Ecol.*, 36, 628-637.
- Couceiro, S.R.M., Hamada, N., Forsberg, B.R., Pimentel, T.P., Luz, S.L.B., 2012. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecol. Indic.*, 18, 118-125. doi:10.1016/j.ecolind.2011.11.001
- De Marco, P.Jr., 1998. The Amazonian Campina dragonfly assemblage: patterns in microhabitat use and behaviour in a foraging habitat (Anisoptera). *Odonatologica*, 27, 239-248.
- De Marco, P.Jr., Latini, A.O., Resende, D.C., 2005. Thermoregulatory Constraints on Behavior: Patterns in a Neotropical Dragonfly Assemblage. *Neotrop. Entomol.*, 34, 155-162.

- De Marco, P.Jr., Resende, D.C., 2002. Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologica*, 31, 129-138.
- De Marco, P.Jr., Resende, D.C., 2004. Cues for territory choice in two tropical dragonflies. *Neotrop. Entomol.*, 33, 397-401.
- Diniz, T.D.A., 1986. Caracterização climática da Amazônia Oriental. In: Pesquisa sobre utilização e conservação de solo na Amazônia Oriental. Belém: Embrapa Cpatu, 291p.
- Dudgeon, D., 2010. Prospects for sustaining freshwater biodiversity in the 21st century: linking ecosystem structure and function. *Curr. Opin. Environ. Sustain. Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(5-6), 422-430. doi:10.1016/j.cosust.2010.09.001
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Sullivan, C.A., 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.*, 81(2), 163-82. doi:10.1017/S1464793105006950
- Dufrêne, M., Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.*, 67, 345-366.
- Fearnside, P.M., 2001. Land-tenure issues as factors in environmental destruction in Brazilian Amazonia: the case of Southern Para. *World Dev.*, 19(8), 1361-1372.
- Ferreira-Peruquetti, P., De Marco, P.Jr., 2002. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Rev. Bras. de Zool.*, 19, 317-327.
- Ganasan, V., Hughes, R.M., 1998. Application of an Index of Biological Integrity (IBI) to fish assemblages of the rivers Khan and Kshipra (Madhya Pradesh), India. *Freshwater Biol.*, 40, 367-383.
- Garrison, R.W., 1990. A synopsis of the genus *Hetaerina* with descriptions of four new species (Odonata: Calopterigidae). *T. Am. Entomol. Soc.*, 116, 175-259.
- Garrison, R.W., Von Ellenrieder, N., Louton, J.A., 2010. *Damselfly Genera of the New World. Baltimore, an Illustrated and Annotated Key to the Zygoptera.* The Johns Hopkins University Press, 490p.

- Garrison, R.W., Von Ellenrieder, N., Louton, J.A., 2006. Dragonfly Genera of the New World: an Illustrated and Annotated Key to the Anisoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 368p.
- Gotelli, N.J., Colwell, R.K., 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.*, 4, 379-391.
- Goulart, M.D., Callisto, M., 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM*, 2(1).
- Gullan, P.J., Cranston, P.S., 2000. The insects: An outline of entomology. 2. ed. Oxford: Blackwell Science. 470p.
- Hall, S.J., Greenstreet, S.P., 1998. Taxonomic distinctness and diversity measures: responses in marine fish communities. *Mar. Ecol-Prog. Ser.*, 166, 227-229.
- Hughes, R.M., 1995. Defining acceptable biological status by comparing with reference conditions. In *Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making* (W.S. Davis & T.P. Simon, eds.). CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 31-47.
- Joy, M.K., Death, R.G., 2004. Application of the index of biotic integrity methodology to New Zealand freshwater fish communities. *Environ. Manage.*, 34, 415-428.
- Juen, L., Cabette, H.S.R., De Marco, P.Jr., 2007. Odonate assemblage structure in relation to basin and aquatic habitat structure in Pantanal wetlands. *Hydrobiologia*, 579, 125-134.
- Juen, L., De Marco, P.Jr., 2011. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect. Con. Dive.*, 4, 265-274.
- Juen, L., De Oliveira-Junior, J.M.B., Shimano, Y., Mendes, T.P., Cabette, H.S.R., 2014. Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. *Acta Amaz.*, 44, 175-184.
- Kamdem Toham, A.K., Teugels, G.G., 1999. First data on an index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages for the assessment of the impact of deforestation in a tropical West African river system. *Hydrobiologia*, 397, 29-38.

- Karr, J.R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6, 21-27.
- King R.S., Baker M.E., Kazyak P.F., Weller D.E., 2011. How novel is too novel? Stream community thresholds at exceptionally low levels of catchment urbanization. *Ecol. Appl.*, 21, 1659-1678.
- King R.S., Richardson C.J., 2003. Integrating bioassessment and ecological risk assessment: an approach to developing numerical water-quality criteria. *Environ. Manage.*, 31, 795-809.
- Kruskal, J.B., 1964. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*, 29, 115–129.
- Laurance, W.F., Alonso, A., Lee, M., Campbell, P., 2006. Challenges for forest conservation in Gabon, Central Africa. *Futures*, 38(4), 454–470.
- Lencioni, F.A.A., 2005. *The Damselflies of Brazil: An Illustrated Guide – The Non Coenagrionidae Families*. All Print Editora, São Paulo, 332p.
- Lencioni, F.A.A., 2006. *The Damselflies of Brazil: An Illustrated Guide - Coenagrionidae*. All Print Editora, São Paulo, 419p.
- Leonard, D.R.P., Clarke, R.K., Somerfield, P.J., Warwick, R. M., 2006. The application of an indicator based on taxonomic distinctness for UK marine biodiversity assessments. *J. Environ. Manage.*, 78(1), 52-62.
- Lyons, J., Navarro-Perez S., Cochran, P.A., Santana, E.C., Guzmán-Arroyo, M., 1995. Index of Biotic Integrity based on fish assemblages for the conservation of streams and rivers in West-Central Mexico. *Conserv. Biol.*, 9(3), 569-584.
- Macdonald, J. S., Beaudry, P. G., Macisaac, E. A., Herunter, H. E., 2003. The effects of forest harvesting and best management practices on stream flow and suspended sediment concentrations during snowmelt in headwater streams in sub-boreal forests of British Columbia , Canada. *Can. J. Forest. Res.*, 1407, 1397–1407. doi:10.1139/X03-110
- Magurran, A.E., 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford, Blackwell.

- Martins, F. A., Del Claro, K., 2011. História natural nas interações entre libélulas (odonata) da vegetação de cerrado. *Horizonte científico*, 5, 1-20.
- May, M.L., 1976. Thermoregulation and adaptation to temperatures in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monogr.*, 46, 1-32.
- May, M.L., 1991. Thermal adaptations of dragonflies, revisited. *Advances in Odonatology*, 5, 71-88.
- Miller, D.L., Leonard, P.M., Hughes, R.M., Karr, J.R., Moyle, P.B., Schrader, L.H., Thompson, B.A., Daniels, R.A., Fausch, K.D., Fitzhugh, G.A., Gammon, J.R., Halliwell, D.B., Angermeier, P.L., Orth, D.J., 1988. Regional applications of an index of biotic integrity for use in water resource management. *Fisheries*, 13, 12–20.
- Monteiro-Júnior, C.S., Couceiro, S.R.M., Hamada, N., Juen, L., 2013. Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. *Int. J. Odon.*, 16(2), 135-144. Doi:10.1080/13887890.2013.764798.
- Moya, N., Hughes, R.M., Domínguez, E., Gibon, M.F., Goitia, E., Oberdorff, T., 2011. Macroinvertebrate-based multimetric predictive models for evaluating the human impact on biotic condition of Bolivian streams. *Ecol. Indc.*, 11, 840–847. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.10.012>.
- Nakamura, F., Yamada, H., 2005. Effects of pasture development on the ecological functions of riparian forests in Hokkaido in northern Japan. *Ecol. Eng.*, 24(5), 539–550. doi:10.1016/j.ecoleng.2005.01.010
- Nessimian, J.L., Venticinque, E., Zuanon, J., De Marco, P.Jr., Gordo, M., Fidelis, L., Batista, J.D., Juen, L. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614, 117-131.
- Oberdorff, T., Hughes, R.M., 1992. Modification of an Index of Biotic Integrity based on fish assemblages to characterize rivers of the Seine basin, France. *Hydrobiologia*, 228, 117- 130.
- Ometo, J.P.H.B., Martinelli, L.A., Ballester, V.M., Krusche, A.V., Victoria, R.L., Williams, M., 2000. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. *Freshwater Biol.*, 44, 327–337.

- Pezzuti, J.C.B., Silva, D.F., 2009. Síntese analítica do mapeamento das condições ambientais da macrorregião de Paragominas. Paper do NAEA, 236, 1-20.
- Pinto, N.S., Juen, L., Cabette, H.S.R., De Marco, P.Jr., 2012. Fluctuating Asymmetry and Wing Size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in Relation to Riparian Forest Preservation Status. *Neotrop. Entomol.*, 41, 1-9.
- Pinto, N.S., Oliveira-Junior, J.M.B., Juen, L. & Calvão, L.B., 2011. Ocorrência simpátrica de duas formas de *Erythrodiplax fusca* (Rambur, 1842) (Odonata:Libellulidae) no estado de Goiás-Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, 7, 1-6.
- Pont, D., Hugueny, B., Beier, U., Goffaux, D., Melcher, A., Noble, R., Rogers, C., Roset, N., Scmutz, S., 2006. Assessing river biotic condition at a continental scale: a European approach using functional metrics and fish assemblages. *J. Appl. Ecol.*, 43, 70–80.
- Price, K., Suski, A., Mcgarvie, J., Beasley, B., Richardson, J. S., 2003. Communities of aquatic insects of old-growth and clearcut coastal headwater streams of varying flow persistence 1. *Can. J. Forest. Res.*, 1432(2), 1416–1432. doi:10.1139/X03-089
- Pringle, C.M., 2001. Hydrologic Connectivity and The Management Of Biological Reserves : A Global Perspective. *Ecol. Appl.*, 11(4), 981–998.
- Pyron, M., Lauer, T.E., LeBlanc, D., Weitzel, D., Gammon, J.R., 2008. Temporal and spatial variation in an index of biological integrity for the middle Wabash River, Indiana. *Hydrobiologia*, 600, 205-214.
- Reis, E.F., Pinto, N.S., De Carvalho, F.G., Juen, L., 2011. Efeito da integridade ambiental sobre a Assimetria Flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae:Odonata) (Kirby). *EntomoBrasilis*, 4, 103-107.
- Rogers, S. I., Clarke, K. R., Reynolds, J. D., 1999. The taxonomic distinctness of coastal bottom-dwelling fish communities of the North-east Atlantic. *J. Anim. Ecol.*, 68, 769-782.
- Ruaro, R, Gubiani, E.A., 2013. A scientometric assessment of 30 years of the Index of Biotic Integrity in aquatic ecosystems: Applications and main flaws. *Ecol. Indc.*, 29, 105-110.

- Sala, O. E. et al., 2000 Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287, 1770–1774.
- Silva, D.P., De Marco, P.Jr., Resende, D.C., 2010. Adult Odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecol. Indc.*, 10, 744-752.
- Simaika J.P., Samways, M.J., 2012. Using dragonflies to monitor and prioritize lotic systems: a South African perspective. *Org. Div. Evol.*, 12(3), 251–259.
- Sponseller, R.A., Benfield, E.F., Vallet, H.M., 2001. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. *Freshwater Biol.*, 46, 1409-1424.
- Terra, B.F., Hughes, R.M., Francelino, M.R., Araújo, F.G., 2013. Assessment of biotic condition of Atlantic Rain Forest streams: A fish-based multimetric approach. *Ecol. Indc.*, 34, 136- 148.
- Veech, J.A., Sumerville, K.S., Crist, T.O., Gering, J.C., 2002. The additive partitioning of species diversity : recent revival of an old idea. *Oikos*, 1, 3–9.
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R., Lima, J.C.A., 1991. *Classificação Da Vegetação Brasileira Adaptada a Um Sistema Universal*. Rio de Janeiro, 123p.
- Voelz, N.J., McArthur, V., 2000. An exploration of factors influencing lotic insect species richness. *Biodivers. Conserv.*, 9, 1543-1570.
- Vörösmarty, C.J. et al., 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561.
- Warwick, R.M., Clarke, K.R., 1995. New “biodiversity” measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Mar. Ecol-Prog. Ser.*, 129, 301–305.
- Warwick, R.M., Clarke, K.R., 1998. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *J. Appl. Ecol.*, 35, 532–543.
- Warwick, R.M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, 92, 557-562.

- Watrin, O.S., Rocha, A.M.A., 1992. Levantamento da Vegetação Natural e do Uso da Terra no Município de Paragominas (PA) Utilizando Imagens TM/Landsat. Belém, EMBRAPA/CPATU, (EMBRAPA/CPATU, Boletim de Pesquisa, 124), 40p.
- Weigel, B.M., Wang, L., Rasmussen, P.W., Butcher, J.T., Stewart, P.M., Wiley, M.J., 2003. Relative influence of variables at multiple spatial scales on stream macroinvertebrate in the Northern Lakes and Forest ecoregion, U.S.A. *Freshwater Biol.*, 48, 1440-1461.
- Whittier, T.R., Hughes, R.M., Stoddard, J.L., Lomnický, G.A., Peck, D.V., Herlihy, A.T., 2007. A structured approach for developing indices of biotic integrity: three examples from streams and rivers in the western USA. *T. Am. Fish. Soc.*, 136, 718–735.

Apêndice II - Normas “*Ecological Indicators*”



ECOLOGICAL INDICATORS

Integrating Sciences for Monitoring, Assessment and Management

AUTHOR INFORMATION PACK



Introduction

The official language of the journal is English.

Types of paper

The following contributions will be accepted:

- Original research papers and case studies
- Review articles
- Special themes issues
- Short notes
- Viewpoint articles
- Letters to the Editor
- Book Reviews

Perspectives: Perspectives provide an opportunity for authors to present a novel, distinctive, or even personal viewpoint on any subject within the journal's scope. The article should be well grounded in evidence and adequately supported by citations but may focus on a stimulating and thought-provoking line of argument that represents a significant advance in thinking about indicator problems and solutions.

Generally, manuscripts should not exceed 7,000 words, the maximum word length being 10,000.

Authors submitting papers on the application of existing indicators or indicator systems are invited to send their articles in the form of a Short Note article. This will shorten the reviewing process and will ensure quicker publication times.

Papers focusing on demonstrations, tests or minor methodological improvements on the basis of regional investigations as well as condensed articles on new topics concerning ecological indication are suitable articles to be submitted in the format of short note articles. The papers should not exceed the length of ten manuscript pages, including figures, tables and references.



Before You Begin

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See

also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Use correct, continuous line numbering throughout the document.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. More information about this can be found here: <http://www.elsevier.com/authors/article-transfer-service>.

Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open access and Subscription.

For subscription articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for: Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>. Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or their research funder

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No open access publication fee

All articles published open access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide open access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published open access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The open access publication fee for this journal is **\$2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available

from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.



Preparation

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Language

Authors whose native language is not English are advised to seek the help of an English-speaking colleague, if possible, before submitting their manuscripts.

Use of word processing software

Please use correct, continuous line numbering and page numbering throughout the document.

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you

are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if

available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should be not longer than 400 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature

- Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.
- All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.
- All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text.
- Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g.,

ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word

Abbreviations: <http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research.

Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research.

Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic

format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: [doi:10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9). Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

Interactive plots

This journal encourages you to include data and quantitative results as interactive plots with your publication. To make use of this feature, please include your data as a CSV (comma-separated values) file when you submit your manuscript. Please refer to <http://www.elsevier.com/interactiveplots> for further details and formatting instructions.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.



After Acceptance

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly

given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).



Author Inquiries

You can track your submitted article at http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/89/p/8045/. You can track your accepted article at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.