

CILIADOS (PROTISTA: CILIOPHORA) NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS EM RIACHOS NEOTROPICAIS

**CILIATES (PROTIST: CILIOPHORA) IN THE
ASSESSMENT OF IMPACTS IN NEOTROPICAL
STREAMS**

Andressa Maria Bastos Garcia

PGB/UEM
Maringá/Paraná
andressambg@yahoo.com.br

Poliana Maria Sachertt Mendes

PGB/UEM
Maringá/Paraná
polianasachertt@yahoo.com.br

Luiz Felipe Machado Velho

Nupélia/UEM
Maringá/Paraná
felipe.velho@gmail.com

Fábio Amodêo Lansac-Tôha

Nupélia/PGB/UEM
Maringá/Paraná
fabio@nupelia.uem.br

Resumo

As atividades humanas sempre ocorreram próximas a percursos de água, como rios e riachos, e por este fato, as águas, e as comunidades biológicas que a habitam, em algum momento, são influenciadas por atividades antrópicas. Esforços nos âmbitos científicos, políticos, e sociais têm sido conduzidos para a avaliação e manejo de recursos aquáticos, baseados tanto em parâmetros físicos e químicos como também biológicos. Organismos sensíveis a alterações na qualidade ambiental são chamados de bioindicadores. Dentre esses, os protozoários ciliados são um dos grupos de bioindicadores em ascensão, por sua alta sensibilidade a pequenas variações do ambiente. Assim, diante dos impactos da urbanização, o objetivo deste estudo foi descrever o conhecimento acumulado sobre o potencial bioindicador desses protistas em riachos tropicais. Tais ecossistemas aquáticos estão entre os mais importantes no que se refere aos serviços prestados as populações humanas, por um lado, e por outro, incoerentemente, um dos mais impactados pelas atividades antrópicas. Dessa forma, tem sido

evidenciada a eficiência dos ciliados como bioindicadores ambientais, sendo, no entanto, pouco explorados em avaliações ambientais, tendo em vista dificuldades metodológicas de identificação de espécies e a escassez de taxonomistas especializados nesse grupo. Considerando estas limitações, estudos recentes sobre suficiência taxonômica e numérica têm suportado o uso destes organismos em avaliações ambientais mesmo em níveis taxonômicos superiores ao nível de espécies.

Palavras-chave

Ciliophora, bioindicadores, ambientes lóticos.

ABSTRACT

Human activities always occurred near water courses such as rivers and streams, and by this fact, the waters, and the biological communities that inhabit it, at some point, are influenced by human activities. Efforts in scientific, political, and social fields have been conducted for assessment and management of aquatic resources, both based on physical and chemical as well as biological parameters. Organisms sensitive to changes in environmental quality, are called bioindicators. Among these, the ciliates are one of bioindicators groups on the rise, due to its high sensitivity to small changes in the environment. Thus, in view of the impacts of urbanization, the aim of this study was to describe the accumulated knowledge of the bioindicator potential of these protists in tropical streams. These aquatic ecosystems are among the most important in relation to the services provided to human populations, on the one hand, and on the other, incoherently, one of the most impacted by human activities. Here we have demonstrated the efficiency of ciliates as environmental bioindicators, that have been, however, slightly operated in environmental assessment, given methodological difficulties for species identification and the scarcity of skilled taxonomist. Considering these limitations, recent studies on taxonomic and numerical sufficiency have supported the use of these organisms in environmental assessments even in taxonomic levels higher than the level of species.

Key words

Ciliophora, bioindicators, lotic environments .

Introdução

Desde os primórdios da civilização os riachos e os rios têm sido canalizados, represados, corrigidos, desviados, dragados e poluídos. Esses fatos ressaltam que tal parcela pequena da água mundial (0,006%) faz parte de uma porção da água doce que é principalmente utilizada para abastecimento e desenvolvimento das atividades humanas (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006). Dentre estas práticas, que são responsáveis pela perda da qualidade da água desses ecossistemas, ressaltam-se as práticas agrícolas e o processo de urbanização (ROY et al., 2003; LESTER; BOULTON, 2008). Unidas, essas atividades podem estimular o enriquecimento dos ambientes, principalmente, por uso de fertilizantes agrícolas e despejo irregular de esgoto doméstico (ROY et al., 2003; LESTER; BOULTON, 2008).

Em consequência dessa imensa quantidade de diferentes substâncias lançadas diariamente nos corpos de água e a falta de informações consistentes sobre os seus efeitos no ambiente, tornou-se indispensável o incremento de metodologias de avaliação da qualidade da água e dos impactos ambientais provenientes de sua contaminação (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003). Primeiramente, apenas parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos eram utilizados com esse objetivo. Mais recentemente, a avaliação de atributos das comunidades aquáticas, como diversidade e abundância de espécies, tem sido considerada fundamental (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003).

Esforços nos âmbitos científicos, políticos, públicos e sociais têm sido conduzidos para avaliação e manejo de recursos aquáticos urbanos. Nesse sentido, vários organismos são utilizados como biondicadores da qualidade ambiental, como peixes (CASATTI et al., 2006; PINTO; ARAÚJO, 2007), invertebrados (BONADA et al., 2006; LANDEIRO et al., 2010) e protozoários (MADONI, 2005; DIAS et al., 2008), evidenciando a utilização da biota como importante ferramenta para o monitoramento dos ecossistemas aquáticos continentais (CUNICO et al., 2012).

A expressão bioindicador foi legitimamente determinada como sendo uma “alteração bioquímica, fisiológica detectável ou ainda uma manifestação celular provocada por estresse do ambiente”. Neste cenário, o termo bioindicador é utilizado com um sentido mais específico, ou melhor, uma "alteração bioquímica sub-letal resultante da exposição individual a um poluente tóxico" (GADD, 1992).

O trabalho prévio do biomonitoramento é investigar um indicador ideal que informe sua ocorrência e abundância em determinado ambiente bem como o comportamento de um fenômeno estressor para a biota. A tarefa do indicador será útil para monitorar os diversos níveis de organização, inclusive nos níveis de ecossistema, comunidade, população e organismo (NIEMI; MCDONALD, 2004).

Entre os indicadores de poluição orgânica de rios e riachos, temos os ciliados, que em consequência de suas características de alta sensibilidade a pequenas variações ao ambiente em que se localizam, têm sido considerados como excelentes bioindicadores (MADONI; ZANGROSSI, 2005). Ainda, devido ao fato de terem ciclo de vida curto, permitem verificar os impactos em pequena escala de tempo, pois respondem diretamente às alterações ambientais (CASTRO; BAPTISTA; BARRAUD, 2009). Essa importante sensibilidade a fatores físicos e químicos pode ser justificada pelo fato de muitas espécies de ciliados

apresentarem demanda específica em relação às características do meio, como quantidade de matéria orgânica, temperatura, pH e concentração de oxigênio (MADONI; BRAGHIROLI, 2007; DIAS et al. 2008). Ademais, ciliados são largamente distribuídos geograficamente, sendo componentes essenciais em quase todos os ambientes aquáticos (BLATTERER, 2002; CLEVEN, 2004).

No entanto, esses protistas têm sido pouco explorados em avaliações ambientais, tendo em vista dificuldades metodológicas de identificação de espécies e a escassez de taxonomistas especializados nesse grupo. Considerando estas limitações, estudos recentes sobre suficiência taxonômica indicam que pouca informação é perdida quando os dados de nível de gênero são utilizados em vez de dados em nível de espécie (BERTASI, 2009). Assim, a utilização de métodos de substituição pode auxiliar nos trabalhos de avaliação ambiental, primeiramente, devido aos recursos financeiros e humanos serem escassos nesse tipo de estudos, e também por lidar com uma biota diversa e pouco conhecida (MAURER, 2000; DAUVIN et al., 2003; SÁNCHEZ-MOYANO et al., 2006; CHESSMAN et al., 2007; CARNEIRO; BINI; RODRIGUES, 2010).

Assim, diante dos impactos da urbanização, especialmente sobre os corpos aquáticos continentais, o objetivo deste estudo foi descrever o conhecimento acumulado sobre o potencial bioindicador dos protozoários ciliados em riachos tropicais, ecossistemas que estão entre os mais importantes no que se refere aos serviços prestados às populações humanas, por um lado, e por outro, incoerentemente, um dos mais impactados pelas atividades antrópicas.

Riachos

Riachos são ecossistemas lóticos, ou seja, possuem águas correntes que o controlam e limitam. São sistemas abertos e unidirecionais, com estruturas instáveis, escoamentos oscilantes e com variações no espaço e no tempo, além de realizarem trocas entre o ambiente terrestre e as águas de maneira intensa (GILLER; MALMQVIST, 1998; SCHWARZBOLD, 2000). Também se caracterizam por possuírem geralmente uma alta tensão de oxigênio, com pouca ou nenhuma estratificação térmica ou química (ODUM; BARRET, 2008).

É possível classificar os riachos em duas zonas, a primeira no eixo longitudinal, que apresenta um fluxo de água que mantém o fundo livre de lama ou outro material, caracterizando um substrato firme. E uma segunda zona, de poças com águas mais profundas, com corrente mais lenta, por isso areia e lama podem sedimentar, caracterizando um fundo

macio favorável aos animais de tocas e nadadores, plantas com raízes e inclusive o potamoplâncton (ODUM; BARRET, 2008).

No Brasil, cerca de 80% da população vive em meio urbano ocasionando uma série de conflitos, como a degradação dos mananciais que são utilizados para o abastecimento de água nas cidades, devido à poluição química e orgânica que provém de esgotos, por exemplo, contaminando os rios e riachos. Também o gerenciamento inadequado da drenagem urbana e a falta de tratamento do lixo dificultam a preservação das águas (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO, 2003). A preocupação em preservar e proteger as águas começou a ocorrer em 1934, com a legislação brasileira, decreto nº 24.643 e decreto-lei nº 852, de 1938, mas de maneira bem singela com um código das águas, apenas declarando ilícita a sua contaminação. Em 1960 estabeleceu-se o decreto federal nº 50.877, especificando sobre a poluição das águas e exigindo o tratamento dos resíduos líquidos, sólidos ou gasosos domiciliares ou industriais antes do seu lançamento às águas (VON SPERLING, 1998). A lei 9.433/97 forneceu ao Brasil uma nova política de recursos hídricos e organizou o sistema de gestão (SILVA; PORTO, 2003).

Riachos de áreas urbanas com densidade populacional elevada vivem situações de degradação (KARR, 1991), como por exemplo, devido ao aumento de impermeabilizações, como calçadas, asfalto de ruas, avenidas e estradas, em seus solos (WALSH et al., 2005). A essas mudanças nos revestimentos dos solos dá-se o nome de Síndrome do Córrego Urbano, que se caracteriza por elevadas concentrações de nutrientes e contaminantes, além de morfologias do canal alteradas, redução da riqueza biótica, com aumento de espécies mais tolerantes (MEYER; PAUL; TAULBEE, 2005).

Contudo, a gestão de águas residuais de efluentes e poluentes surge como uma solução para a inversão da Síndrome do Córrego Urbano (WALSH et al., 2005). Em muitas partes do mundo o sucesso da gestão das águas ocorreu em detrimento das mudanças no comportamento e nas atitudes humanas em relação às bacias hidrográficas (BOOTH, 2005).

No caso da agricultura, a inserção de culturas diferentes causa mudanças na superfície do solo, como em sua rugosidade e, assim, se houver um aumento ou diminuição no leito do riacho alterará o escoamento superficial pluviométrico (SCHNEIDER et al., 2011). Por exemplo, quando há um aumento na rugosidade e presença de plantas ou terraceamento, ocorrerão menores cargas de elementos do solo escoando para os rios (CHEN et al., 2009; SUTTON; FISHER, 2009). E quando essa rugosidade é diminuída, devido às superfícies

impermeáveis, como o asfalto, ou ainda, solos expostos nos períodos de entressafra, diversas substâncias e objetos serão arrastados em direção aos rios e riachos, e poderão poluir regiões próximas e até distantes, alterando as características biológicas, físicas e químicas da paisagem (XIAO-LONG et al., 2007).

Há também o problema do assoreamento dos rios e riachos, com consequente rebaixamento dos lençóis freáticos que limita a conservação das águas e dos organismos que lá habitam. A mata ciliar funciona como um obstáculo contra o assoreamento, retendo a terra do entorno para que não caia dentro das águas, evitando torná-las barrenta, o que dificultaria a passagem de luz solar necessária para alguns organismos, ou ainda, que mate as espécies que vivem no fundo dos riachos. Pode ocorrer inclusive o rebaixamento do lençol freático e, assim, peixes passam a ter dificuldades de encontrar alimento, devido ao fato de os organismos que consomem viverem no fundo destes cursos de água. O assoreamento provoca ainda a morte de bactérias e algas que necessitam de oxigênio, fazendo dessa forma a proliferação de outros organismos que liberam substâncias tóxicas. Além disso as enxurradas carregam partículas do solo iniciando o processo de erosão, que sem controle evoluem para as voçorocas, desequilibrando ainda mais o ambiente (IAP, 2004).

Ciliados e sua utilização como bioindicadores

As primeiras observações de ciliados provavelmente ocorreram através de florações em águas salgadas e doces (LYNN, 2008). Contudo, observações através de microscópio ocorreram somente em 1674 por van Leeuwenhoek, que se tornou o fundador da Protozoologia (CORLISS, 1975). Atualmente os protozoários ciliados possuem aproximadamente 8.000 espécies catalogadas. Dessa forma, é o grupo de protistas com maior riqueza de espécies conhecidas, por possuírem grande diversidade morfológica, fisiológica e adaptação às condições ambientais (ZINGEL, 2005; MENDONÇA, 2012).

Ciliados são abundantes em água doce, salgada, no solo e diversas espécies são de vida livre; alguns são comensais ou parasitos de outros animais; alguns são sésseis. Possuem, em geral, forma constante e cílios utilizados para locomoção e captura de alimento durante toda a vida (STORER; TRACY, 2003). Esses protistas são organismos que se alimentam principalmente de bactérias, algas unicelulares e outros, e por isso são considerados relevantes nas teias alimentares microbianas (SHERR; SHERR, 1984; MADONI, 1987). Além disso, há mais de cem anos os protozoários já vêm servindo como indicadores de qualidade de água (MADONI; BASSANINI, 1999).

Ciliados por serem seres unicelulares sem parede celular na fase vegetativa determinam uma importante vantagem em relação às bactérias e leveduras, por exemplo, que são usadas com cautela como biossensores, pois causam dúvidas referentes à difusão de substratos e produtos através de sua parede celular, o que torna mais demorada ou menos interessante a resposta às alterações do ambiente (GUTIÉRREZ et al., 2003). Há alguns anos pesquisas têm discutido sobre a composição, distribuição e dinâmica da comunidade de ciliados, bem como sua ocorrência em estudos de saprobidade das águas (MADONI; ZANGROSSI, 2005; MENDONÇA, 2012).

Neste contexto, o curto tempo de geração desses protistas confere-lhes a possibilidade de uma resposta mais ágil à contaminação ambiental. Além disso, são amplamente distribuídos geograficamente (PICCINNI; GUTIÉRREZ, 1995; FERNANDEZ-LEBORANS; NOVILLO, 1996). Portanto, inúmeros benefícios existem em usar ciliados para o monitoramento das águas (JIANG; WU; SHEN, 2007; TAN et al., 2010).

Os ciliados bentônicos são largamente utilizados como bioindicadores da poluição orgânica de riachos e rios, por possuírem uma ligação com as condições dos sedimentos (PAULETO et al., 2009). E também, aqueles do plâncton de água doce, pois consomem bactérias e exercem função expressiva nos processos de decomposição. Como exemplo, na Europa, mais precisamente no rio Parma, desde os anos 90 esses protistas já são amplamente utilizados como indicadores da água nas estações de tratamento (MADONI, 1993).

No Brasil os ciliados também são muito utilizados em diversos estudos, como exemplo, na verificação da qualidade das águas a partir de espécies indicadoras (BERNARDO; BARP; STOLBERG, 2009) e na listagem de espécies para conhecimento da biota (PAULETO et al., 2009; REGALI-SELEGHIM; GODINHO; MATSUMURA-TUNDISI, 2011; DEBASTIANI et al. (2016).

Dificuldades de Identificação

A maioria dos programas de biomonitoramento realiza, geralmente, uma avaliação da identificação do menor nível taxonômico possível, pois, dessa forma, obter-se-ia um maior número de informações acerca do ecossistema. Contudo, realizar a identificação em nível de espécie exige um longo tempo, pois para se formar taxonomistas é praticamente impossível ter especialistas com conhecimento em todos os grupos taxonômicos. Há dados que um taxonomista com profundo conhecimento de determinado grupo demore mais de dez anos para chegar a este nível (BINI et al., 1997). Além disso, a taxonomia dos protistas ciliados se

baseia em características estruturais (ciliatura) que exigem a utilização de técnicas específicas, com protocolos complexos (técnicas ciliatológicas), relativamente caras e que também exigem grande experiência profissional.

Assim, os estudos sobre suficiência taxonômica têm sugerido que uma abordagem baseada em níveis taxonômicos superiores pode trazer vantagens nas avaliações ambientais, pois já seriam o bastante para quantificar os impactos antrópicos (LAWLER et al., 2003; JUUTINEN; MÖNKKÖNEN, 2004), e fornecer uma visão do cenário das perturbações ambientais vigentes em um corpo de água, além de diminuir os custos para os estudos de monitoramento ambiental (BOUCHARD; HUGGINS; KRIZ, 2005; ARVANITIDIS et al., 2009)

Diversos autores realizam avaliações ambientais a menor categoria taxonômica possível a fim de encontrar organismos indicadores, como em bioensaios, pesquisas de produtividade e conservação (LENAT; RESH, 2001; SCHMIDT-KLOIBER; NIJBOER, 2004). A maioria das aplicações utilizando resoluções taxonômicas é, evidentemente, a favor dos níveis superiores de identificação, visto que quanto menos refinado for a resolução, mais acessível e barato seria a identificação (BOUCHARD; HUGGINS; KRIZ, 2005).

Estudos ao nível gênero em algas foram relatados com sucesso, uma vez que ao nível de espécie exige atenção de muitos detalhes de difícil percepção ou até conhecimento do seu ciclo de vida para a identificação, tornando-se trabalhoso e demorado (SÁNCHEZ-MOYANO et al., 2006; HEINO; SOININEN, 2007), particularmente em ambiente tropicais e subtropicais (VILLASEÑOR et al., 2005). Assim, a utilização de níveis taxonômicos superiores reduz gastos nos programas de monitoramento, decorrendo menor dependência em especialistas e maior rapidez na identificação (MAURER, 2000; DAUVIN et al., 2003; SÁNCHEZ-MOYANO et al., 2006). Além disso, raramente é exposto na literatura que o uso do nível de gênero contribui para diminuir as mudanças na equipe de trabalho laboratorial, por conta de aposentadorias dos especialistas, por exemplo (SÁNCHEZ; FERNÁNDEZ; ARRONTE et al., 2005; WILDISH; POHLE, 2005).

Em ambientes marinhos algumas pesquisas conseguiram demonstrar previamente que é possível fazer padronizações espaciais em comunidade de ciliados na resolução taxonômica em nível de gênero, porém os próprios autores sugerem que mais investigações deveriam ser feitas, inclusive em períodos mais longos para se chegar a uma conclusão mais satisfatória (XU et al., 2011). Mais recentemente, pesquisas envolvendo várias comunidades aquáticas

obtiveram êxito na identificação de padrões de diversidade com a utilização de diferentes resoluções taxonômicas e numéricas (abundância ou presença-ausência) (CARNEIRO; BINI; RODRIGUES, 2010; RIBAS; PADIAL, 2014) sugerindo que a redução em gastos e tempo, poderia ser destinada ao incremento da cobertura espacial, no delineamento amostral (RIBAS; PADIAL, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Riachos neotropicais estão sujeitos há uma infinidade de produtos tóxicos por estarem muito próximos do uso de agrotóxicos nas áreas rurais e inúmeros poluentes nas áreas urbanas. Devido a esses fatores é de importância fundamental que biomonitoramentos sejam constantemente realizados a fim de identificar mais facilmente e em menor tempo a degradação dessas águas, seres vivos e ambientes. Assim, o estudo com ciliados é oportuno pelas características desses protozoários que condizem com as necessidades de preservação, utilizados como bioindicadores ambientais. E, por fim, a busca de maior fidelidade na identificação dos mesmos se faz necessária.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PGB/UEM, NUPÉLIA/UEM, à Capes/CNPQ, e aos discentes e docentes do PGB.

Referências

- ARVANITIDIS, C.; SOMERFIELD, P. J; SOMERFIELD, G.; CHATZIGEORGIOU, S.; REIZOPOULOU, T.; KEVREKIDIS, T.; ELEFThERIOU, A. Do multivariate analyses incorporating changes in pattern across taxonomic levels reveal anthropogenic stress in Mediterranean lagoons? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 369, p. 100–109, 2009.
- BERNARDO, E.L.; BARP, E.; STOLBERG, J. Caracterização de ciliados planctônicos do rio dos queimados, Concórdia – SC. **Ágora: revista de divulgação científica**, v.16, p. 504-511, 2009.
- BERTASI, F. Comparing efficacy of different taxonomic resolutions and surrogates in detecting changes in soft bottom assemblages due to coastal defence structures. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, p. 686–694, 2009.

BINI, M. L. ; TUNDISI, J. G. ; MATSUMURA-TUNDISI, T. ; MATHEUS, C. E. . Spatial variation of zooplankton groups in a tropical reservoir (Broa reservoir, São Paulo State, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 357, p. 89-98, 1997.

BLATTERER, H. Some conditions for the distribution and abundance of ciliates (Protozoa) in running waters – Do we really find every species everywhere? **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 28, p. 1046-1049, 2002.

BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V.H.; STATZNER, B. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**, v.51, p.495-523, 2006.

BOOTH, D. B. Challenges and prospects for restoring urban streams: a perspective from the Pacific Northwest of North America. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 24, p. 724– 737, 2005.

BOUCHARD, R. W.; HUGGINS, D.; KRIZ, J. **A review of the issues related to taxonomic resolution in biological monitoring of aquatic ecosystems with an emphasis on macroinvertebrates**. Kansas: Central Plains Center for BioAssessment, 2005. 38p.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, v.19, n.2, p.465-473, 2003.

CARNEIRO, F. M., BINI, L. M.; RODRIGUES, L. C. Influence of taxonomic and numerical resolution on the analysis of temporal changes in phytoplankton communities. **Ecological Indicators**, v. 519, p.1–7, 2010.

CASATTI, L., LANGEANI, F., SILVA, A.M., CASTRO, R.M.C. Stream fish and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.66, p.681-696, 2006.

CASTRO, L. M. A.; BAPTISTA, M. B.; BARRAUD, S. Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.14, p. 113-123, 2009.

CHEN, D. J.; LU, J.; SHEN, Y. N.; DAHLGREN, R. A.; JIN, S. Q. Estimation of critical nutrient amounts based on input–output analysis in an agriculture watershed of eastern China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 134, p. 159-167, 2009.

CHESSMAN, B.; BATE, N.; GELL, P. A.; NEWALL, P. A diatom species index for Australian rivers. **Marine & Freshwater Research**, v. 58, p. 542–557, 2007.

CLEVEN, E. J. Seasonal and spatial distribution of ciliates in the sandy hyporheic zone of a lowland strems. **European Journal of Protistology**, v.40, p.71–84, 2004.

CORLISS, J. O. Nuclear characteristics and phylogeny in the protistan Phylum Ciliophora. **BioSystems**, v. 7, p. 338–349, 1975.

CUNICO, A. M.; FERREIRA, E. A.; AGOSTINHO, A. A.; BEAUMORD, A. C.; FERNANDES, R. The effects of local and regional environmental factors on the structure of fish assemblages in the Pirapó Basin, Southern Brazil. **Landscape and Urban Planning**, v. 105, p. 336-344, 2012.

DAUVIN, J. C.; GESTEIRA, J. L. G.; FRAGA, M. S. Taxonomic sufficiency: an overview of its use in the monitoring of sublittoral benthic communities after oil spills. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, p. 552–555, 2003.

DEBASTIANI, C.; MEIRA, B.R.; LANSAC-TOHA, F.M.; VELHO, L.F.M.; LANSAC-TOHA, F.A. Protozoa ciliates community structure in urban streams and their environmental use as indicators. **Brazilian Journal of Biology**, v.76, 2016 (in press).

DIAS, R. J. P.; WIELOCH, A. H.; D'AGOSTO, M. The influence of environmental characteristics on the distribution of ciliates (Protozoa, Ciliophora) in an urban stream of southeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.68, p. 287-295, 2008.459, 1985.

FERNANDEZ-LEBORANS, G.; NOVILLO, A. Protozoan communities and contamination of several fluvial systems. **Water Environmental Research**, v. 68, p. 311-319, 1996.

FOGAÇA, F. N. O.; GOMES, L. C.; HIGUTI, J. Percentage of Impervious Surface Soil as Indicator of Urbanization Impacts in Neotropical Aquatic Insects. **Neotropical Entomology**, v. 42, p. 483-491, 2013.

GADD G. M. Heavy metal pollutants: Environmental and Biotechnological aspects. In: LEDERBERG, J. (Ed.). **Encyclopedia of Microbiology**. London: Academic Press, p. 351-360, 1992.

GILLER, P. S.; MALMQVIST, B. **The biology of streams and rivers**. Oxford: Oxford University Press, 1998, p. 73-74.

GUTIÉRREZ, J. C.; MARTÍN-GONZÁLEZ, A.; DÍAZ, S.; ORTEGA, R. Ciliates as a potential source of cellular and molecular biomarkers/biosensors for heavy metal pollution. **European Journal of Protistology**, v. 39, p. 461–467, 2003.

HEINO, J.; SOININEN, J. Are higher taxa adequate surrogates for species-level assemblage patterns and species richness in stream organisms? **Biological Conservation**, v. 137, p. 78–89, 2007.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. Mata Ciliar. Paraná, 2004.

IRFANULLAH, H.M.D. Algal taxonomy in limnology: an example of the declining trend of taxonomic studies? **Hydrobiologia**, v. 559, p.1–9, 2006.

JIANG, J.; WU, S.; SHEN, Y. Effects of seasonal succession and water pollution on the protozoan community structure in an eutrophic lake. **Chemosphere**, v. 66, p. 523–532, 2007.

JUUTINEN, A.; MÖNKKÖNEN, M. Testing alternative indicators for biodiversity conservation in old growth boreal forests: ecology and economics. **Ecological Economics**, v. 50, p. 35–48, 2004.

KARR, J. R. Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. **Ecological Applications**, v. 1, p. 66-84, 1991.

LANDEIRO, V. L.; HAMADA, N.; GODOY, B. S.; MELO, A. S. Effects of litter patch area on macroinvertebrate assemblage structure e leaf breakdown in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 649, p. 355-363, 2010.

LAWLER, J. J.; WHITE, D.; SIFNEOS, J. C.; MASTER, L. L. Rare species and the use of indicator groups for conservation planning. **Conservation Biology**, v. 17, p. 875-882, 2003.

LENAT, D. R.; RESH, V. H. Taxonomy and stream ecology - The benefits of genus - and species - level identifications. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 20, p. 287-298, 2001.

LESTER, R. E.; BOULTON, A. J. Rehabilitating agricultural streams in Australia with wood: a review. **Environmental Management**, v. 42, p. 310-326, 2008.

LYNN, D. H. **The Ciliated Protozoa**. 3^a ed. Guelph: Springer, 2008.

MADONI, P. Estimation of production and respiration rates by the ciliated protozoa community in an experimental ricefield. **Hydrobiologia**, v. 144, p. 113-120, 1987.

MADONI, P. Ciliated protozoa and water quality in the Parma River (Northern Italy): long-term changes in the community structure. **Hydrobiologia**, v. 264, p. 129-135, 1993.

MADONI, P. Ciliated protozoan communities and saprobic evaluation of water quality in the hilly zone of some tributaries of the Po River (northern Italy). **Hydrobiologia**, v. 541, p. 55-69, 2005.

MADONI, P.; BASSANINI, N. Longitudinal changes in the ciliated protozoa communities along a fluvial system polluted by organic matter. **European Journal of Protistology**, v. 35, p. 391-402, 1999.

MADONI, P.; ZANGROSSI, S. Ciliated protozoa and saprobic evaluation of water quality in the Taro River (northern Italy). **Italian Journal of Zoology**, v. 72, p. 21-25, 2005.

MADONI, P.; BRAGHIROLI, S. Changes in the ciliate assemblage along a fluvial system related to physical, chemical and geomorphological characteristics. **European Journal of Protistology**, v. 43, p. 67-75, 2007.

MAURER, D. The dark side of taxonomic sufficiency (TS). **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, p. 98-101 2000.

MENDONÇA, H. S. S. **Ciliados Planctônicos e Epibentônicos do Rio das Velhas e Tributários, MG: Ecologia e Uso Potencial para Bioindicação da Qualidade das Águas, Minas Gerais, Brasil**. 2012. 275 f. (Dissertação em Ciências Biológicas – Área de Concentração em Biologia Aquática). Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2012.

MEYER, J. L.; PAUL M. J.; TAULBEE W. K. Stream ecosystem function in urbanizing landscapes. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 24, p. 602-612, 2005.

NIEMI, G.J.; MCDONALD, M.E. Application of ecological indicators. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p. 89–111, 2004.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning. Tradução da 5ª edição norte-americana, p. 612, 2008.

PAULETO, G.M.; VELHO, L.F.M.; BUOSI, P.R.B.; BRÃO, A.F.S.; LANSAC-TÔHA, F.A.; BONECKER, C.C. Spatial and temporal patterns of ciliate species composition (Protozoa: Ciliophora) in the plankton of the Upper Paraná River floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, p. 517-527, 2009.

PICCINNI, E.; GUTIÉRREZ, J. Protists as bioindicators in the environment. **Protistology Actualities**, v. 1, p. 173-184, 1995.

PINTO, B.C.T.; ARAÚJO, F.G. Assessing of Biotic Integrity of the Fish Community in a Heavily Impacted Segment of a Tropical River in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, p. 489-502, 2007.

REGALI-SELEGHIM, M. H.; GODINHO, M. J. L.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Checklist dos "protozoários" de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v.11, p. 389-426, 2011.

RIBAS, L. G. S.; PADIAL, A. A. The use of coarser data is an effective strategy for biological assessments. **Hydrobiologia**, v. 747, p. 83-95, 2014.

ROY A. H.; ROSEMOND, A. D.; PAUL, M. J.; LEIGH, D. S.; WALLACE, J. B. Stream macroinvertebrate response to catchment urbanization (Georgia, U.S.A.). **Freshwater Biology**, v. 48, p.329-346, 2003.

SÁNCHEZ, Í.; FERNÁNDEZ, C.; ARRONTE, J. Long-term changes in the structure of intertidal assemblages after invasion by *Sargassum muticum* (Phaeophyta). **Journal Phycology**, v. 41, p. 942–949, 2005.

SANCHEZ-MOYANO, J. E.; FA, D. A.; ESTACIO, F. J.; GARCÍA-GÓMES, J. C. Monitoring of marine benthic communities and taxonomic resolution: an approach through diverse habitats and substrates along the Southern Iberian coastline. **Helgoland Marine Research**, v. 60, p.243–255, 2006.

SCHMIDT-KLOIBER, A.; NIJBOER, C. The effect of taxonomic resolution on the assessment of ecological water quality classes. **Hydrobiologia**, v. 516, p. 269-283, 2004.

SCHNEIDER, R. M.; FREIRE, R.; COSSICH, E. S.; SOARES, P. F.; FREITAS, F. H.; TAVARES, C. R. G. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, p. 295-303, 2011.

SCHWARZBOLD, A. O que é um rio? **Ciência & Ambiente**, v. 21, p. 57-68, 2000.

SHERR, B. F.; SHERR, E. B. Role of heterotrophic protozoan carbon and energy flow in aquatic ecosystems. In: American Society of Microbiology (Eds.). **Current Perspectives in Microbial Ecology**. Washington: American Society of Microbiology, p. 412–423, 1984.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, v.17, São Paulo, 2003.

STORER T.; TRACY, I. **Zoologia Geral**. São Paulo: Companhia Nacional, 816 p., 2003.

SUTTON, A. J.; FISHER, T. R. Historical changes in water quality at German Branch in choptank river basin. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 199, p. 353–369, 2009.

TAN, X.; SHI, X.; LIU, G., XU, H.; NIE, P. An approach to analyzing taxonomic patterns of protozoan communities for monitoring water quality in Songhua River, northeast China. **Hydrobiologia**, v. 638, p. 193–201, 2010.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO F. O. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”. **Revista Bahia Análise & Dados**, v. 13, p. 357–370, 2003.

VILLASEÑOR, J. L.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; MEAVE, A. J., ORTIZ, E. Higher taxa surrogates of plant biodiversity in a megadiverse country. **Conservation Biology**, v. 19, p. 232–238, 2005.

VON SPERLING, M. Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d’água e de lançamento de efluentes líquidos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, p.111–132, 1998.

WALSH, C.J.; ROY, A.H.; FEMINELLA, J.W.; COTTINGHAM, P.D.; GROFFMAN, P.M; MORGAN II, R.P. The urban stream syndrome: Current knowledge and the search for a cure. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 24, p. 706–723, 2005.

WILDISH, D.J.; POHLE, G.W. Benthic macrofaunal changes resulting from finfish mariculture. **Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture**, v. 5 (M), p. 275–304, 2005.

XIAO-LONG, W.; YONG-LONG, L.; JING-YI, H.; GUI-ZHEN, H.; TIE-YU, W. Identification of anthropogenic influences on water quality of rivers in Taihu watershed. **Journal of Environmental Sciences**, v. 19, p. 475–481, 2007.

XU, H.; JIANG, Y.; KHALED, AL-RASHEID, K.A.S.; SONG, W.; WARREN, A. Spatial variation in taxonomic distinctness of ciliated protozoan communities at genus-level resolution and relationships to marine water quality in Jiaozhou Bay, northern China. **Hydrobiologia**, v. 665, p. 67–78, 2011.

ZINGEL, P. Vertical and seasonal dynamics of planktonic ciliates in a strongly stratified hypertrophic lake. **Hydrobiologia**, v. 547, p. 163–174, 2005.