

## A PRODUÇÃO CIENTÍFICA MUNDIAL DE BIOINDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL EM 21 ANOS (1991-2012)

<sup>1</sup>Rogério Nunes Oliveira ; <sup>1</sup>Thaís de Fátima Corrêa

<sup>1</sup>Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás. Programa de Pós-graduação Recursos Naturais do Cerrado UEG.

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar as tendências nas pesquisas mundiais sobre bioindicadores de qualidade ambiental através de uma análise cienciométrica. Foi realizada uma busca por artigos científicos na base de dados *Web of Science*, sobre bioindicadores de qualidade ambiental, publicados entre 1991 a 2012. Foram analisados 1376 artigos, e que ao longo dos anos há uma tendência no aumento de publicações de bioindicadores de qualidade ambiental. Os organismos mais utilizados nos artigos fora invertebrados aquáticos e vegetais terrestres. Trabalhos que envolvam bioindicadores de qualidade ambiental têm se tornados fundamentais no atual cenário mundial. As consequências das ações humanas aos ambientes naturais não estão totalmente elucidadas, e os bioindicadores podem ser uma das vias para se obter as respostas. Assim, recomenda-se que parcerias entre institutos e universidades que tenham por objetivo estudar bioindicadores de qualidade ambiental seja ampliada, a fim de melhorar o conhecimento das ações antropogênicas aos ambientes naturais.

**Palavras-Chave:** Conservação, impacto ambiental, biomonitoramento.

## THE SCIENTIFIC WORLD PRODUCTION OF BIOINDICATORS ENVIRONMENTAL QUALITY IN 21 YEARS (1991-2012)

### ABSTRACT

The aim of this study was to assess trends in global research on biomarkers of environmental quality through a scientometric analysis. A search for relevant articles was conducted in the Web of Science data on bio-indicators of environmental quality, published between 1991 to 2012. 1376 articles were analyzed, and there is a trend in the increase of publications bioindicators of environmental quality over the years. The organisms used in most articles out aquatic invertebrates and terrestrial plants. Works involving bioindicators of environmental quality has become essential in the current global scenario. The consequences of human actions on natural environments are not completely elucidated, and biomarkers may be one of the ways to get the answers. Thus, it is recommended that partnerships between universities and institutes that aim to study bio-indicators of environmental quality to be increased in order to improve the knowledge of anthropogenic to natural environments.

**Keywords:** Conservation, environmental impact, biomonitoring.

### INTRODUÇÃO

A água, o ar, a qualidade do solo e a biodiversidade são recursos naturais essenciais para a manutenção da vida e do meio ambiente, e atuam de forma conjunta através dos ciclos biogeoquímicos necessários para a sobrevivência de todos os seres vivos (PRIMACK ; RODRIGUES, 2002). Esses recursos estão em constante

transformação, mesmo por processos naturais, no entanto, a intervenção humana por diversas atividades, os tem alterado promovendo todo tipo de degradação (BAGLIANO, 2012). Diante às transformações ambientais observadas, uma das técnicas disponíveis para se mensurar a qualidade ambiental, é o uso de bioindicadores de qualidade ambiental.

Existem organismos que são observados apenas em condições “ótimas”,

favoráveis ao seu desenvolvimento e permanência, com mínimas perturbações em seu habitat (LIVINGSTONE, 1993). Para esses, variações mínimas de variáveis ambientais como exemplo, temperatura, precipitação, incidência solar, acidez do solo, qualidade da água dentre outros, podem determinar a sua ocorrência ou não no ambiente. De forma que alterações nas condições essenciais dessas variáveis podem acarretar mudanças fisiológicas, morfológicas, adaptativas ou levar a extinção desses animais. Assim, tais organismos podem servir como alertas de desequilíbrio ambiental, ou como são comumente chamados: bioindicadores de qualidade ambiental (BAGLIANO 2012; GOULART; CALLISTO, 2003).

Bioindicadores são organismos que fornecem respostas a um contaminante ambiental ao nível individual e podem ser medidas tanto nos organismos ou na matriz biológica. São classificados em moleculares, celulares e o organismo em si. Os bioindicadores possuem diversas características importantes, dentre elas: i) permitem identificar as interações que ocorrem entre o organismo vivo e o contaminante; ii) possibilitam a mensuração de efeitos subletais. O que permite propor ações remediadoras e/ou preventivas (ARIAS et al., 2007; BAGLIANO, 2012; ISASI-CATAL, 2011; LIVINGSTONE, 1993).

Diversos animais são utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental hoje no mundo, a fim de entender e acompanhar a qualidade do ambiente no qual estão inseridos. Atualmente muitos trabalhos científicos abordam este tema, utilizando diversos organismos como por exemplo, o uso de mamíferos (GARCÍA et al., 2008; KALISINSKA et al., 2012; MOURA et al., 2012; REID et al., 2013), plantas (LAILOLO et al., 2011; LANG; MURPHY 2011; RODRIGUEZ et al., 2011; CESCHIN et al., 2012; GEREMIAS et al., 2012; MENDES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012; POLECHOŃSKA et al., 2013), aves (PIRATELLI et al., 2008; ABDENNADHER et al., 2011; CARRAVIERI et al., 2013), répteis e anfíbios (GONÇALVES et al., 2010; BRANDÃO, 2002), invertebrados terrestres e aquáticos

(AMORIM; CASTILLO 2009; BOUFAHJA et al., 2011; PENTEADO et al., 2011; STERZ et al., 2011; NUÑEZ et al., 2012; XU; ZHANG, 2012), algas (TAOUIL; YONESHIGUE-VALENTIN, 2002; LARA, 2010; ARAÚJO-LIMA ; CALIMAN, 2012; OTERO-PATERNINA et al., 2013;), peixes (MOTA et al., 2009; BARROS et al., 2011; Webb, 2011).

O emprego de organismos bioindicadores hoje é fundamental para termos uma percepção de como nossas ações podem influenciar o meio ambiente e ajudam a detectar diversos tipos de modificações ambientais, prever as possíveis consequências dessas mudanças em diferentes âmbitos e sugerir medidas mitigatórias para diferentes situações. Assim, partindo de um estudo cienciométrico, os objetivos deste trabalho foram: i) Verificar quais são os organismos mais utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental; ii) Listar quais os países mais estudados sobre o tema proposto; iii) Definir quais países mais se destacam na publicação de bioindicadores de qualidade ambiental relacionado ao vínculo do primeiro autor; iv) Verificar a tendência da produção científica sobre bioindicadores de qualidade ambiental no mundo em 21 anos (1991 – 2012)

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção dos dados, foi realizado um levantamento sobre artigos relacionados à bioindicadores de qualidade ambiental, tomamos como base de dados a Web of Science pertencente ao grupo ISI Thompson Reuters, utilizando as seguintes palavras-chaves: “Bioindicator\*” OR “aquatic\* bioindicator\*” OR “land\* bioindicator\*” OR “species indicator\*” OR “Biological indicator\*”. Refinamos a busca para que os artigos encontrados apresentassem essas palavras apenas nos títulos dos trabalhos publicados de 1991 até o ano de 2012. Este período foi selecionado, pois a partir do ano de 1991 a base de dados disponibiliza os resumos dos trabalhos por ela indexados.

Após a busca dos artigos, foram extraídas dos resumos as seguintes informações: (i) organismos utilizados (mamíferos, aves, répteis, peixes,

invertebrados aquáticos e terrestres, algas, monera, fungos, vegetais terrestres e aquáticos e outros); (ii) país de vínculo do primeiro autor; (iii) país onde o estudo foi realizado e (iv) ano da publicação. A tendência temporal no número de artigos entre 1991 a 2012 foi analisada por meio de uma correlação de Pearson, com um  $\alpha$  (alfa) de 5% no programa Statistica 7.0.

## RESULTADOS

Dos 1367 artigos encontrados na busca realizada na base de dados ISI Web of Science, 1111 possuíam resumo, e assim foi extraído destes todos os dados necessários. Os outros 256 artigos restantes não entraram para a análise estatística, já que estavam sem resumo. É importante relatar que em alguns desses resumos não foi possível extrair todas as informações, por isso as análises apresentam números diferentes em relação ao total de artigos analisados. Nos 21 anos de produção científica sobre bioindicadores de qualidade ambiental, os invertebrados aquáticos (239) foram os organismos mais estudados, seguidos por vegetais terrestres (200), outros (127) e invertebrados terrestres (125) (Figura 1). A categoria denominada “Outros” contém bioindicadores que não se encaixavam nas categorias pré-determinadas.

De acordo com o local de estudo, verificamos os países que mais se destacaram em produtividade e no ranking obtido temos: Brasil (80), EUA (58), Itália (53), Espanha (34) e Canadá (32) (Figura 2). Porém, quando comparamos com o resultado de publicações de acordo com o país primeiro autor, as posições apresentam uma nova configuração e a Itália foi o país com maior número de pesquisadores que publicaram (93) sobre bioindicadores, e o Brasil aparece na terceira posição com 80 publicações (Figura 3).

Ao analisarmos a quantidade de publicações, houve relação significativa entre o número de artigos ao longo dos anos ( $r=0,8789$ ;  $p=0,00000007$ ). O ano de maior produção científica foi o de 2009 com 90 artigos publicados. Já o ano de 1991 teve a menor quantidade de artigos publicados (21) disponíveis na base de dados para as palavras utilizadas na busca (Figura 4).

## DISCUSSÃO

Organismos aquáticos são frequentemente utilizados em estudos com bioindicadores de qualidade ambiental. Algumas ordens de invertebrados aquáticos são muito sensíveis à eutrofização do ambiente, como Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera os quais são os primeiros a desaparecer frente a uma poluição de seu habitat, já que necessitam de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água (ABÍLIO et al., 2007; AMORIM e CASTILLO, 2009).

Os invertebrados aquáticos fornecem um histórico de vida e das condições ambientais no tempo ao qual estão sujeitos (GONZALO e CAMARGO, 2012; NUÑEZ et al., 2012). Esses organismos refletem o estado de conservação ou degradação do ecossistema, sua distribuição e diversidade são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, quantidade e tipo de detritos orgânicos, presença de vegetação aquática, e pelas concentrações de nutrientes (DE PIRRO e MARSHALL, 2005; GOULART e CALLISTO, 2003). Essas características, aliadas a baixa mobilidade e abundância desses organismos em seus habitats, os fazem excelentes ferramentas de biomonitoramento. Desse modo, a quantidade de trabalhos presentes em bases de indexação científica é alta, como mostrado neste estudo.

Vegetais terrestres são amplamente utilizados em centros urbanos e industriais a fim de se verificar a poluição atmosférica, no qual sua principal característica é a sensibilidade mesmo em situações de baixo nível de contaminação do ar (GUIMARÃES et al., 2000). Plantas sensíveis podem ser bioindicadores de reação e aquelas tolerantes podem servir tanto como bioindicadores de acumulação, como no abate de poluentes. Assim, os estudos que envolvem a utilização de plantas como bioindicadores são fundamentais, já que hoje uma das maiores preocupações é a incidência de doenças respiratórias provocadas pela má qualidade do ar em grandes centros urbanos.

O Brasil foi o país mais estudado ao longo do tempo, possivelmente por ser privilegiado em relação à quantidade de água continental distribuída em seu território e grandes espaços terrestres de importância

biológica, como por exemplo, os hotspots Mata Atlântica e Cerrado, o último considerado o berço das águas por abrigar nascentes de rios que atuam na formação de importantes Bacias Hidrográficas do país, além da Amazônia, Pantanal e outros Biomas de relevante aspecto fluvial (MOURA et al., 2012). O país também apresenta grandes áreas de cultivo, cujos produtos (grãos e animais) são destinados à exportação, por isso a importância da preservação e avaliação de impacto ambiental (ARIAS et al., 2007).

Quando nos voltamos ao país de vínculo do primeiro autor, os Estados Unidos foi o país que mais publicou sobre bioindicadores de qualidade ambiental. Os EUA são um dos países que mais se investe em ciência no mundo, onde possuem os mais renomados cientistas em diversos campos da pesquisa atualmente. A Itália é um país que possui grande foco dos seus trabalhos com invertebrados aquáticos e vegetais terrestres, que são maioria em suas publicações ao longo do tempo, e oferecem resultados a cerca da qualidade do ar e da água, consumidos pela população. A França possui uma das melhores revistas de ambientes aquáticos, a *Hydrobiologia*, e seus pesquisadores tem explorado essa área em busca de respostas não só em seu país, mas em alguns locais ao redor do mundo, como em Papua Nova Guiné (ROTMANN e THOMAS, 2012) e Nova Caledônia (HÉNDOUNIN et al., 2008).

Ao se observar o número de publicações, percebemos que houve um aumento ao longo dos anos de 1991 a 2012, especialmente nos anos de 1999, 2009 e 2011, o que pode-se relacionar como o fato das últimas décadas termos observado um crescente desenvolvimento econômico e populacional em quase todos os ambientes, gerando uma necessidade de obtenção de recursos para a produção de bens e promovendo mais desenvolvimento econômico e ao mesmo tempo, mais degradação ambiental (FRANCO e DRUCK, 1998; GOULART e CALLISTO, 2003).

Devido a essa situação, houve na década de 90 uma movimentação ao redor do mundo em relação a temas relacionados com medidas de conservação, preservação ambiental e discussões a cerca da sustentabilidade, como foi visto, por exemplo,

nas reuniões ocorridas durante a Conferência Internacional ECO – 92, que gerou a Agenda 21 com proposições de uso “sustentável”, preservação e conservação de recursos naturais. Fato este, que possivelmente pode ter incentivado pesquisadores a buscarem e apresentarem dados científicos que corroborassem a realidade degradativa dos nossos ambientes naturais para a produção de bens de consumo e acúmulo de riquezas pelas grandes empresas e corporações.

## CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nos informam que trabalhos de bioindicadores tendem a aumentar ao longo do tempo, visto que se faz necessário a avaliação de impacto ambiental em várias partes do mundo devido a crescente degradação dos ambientes naturais.

É necessário que haja mais incentivos a estudos com outros organismos, como por exemplo, os anfíbios, que são sensíveis ao seu habitat e podem dar respostas temporais das mudanças ambientais.

O Brasil como um país em desenvolvimento estar entre os primeiros colocados em publicações demonstra a importância do assunto para seus pesquisadores. É visível que pesquisadores estrangeiros ainda vão a outros países realizarem seus trabalhos, retrato de como a cooperação entre cientistas é e pode ser ampliada em todo o mundo e tenham por objetivo a ampliação dos estudos referentes à bioindicadores de qualidade ambiental a fim de melhorar o conhecimento das ações antropogênicas aos ambientes naturais.

## REFERÊNCIAS

- ABDENNADHER, A.; RAMÍREZ, F.; ROMDHANE, M.S.; et al. Little Egret (*Egretta garzetta*) as a bioindicator of trace element pollution in Tunisian aquatic ecosystems. *Environmental monitoring and assessment*, v. 175, n.1-4, p. 677–84, 2011.
- ABÍLIO, F.J.P.; RUFFO, T.L.D.M.; SOUZA, A.H.F.F.; et al. Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores de Qualidade Ambiental de Corpos Aquáticos da Caatinga. *Oecologia Brasiliensis*, v. 11, n. 03, p. 397–409, 2007.
- AMORIM, A.C.; CASTILLO, A.R. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água do baixo rio Perequê, Cubatão, São Paulo, Brasil. *Biodiversidade Pampeana*, v.7, n. 1, p. 16–22, 2009.

- ARAÚJO-LIMA, V.; CALIMAN, N.G.S. Influência do canal marinho da Ilha de Vitória-ES sobre a biomassa de algas do gênero *Ulva* sp. (Chlorophyta, Ulvales). **Perspectivas online: Biologia & Saúde**, v. 5, n. 2, p. 39–44, 2012.
- Perspectivas online: Biologia & Saúde**
- ARIAS.A.R.L.; BUSS, D.F.; INÁCIO A.F.; et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 61–72, 2007.
- BAGLIANO, R. V. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 24–40, 2012.
- BARROS, J.; IGREJAS, G.; ANDRADE, M.; ET AL. Gilthead seabream (*Sparus aurata*) carrying antibiotic resistant enterococci. A potential bioindicator of marine contamination? **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 6, p. 1245–8, 2011.
- BOUFAHJA, F.; HEDFI, A.; AMORRI, J.; et al. Examination of the bioindicator potential of *Oncholaimus campylocercoides* (Oncholaimidae, Nematoda) from Bizerte bay (Tunisia). **Ecological Indicators**, v. 11, n. 5, p. 1139–1148, 2011.
- BRANDÃO, R.A. Avaliação ecológica rápida da herpetofauna nas Reservas Extrativistas de Pedras Negras e Curralinho, Costa Marques, RO. **Brasil Florestal**, n. 74, p. 61–73, 2002.
- CARRAVIERI, A.; BUSTAMANTE, P.; CHURLAUD, C.; CHEREL Y, 2013. Penguins as bioindicators of mercury contamination in the Southern Ocean: Birds from the Kerguelen Islands as a case study. **The Science of the total environment**, v. 141, n. 8, p. 454–455, 2013.
- CESCHIN, S.; KUMBARIC, A.; CANEVA, G.; ZUCCARELLO, V. Testing flora as bioindicator of buried structures in the archaeological area of Maxentius's villa (Rome, Italy). **Journal of Archaeological Science**, v. 39, n. 5, p. 1288–1295, 2012.
- DE PIRRO, M.; MARSHALL, D.J. Phylogenetic differences in cardiac activity, metal accumulation and mortality of limpets exposed to copper: A prosobranch–pulmonate comparison. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 322, n. 1, p. 29–37, 2005.
- FRANCO, T.; DRUCK, G. Padrões de industrialização , riscos e meio ambiente. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 3, n. 2, p. 61–72, 1998.
- GARCÍA, M.H.M.; RODRÍGUEZ, F.S.; LÓPEZ, M.P.. Los mamíferos salvajes terrestres como bioindicadores : nuevos avances en Ecotoxicología. **Observatorio Medioambiental**, n. 11, p. 37–62, 2008
- GEREMIAS, R.; BORTOLOTTI, T.; WILHELM-FILHO, D.; PEDROSA, R.C.; DE FÁVERE V.T. Efficacy assessment of acid mine drainage treatment with coal mining waste using *Allium cepa* L. as a bioindicator. **Ecotoxicology and environmental safety**, n. 79, p. 116–21, 2012.
- GONÇALVES, M.W.; CARVALHO, W.F.; et al. Análises mutagênicas de anuros em áreas de mineração de níquel\*. **Estudos**, v. 339, n. 2, p. 115–121, 2010.
- GOULART, M.D.C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, n. 1, p. 1–9, 2003.
- GUIMARÃES, E.; DOMINGOS, M.; ALVES, E.; et al. Detection of the genotoxicity of air pollutants in and around the city of São Paulo (Brazil) with the Tradescantia-micronucleus (Trad-MCN) assay. **Environmental and Experimental Botany**, v. 44, n. 1, p. 1–8, 2000.
- HÉNDOUNIN, L.; BUSTAMANTE, P.; FICHEZ, R.; WARNAU, M. The tropical brown alga *Lobophora variegata* as a bioindicator of mining contamination in the New Caledonia lagoon: a field transplantation study. **Marine Environmental Research**, v. 66, n. 4, p. 438–44, 2008.
- ISASI-CATAL, E. Los conceptos de especies indicadoras , y abuso en ecología de la conservación. **Interciencia**, v. 36, n. 1, p. 31–38, 2011.
- KALISINSKA, E.; LISOWSKI, P.; KOSIK-BOGACKA, D.I. Red fox *Vulpes vulpes* (L., 1758) as a bioindicator of mercury contamination in terrestrial ecosystems of north-western Poland. **Biological Trace Element Research**, v. 145, n. 2, p. 172–80, 2012.
- LAIOLO, P.; BAÑUELOS, M.J.; BLANCO-FONTO, B.; GARCÍA, M.; GUTIÉRREZ, G. Mechanisms underlying the bioindicator notion: spatial association between individual sexual performance and community diversity. **PloS one**, v. 6, n. 7, p. 22–24, 2011.
- LANG, P.; MURPHY, K.J. Environmental drivers, life strategies and bioindicator capacity of bryophyte communities in high-latitude headwater streams. **Hydrobiologia**, v. 679, n. 1, p. 1–17, 2011.
- LARA, M.R. Composição e variação sazonal da comunidade de algas fitoplanctônicas na Lagoa do Ferraz localizada em Sorocaba(SP). **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 3, n. 3, p. 39–52, 2010.
- LIVINGSTONE, D.R. Review Biotechnology and Pollution Monitoring: Use of Molecular Biomarkers in the Aquatic Environment. **J. Chem. Tech. Biotechnol**, n.57, p. 195–211, 1993.
- MENDES, K.F.; INOUE, M.H.; MATOS, A.K.A, et al. Seleção de bioindicadores para monitoramento da mobilidade e persistência de herbicidas aplicados no solo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 213–221. 2012.
- MOTA, G.G., BARBONI, S.A.; JESUS, M. Tilápias ( Actinopterygii : Cichlidae ) comercializadas em Feira de Santana (Bahia) como bioindicadores de poluição ambiental em rios da bacia do Paraguçu. **Revista Ecotoxicol e Meio Ambiente**, n. 19, p. 11–18, 2009.
- MOURA, J.F.; EMIN-LIMA, R.; HACON S.S., et al. Mercury status of the Amazon Continental Shelf: Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*, Van Benédén 1864) as a bioindicator. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 89, n. 2, p. 412–8, 2012.
- NUÑEZ, J.D.; LAITANO, M.V.; CLEDÓN, M. An intertidal limpet species as a bioindicator: Pollution effects reflected by shell characteristics. **Ecological Indicators**, v. 14, n. 1, p. 178–183, 2012.
- OLIVEIRA, J.P.W.; SANTOS, R.N.; PIBERNAT, C.C.; BOEIRA, J.M. Genotoxicidade e Análises Físico-Químicas

das águas do Rio dos Sinos (RS) usando *Allium cepa* e *Eichhornia crassipes* como bioindicadores. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 1, n. 1, p. 15–22, 2012.

OTERO-PATERNINA, A.; CRUZ-CASALLAS, P.E.; VELASCO-SANTAMARÍA, Y.M. Evaluación del efecto del hidrocarburo fenantreno sobre el crecimiento de *Chrella vulgaris* (Chlorellaceae). **Acta Biologica Colombiana**, v. 18, n. 1, p. 87–98, 2013.

PENTEADO, S.D.R.C.; CARPANEZZI, A. A.; NEVES, E.J.M.; SANTOS, Á.F.; FLECHTMANN C.A.H. Escolitídeos como bioindicadores do “declínio do nim” no Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 65, p. 69–73, 2011.

PIRATELLI, A.; SOUSA, S.D.; CORRÊA, J.S.; et al. Searching for bioindicators of forest fragmentation: passerine birds in the Atlantic forest of southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 2, p. 259–68, 2008.

POLECHOŃSKA, M.; ZAWADZKI, K.; SAMECKA-CYMERMAN, A.; et al. Evaluation of the bioindicator suitability of *Polygonum aviculare* in urban areas. **Ecological Indicators**, n. 24, p. 552–556, 2013.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. 1ª edição. Editora Vida, Londrina, 2002.

REID, N.; THOMPSON, D.; HAYDEN, B.; MARNELL, F.; MONTGOMERY, W.I. Review and quantitative meta-analysis of diet suggests the Eurasian otter (*Lutra lutra*) is likely to be a poor bioindicator. **Ecological Indicators**, n. 26, p. 5–13, 2013.

ROTMANN, S.; THOMAS, S. Coral Tissue Thickness as a Bioindicator of Mine-Related Turbidity Stress on Coral Reefs

at Lihir Island, Papua New Guinea. **Oceanography**, v. 25, n. 4, p. 52–63, 2012.

RODRIGUEZ, J.H.; WELLER, S.B.; WANNAZ, E.D.; KLUMPP, A.; PIGNATA, M.L. Air quality biomonitoring in agricultural areas nearby to urban and industrial emission sources in Córdoba province, Argentina, employing the bioindicator *Tillandsia capillaris*. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 6, p. 1673–1680, 2011.

STERZ, C.; ROZA-GOMES, M.F.; ROSSI, E.M. Análise microbiológica e avaliação de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água do Riacho Capivara, município de Mondai, SC. **UNOESC & Ciência**, v. 2, n. 1, p. 7–16, 2011.

TAOUIL, A.; YONESHIGUE-VALENTIN, Y. Alterações na composição florística das algas da Praia de Boa Viagem (Niterói, RJ). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 405–412, 2002.

WEBB, D. Freshwater shrimp (*Palaemonetes australis*) as a potential bioindicator of crustacean health. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, n. 1-4, p. 537–44, 2011.

XU, J.; ZHANG, M. Primary consumers as bioindicator of nitrogen pollution in lake planktonic and benthic food webs. **Ecological Indicators**, v. 14, n. 1, p. 189–196, 2012.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Goiás e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação pela bolsa de Pós-graduação concedida ao primeiro e segundo autor.

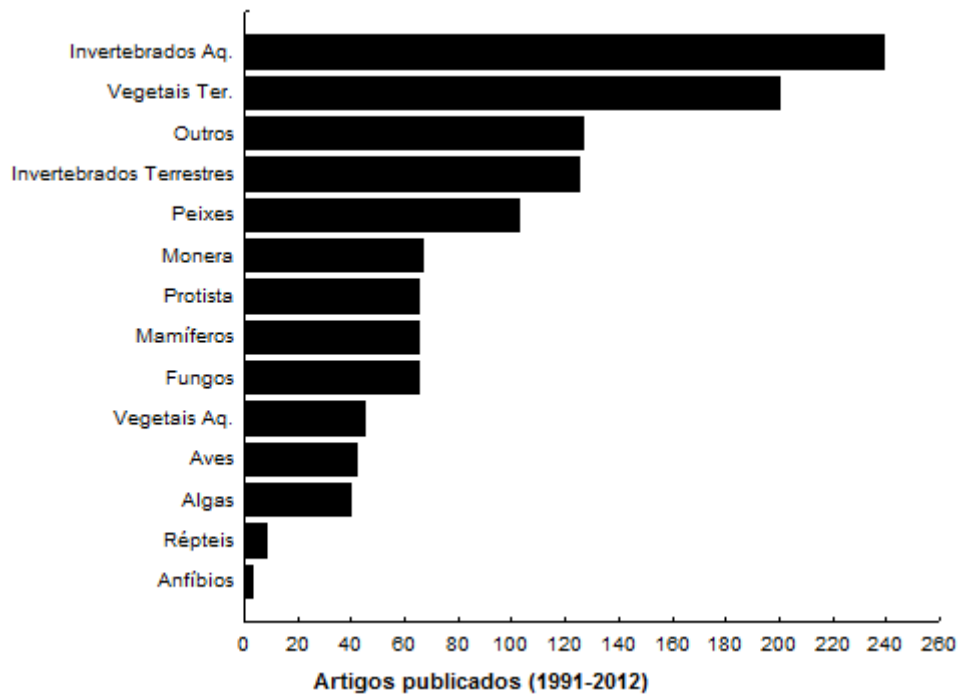


Figura 1 - Organismos utilizados nos artigos de bioindicadores de qualidade ambiental indexados na base de dados *ISI Web of Science* no período de 1991-2012.

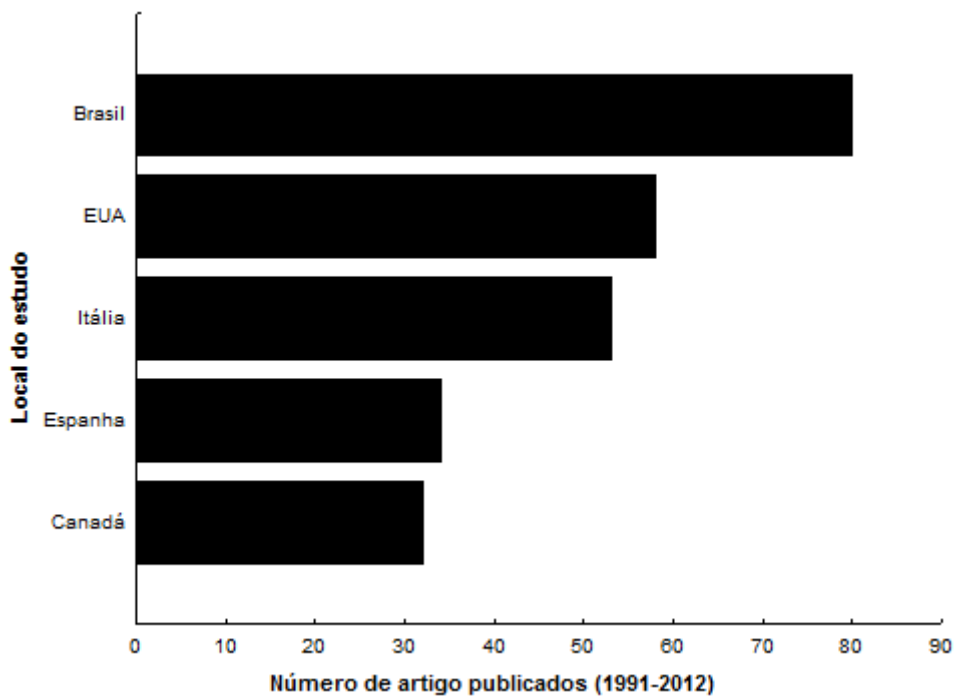


Figura 2 - Ranking dos países mais estudados em bioindicadores de qualidade ambiental indexados na base de dados *ISI Web of Science* no período de 1991-2012.

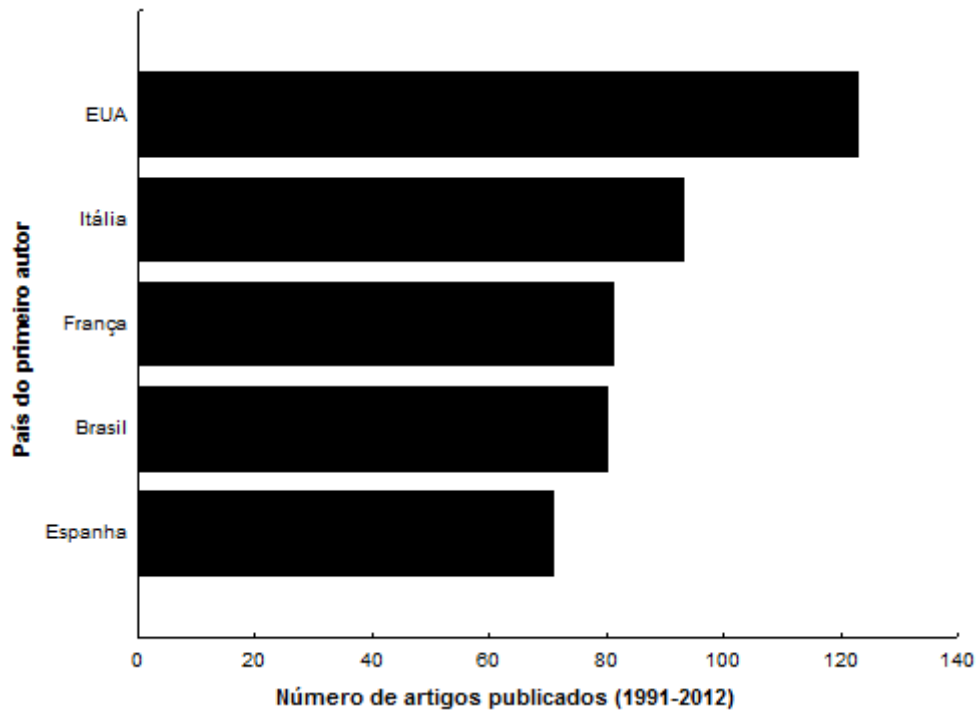


Figura 3 - Número de publicações na base de dados do *ISI Web of Science* no período de 1991-2012 sobre o bioindicadores de qualidade ambiental em relação à nacionalidade do primeiro autor.

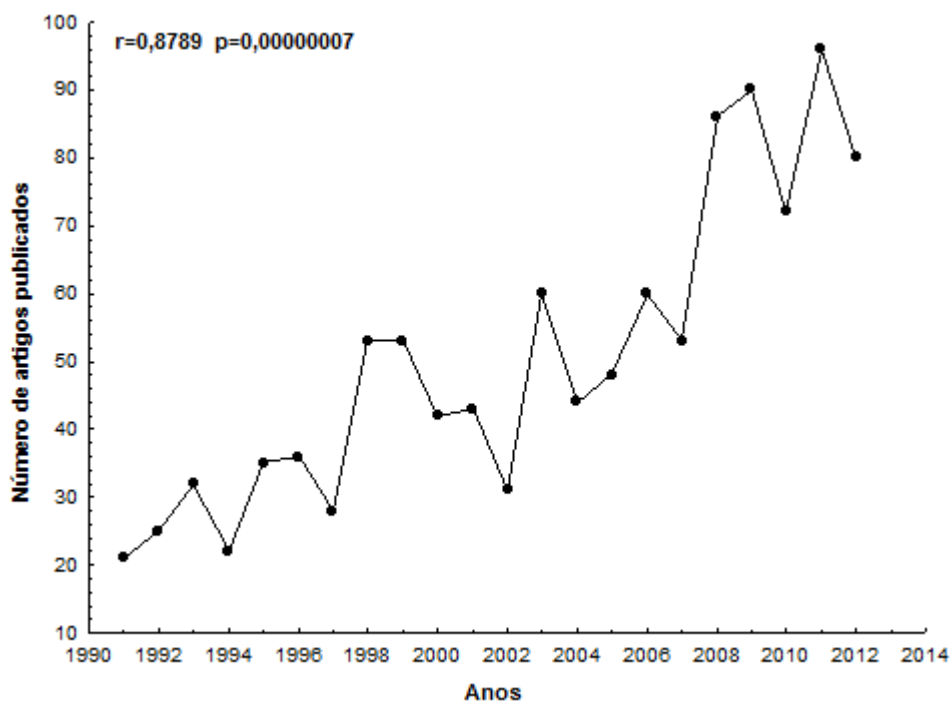


Figura 4 - Tendência temporal do número de publicações indexadas na base de dados *ISI Web of Science* sobre bioindicadores de qualidade ambiental entre 1991-2012.