

Indicadores biológicos de qualidade da água e as mudanças climáticas

Raissa Jennifer da Silva de Sá^a, Antonio Gabriel Sales de Souza^a, Edmir dos Santos Jesus^a, Antônio Pereira Júnior^a

^aUniversidade do Estado do Pará (UEPA) Laboratório de Qualidade Ambiental – Campus VI, Paragominas, PA, Brasil.

RESUMO Uma espécie é um bioindicador, quando apresenta ou não, tolerância às variações ambientais. Com isso, a importância delas é justamente identificar a relação que ocorre entre os seres vivos e os parâmetros ambientais e as mudanças provocadas ao meio ambiente oriundas das ações, associadas a elas. O objetivo desta revisão é apresentar de forma clara a importância dos indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água, as principais respostas emitidas pelo fitoplâncton, submetidos a mudanças climáticas. Os dados obtidos e analisados indicaram que não deve ser ignorado que a integridade biológica dos ecossistemas aquáticos também irá influir na identificação das necessidades da população, seja para consumo, agricultura, pecuária, lazer ou proteção/manutenção ambiental. Logo, estudos alertam para um aprofundamento e maior frequência acerca das ações diretas e indiretas sobre a comunidade aquática. Com isso, usar organismos para a identificação da contaminação desses ecossistemas, é determinante para um monitoramento completo acerca da qualidade da água.

PALAVRAS-CHAVE: *biodiversidade; biomonitoramento; ecossistemas aquáticos*

Recebido 21 de março de 2019 *Aceito* 28 de março de 2019 *Publicado online* 06 de abril de 2019

Cite este artigo:

Sá RJS et al. (2019) Indicadores biológicos de qualidade da água e as mudanças climáticas. *Multidisciplinary Reviews* 2: e2019006, DOI: 10.29327/multi.2019006

Biological indicators of water quality and climate changes

ABSTRACT A species is a bioindicator, when it presents or not, tolerance to the environmental variations. Thus, the importance is precisely to identify the relationship that occurs between living beings and environmental parameters and the changes caused to the environment from actions associated with climate change. The objective is to present clearly the importance of biological indicators in the evaluation of water quality, the main responses emitted by the aquatic community submitted to climate change. The data obtained and analyzed indicated that it should not be ignored that the biological integrity of aquatic ecosystems will also influence the identification of the needs of the population, whether for consumption, agriculture, livestock, leisure or environmental protection/maintenance. Therefore, studies have warned of a deepening and more frequent in the studies about the direct and indirect actions on the aquatic community, with that, to use organisms to identify the contamination of these ecosystems, is determinant for complete monitoring about the quality of the water.

KEYWORDS: biodiversity; biomonitoring; aquatic ecosystems

Introdução

O bioindicador é definido como todo parâmetro biológico, qualitativo ou quantitativo, medido ao nível de indivíduo, comunidade ou população, e que é efetivamente suscetível para indicar condições ambientais particulares que correspondam a uma variação natural e/ou perturbação no meio visando obter informações sobre a condição do ambiente e mudanças nas comunidades biológicas. Dessa forma, eles podem ser utilizados como ferramentas que avaliam a integridade ecológica, saúde ambiental, qualidade ambiental e preservação de ecossistemas aquáticos (Pimenta et al 2016).

Ademais, quando uma espécie é indicadora, ela apresenta uma tolerância às variações ambientais e, ao se encontrarem em determinada área, revelam um conjunto de condições particulares daquele ambiente. Com isso, a importância dos bioindicadores é justamente identificar a relação que ocorre entre os seres vivos e os parâmetros ambientais (ex.: temperatura) e as mudanças provocadas ao meio ambiente oriundas das ações humanas. Além disso,

cada espécie possui seu próprio padrão de variação, que pode ser, por exemplo, tolerante as alterações, advindas das ações antrópicas (Zanetti 2011).

Consequentemente, as características de um bioindicador são de fundamental importância, pois, para que ele seja definido como tal, deve possuir exigências com relação a um conjunto conhecido de variáveis ambientais (físicas ou químicas). Isso prende-se ao fato de que uma mudança na ausência/presença de uma energia ou substância, ele sofra modificações na fisiologia, comportamento ou morfologia, o que poderá indicar que uma das variáveis está fora dos limites ideais para a sobrevivência equilibrada daquela espécie (Tanaka et al 2016).

Como o Brasil abrange grande diversidade de ambientes aquáticos em dimensões continentais, além disso, o recurso hídrico é destinado para diversos usos, o que inclui o abastecimento de água para fins de recreação e irrigação, além da própria proteção ambiental. Nesse sentido, é de fundamental importância considerar que essa diversidade de usos deve ser avaliada, para determinar como esses ecossistemas deverão ser protegidos. Por meio de critérios de qualidade e os valores de referências que serão estabelecidos para um determinado corpo hídrico irão fornecer os meios para a realização efetiva de tais avaliações e medidas (Mugnai et al 2010).

Neste contexto, a identificação da capacidade de sensibilidade às alterações do meio ambiente é o que determina a escolha do bioindicador, bem como as ações que as mudanças climáticas causam sobre eles, o que justifica e incrementa a relevância dessa pesquisa sobre a conservação e/ou preservação dos ecossistemas aquáticos para a manutenção do meio ambiente, garantindo se a integridade desses ecossistemas está sendo mantida. Por fim, alcançar o objetivo que é apresentar de forma clara a importância dos indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água, as principais respostas emitidas pelo fitoplâncton submetidos a mudanças climáticas.

A importância do uso de indicadores biológicos para os corpos hídricos

O indicador biológico apresenta uma resposta associada ao impacto que algum contaminante gera no meio ambiente. A partir disso, podemos afirmar que um organismo vai acumular um agente tóxico na mesma proporção do nível de concentração desse poluente, assim como, fornece a extensão do período em que o organismo foi exposto a este agente. Diante disso, quando os organismos são coletados e, posteriormente, analisados, é possível estimar o grau de concentrações ambientais do composto de interesse (Zanetti 2011).

Por conseguinte, estudos mais recentes destacam e comprovam a importância dos bioindicadores na avaliação da qualidade da água ao apresentar características específicas (Figura 1) e, também, o seu comportamento durante o ciclo hidrológico anual, com a flutuação da composição em resposta à variação da precipitação entre os períodos seco e chuvoso. Além de que, este efeito deve ser considerado ao realizar os estudos e monitoramento da qualidade da água em uma drenagem superficial (Yokoyama et al 2012).

Diante disso, a Política Nacional dos Recursos Hídricos- PNRH, Lei n. 9.433:1997, apresenta como um de seus objetivos assegurar o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e preservar a diversidade genética. Por esta razão, os indicadores biológicos de qualidade ambiental devem ser adotados para avaliar os impactos ambientais, e contribuir para a elaboração de modelos de gestão ambiental com base na preservação da biodiversidade desses ecossistemas (Brasil 1997).

O tipo de poluição associada a degradação da maioria dos corpos hídricos são as chamadas poluição pontual e a não pontual, todavia, com exceção dos distúrbios que normalmente acontecem no meio ambiente, como os de origem física. Com isso, as atividades antrópicas contribuem significativamente para a descarga de efluentes contaminados e, também, para a ocorrência de mudanças no habitat físico dos lagos e rios, como exemplos de ações que causam degradação, é a mineração e, principalmente, o uso da terra para ocupação urbana e agricultura seja familiar ou não (Oliveira Filho et al 2012).

No caso da poluição não pontual, a maior dificuldade para realizar a sua mensuração está no fato de que faltam técnicas para monitorar e avaliar os seus impactos gerados ao meio ambiente. Isto ocorre porque a poluição dispersa pode ser transitória e imprevisível e, neste caso, os métodos tradicionais para a avaliação química da água se tornam inadequados, quando são aplicados isoladamente, com o objetivo de determinar e quantificar os impactos causados na qualidade da água (Santos e Alves 2014).

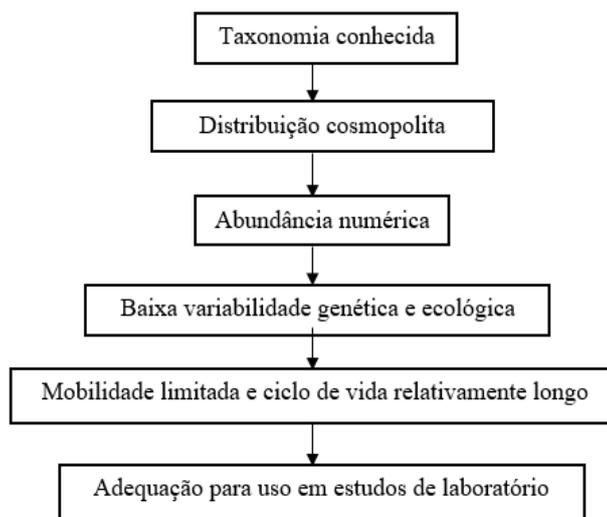


Figura 1 estrutura com as características que um bioindicador ideal deve apresentar.

Programa de biomonitoramento

Para a avaliação das consequências causadas pela poluição nos ecossistemas aquáticos, são necessárias as mais diversas informações sobre o continente. Diante disso, os programas, como o de biomonitoramento, são os mais indicados para detectar o comprometimento da vida das espécies aquáticas, além de avaliar o nível de degradação ambiental em que esse ecossistema apresenta. Entretanto, uma vez que é diagnosticado o nível de degradação no qual se encontra o ambiente, dados ecológicos podem ser incorporados como os testes ecotoxicológicos que apresentam poluentes químicos em sua composição, capazes de auxiliar na identificação dos agentes poluidores, ou seja, auxiliando na elaboração de medidas mitigadoras (Pereira 2012).

Somando-se a isso, para a avaliação da diversidade dos habitats aquáticos, faz-se necessário a aplicação de investigações hidrológicas e a caracterização do uso e ocupação do solo. Isso possibilita o diagnóstico ambiental com a apresentação de cinco fatores que veem a afetar a saúde dos corpos hídricos, são: (1) qualidade da água; (2) estrutura do habitat; (3) fonte de energia; (4) o regime fluviométrico e (5) fatores de integração biótica (Pimenta et al 2016).

Além disso, o monitoramento biológico, também é definido como um uso sistemático por meio de respostas biológicas, que servem para avaliar as mudanças ambientais com objetivo de usar essa informação em um programa de controle de qualidade da água. Sendo que, essas mudanças estão geralmente a fatores antropogênicos, os macroinvertebrados bentônicos estão sendo usados para o monitoramento de reservatórios, que são trechos de trechos de importantes bacias hidrográficas sob diferentes níveis de impacto antrópico (Barboza 2011).

Esse processo apresenta um princípio simples, no qual os organismos são submetidos a condições adversas onde irão se adaptar ou morrer. Portanto, a composição em espécies e a distribuição espaçotemporal dos organismos aquáticos alteram-se pela ação dos impactos, quanto mais intensos forem mais pronunciadas serão as respostas ecológicas dos organismos bioindicadores de qualidade de água, podendo haver inclusive a extinção local, ou seja, exclusão de organismos sensíveis à poluição (Ferreira et al 2012).

Ademais, esse programa é desenvolvido em etapas, além de utilizar de métodos úteis na avaliação da eficácia de estações de tratamento de esgotos, lançamento de efluentes em corpos d'água, chuva ácida, remoção da vegetação da mata ciliar nas margens os rios, impactos de assoreamentos, práticas agrícolas e os efeitos na inserção de espécies exóticas em locais que apresentam populações naturais (Silva et al 2011).

Além disso, por serem usados, na maioria dos casos, macroinvertebrados detritívoros, ou seja, os que se alimentam de matéria orgânica produzida na coluna d'água, o que os tornam organismos importantes na dieta de peixes, representando importante ligação entre a produção pelágica e os níveis tróficos superiores no ambiente aquático. Diante desse contexto, nos programas de biomonitoramento é fundamental avaliar as necessidades ambientais de todas as espécies de um determinado conjunto de organismos (Barbosa et al 2016).

Utilização de bioindicadores

Os bioindicadores pode ser mais direcionada a um tipo de poluição. Com isso, macroinvertebrados bentônicos têm sido amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade da água, por apresentarem ciclos de vida longo, podem viver entre semanas, meses, podendo chegar até mais de 1 ano. Em geral são organismos grandes, maiores que 125 ou 250 µm, ou de pouca mobilidade, portando mais fáceis de serem amostrados, apresentam custos relativamente baixos, grande diversidade taxonômica e de identificação relativamente fácil (ao nível de família e alguns gêneros), além disso, são organismos sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio (Espindola e Camargo 2018).

Ademais, constituem um dos melhores bioindicadores de qualidade das águas nos ambientes lóticos, pois possuem características sésseis e são de fácil visualização. Os macroinvertebrados referem-se à fauna de invertebrados que fica retida em uma malha de 0,2 mm, sendo ela constituída por diversos táxons, tais como *Arthropoda*, *Mollusca*, *Annelida* e *Platyhelminthes*, dentre outros. A maioria dessas espécies está associada aos habitats de fundo das drenagens superficiais e lagos, fixos ou não a um substrato, sendo denominada de comunidade bentônica (Pimenta et al 2016).

Por conseguinte, alguns estudos têm utilizado macroinvertebrados como indicadores do impacto gerado aos efluentes de origem industrial e/ou urbana, ou seja, concluindo que efluentes advindos daquelas fontes são mais agressivos aos ecossistemas aquáticos que os afluentes que são drenados das lavouras, dos quais passam pelas recomendações técnicas para poder ser utilizado na agricultura (Schwab 2017).

Existem peixes que apresentam forte potencial para bioconcentrar níveis elevados de metais que se apresentam em concentrações significativas nos corpos d'água, com isso, monitorar esses ambientes tem sido objeto de considerável interesse nos últimos anos, por conta da preocupação, pois níveis de concentração elevada dos metais podem causar efeitos prejudiciais sobre o ecossistema. Nesse contexto, além de prejudicar a sobrevivência e o desenvolvimento dos organismos, também cria problemas em relação à sua adequação como alimento para seres humanos, por, justamente, ocorrer a bioacumulação de substâncias nocivas no organismo dos peixes que servem de alimento para o homem, servindo como indicadores biológicos de contaminação para avaliação da qualidade da água (Repula et al 2012).

Múltiplos usos dos ecossistemas aquáticos

O ecossistema é composto por animais, plantas e principalmente por ambiente físico e químico dos quais interagem entre si. Além disso, uma das características peculiares do ambiente lótico, que apresenta água corrente, é a dinamicidade, que é identificada por uma grande variedade e complexidade de parâmetros bióticos e abióticos. Com isso, na bacia hidrográfica, em geral, existem dinâmica de importação e exportação de nutrientes, água e energia de forma constante, de modo que toda a matéria que entrar no trecho superior dos rios (cabecera) irá afetar a qualidade da água no seu curso inferior (Volpato 2013).

Ademais, a grande diversidade de ambientes aquáticos nacionais, implica em um número significativo de usos, como para a própria satisfação de água potável para o ser humano, fins para a agricultura e para pecuária, além da manutenção da própria natureza. Nesse sentido, deve-se considerar esses múltiplos usos da água, para a determinação de como deverão ser protegidos, conservados e preservados os corpos d'água (Souza et al 2011).

Conseqüentemente, identificar as necessidades e aspirações da comunidade em relação à água, é um passo relevante e fundamental na definição do valor ambiental de um determinado açude, lago, reservatório, dentre outros. Dessa forma, a estratégia de proteger esses recursos hídricos tem se tornado amplamente importante, e também pode servir para rotular esses usos, como para fins benéficos, para evitar que ocorram conflitos, por exemplo, o uso da água para irrigação, que pode impedir a sua disponibilidade para consumo humano e/ou propósitos industriais (Couceiro e Hamada 2011).

Outrossim, para um bom funcionamento do ecossistema é fundamental respeitar algumas condições como a integridade biológica do corpo hídrico. Nesse contexto, essa integridade é definida pela habilidade de suportar e manter

o equilíbrio, adaptação e integridade da comunidade dos organismos local, o que assegura a composição dos organismos e a diversidade compatível ao habitat natural local (Moreno e Rocha 2012).

Por outro lado, não deve ser ignorado que a integridade biológica dos ecossistemas aquáticos também irá influir na identificação das necessidades da população, seja para consumo, agricultura, pecuária, lazer ou proteção/manutenção ambiental. Além do mais, existem custos relacionados com o manejo dos corpos hídricos para chegar aos níveis de qualidade de água desejados, o que influencia na relação custo-benefício, que varia de acordo com os diferentes setores e interesses da comunidade, fazendo com que os custos em determinado setor, seja, realmente lucro para outro (Silva 2015).

O manejo dos recursos hídricos forma o comprometimento das reservas aquáticas está associado, em geral, ao desenvolvimento da ocupação humana, seja pelo desmatamento descontrolado para fins agrícolas e para a implantação da agropecuária ou para ações com fonte de poluição de origem industrial e doméstica, dentre outras atividades. Nesse ínterim, a integridade dos ecossistemas é severamente afetada pelos agrotóxicos, advindo da agricultura, que contaminam os corpos hídricos, os quais, podem determinar níveis de tolerância diferentes para algumas espécies, podendo atingir todo ecossistema quando estão presentes em concentrações muito elevadas (Silva 2017).

Em suma, ocorre que menos de 0,1% da quantidade de agrotóxicos aplicados nas lavouras alcançam os organismos alvos, enquanto os 99,9% restantes, tem potencial para se locomoverem para outros compartimentos ambientais, tais como águas subterrâneas e superficiais. O impacto por agrotóxicos na qualidade da água subterrânea, por exemplo, tem sido assunto relevante e de discussão em todo o mundo (Silva et al 2013).

As mudanças climáticas

Ao se considerar o ecossistema aquático como um sistema vivo, os impactos climáticos neles, são intrinsecamente vinculados à vulnerabilidade em relação ao tipo de impacto. O conceito de vulnerabilidade é uma combinação de sensibilidade, exposição e capacidade adaptativa. Inúmeros são os parâmetros ambientais que interferem nos corpos hídricos e tendem a modificar a qualidade da água. Dentre eles, tem-se a temperatura do ar a partir do incremento da radiação solar, outro fator é a ausência ou escassez da precipitação (Cgee 2013; Delpla et al 2011).

Nesse contexto, afirma-se que a fisiologia do fitoplâncton realmente apresenta alterações e, a partir dela, esse componente do plâncton, também é afetado de form indireta, pois, o clima provoca alterações na estratificação da coluna d'água (Figura 2), e isso age de forma negativa na disponibilidade dos recursos nutricionais, bem como na intensidade luminosa, logo, a proliferação desses seres fotossintetizantes também é comprometida (Winder e Sommer 2012).

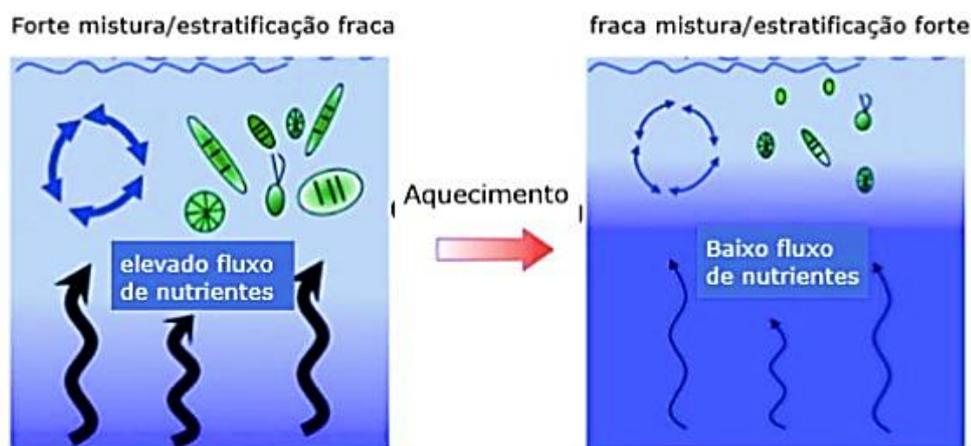


Figura 2 Os efeitos da elevação da temperatura sobre a estratificação da coluna d'água, associada a redistribuição de nutrientes e os tamanhos das células do fitoplâncton. Fonte: Winder e Sommer (2012).

Ademais, nos ecossistemas aquáticos, das três dimensões habitacionais (plâncton, necton e benton), a dimensão que mais responde as mudanças climáticas é o plâncton, na subdivisão fitoplancônica. Especialmente pela tendência de aquecimento da água superficial e até 10 m, logo, a compreensão dessas alterações pode interferir na quantidade e na qualidade do fitoplâncton, e determina uma diminuição da biodiversidade (Vianna e Sanquetta 2012).

A disponibilidade de água no Brasil depende muito do clima e do clima variações ao longo do tempo. Chuvas fortes, especialmente durante o verão, podem estar associadas a inundações e têm impactos diretos sobre a população, ainda que em escalas de tempo sazonais, um atraso no início da estação das chuvas pode causar impactos tremendos à agricultura e geração de energia hidrelétrica (Marengo et al 2017).

Nos estudos pioneiros acerca da ação de fitoplâncton (Hallegraeff 2010; Charlson et al 1987) foi comprovado que as algas, os seres fotossintetizantes do plâncton, são ativos no ciclo bioquímico do carbono. Todavia, os pesquisadores alertam para uma possível ação de forma indireta no albedo, bem como na taxa de precipitação e o consequente escoamento dela resultante, nos estratos proporcionados pela formação da coluna d'água, e óbvio a salinidade, por diluição. Outra consequência é a formação do dimetilsulfeto (DMS), a partir das reações químicas que ocorrem no interior do corpo hídrico e, com isso, resultar na geração do dimetilsulniopropionato (DMSP), ou seja, o precursor do DMS (Vianna 2012). Outro fator determinado por esse autor, é quanto as várias reações do fitoplâncton em relação as mudanças climáticas (Tabela 1).

Tabela 1 Principais respostas do fitoplâncton às mudanças climáticas.

Ameaças	Consequências ambientais	Respostas do fitoplâncton
Aumento da temperatura da superfície do mar	Estratificação e redução de nutrientes na camada superficial	Redução da taxa de crescimento celular
		Redução da densidade celular e produtividade primária (baixas e médias latitudes)
Aumento da temperatura atmosférica	Maior frequência de precipitações e ressurgências costeiras	Aumento da produção primária (altas latitudes)
		Atraso nas florações de primavera
		Maior frequência de florações nocivas
	Derretimento das geleiras e aumento do nível do mar	Redução do tamanho das células
		Mudança na composição específica
		Mudança na biogeografia das espécies
Aumento da concentração de CO ₂ nos oceanos	Acidificação	Maior risco de bioinvasões
		Mudança na composição específica
	Maior disponibilidade de CO ₂	Aumento da densidade celular
		Aumento na produção primária
Redução da concentração de O ₂ nos oceanos	Desoxigenação	Mudança na composição específica
		Redução dos organismos calcificadores
		Modificação dos ciclos biogeoquímicos
Redução da concentração de O ₂ nos oceanos	Desoxigenação	Aumento da taxa fotossintética
		Aumento da sensibilidade à radiação UV
		Estímulo à fixação de nitrogênio atmosférico por organismos diazotróficos
Redução da concentração de O ₂ nos oceanos	Desoxigenação	Redução da biodiversidade
		Diminuição da densidade celular
		Redução da produção primária

Fonte: Vianna (2012).

Fatos mais evidentes foram comprovados na pesquisa realizada na Lagoa Peti (SC) sobre as mudanças climáticas e a influência delas na comunidade aquática, Fuentes (2015), obteve dados que indicaram a presença e dominância da *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, uma cianobactéria cuja população apresenta redução em baixas temperaturas. Outro dado importante, de acordo com esse pesquisador, está relacionado com a intensidade dos ventos e a irradiação solar em processos de ressuspensão de sedimentos, estratificação diurna, incremento na disponibilidade de fósforo e, devido ao fenômeno ocorrido, há uma dominância de outra cianobactéria: *Pseudanabaena catenata* (Geitler) Anagnostidis & Komárek. A diferença entre elas, é que esta, habita o benton, ou seja, um deslocamento quanto ao habitat da *P. catenata*.

Considerações finais

O uso de organismos como indicadores biológicos para a identificação da contaminação desses ecossistemas, é determinante para um monitoramento completo acerca da qualidade da água. Tal adoção torna-se fácil, pois é dentre as espécies mais frequentes nos corpos hídricos porque isso contribui para a manutenção e avaliação da integridade ecológica.

As ameaças e conseqüentes gerações negativas ao ambiente, estão confirmadas em estudos efetuados no fitoplâncton, o que alerta para um aprofundamento e maior frequência nos estudos acerca das ações diretas e indiretas sobre a comunidade aquática e que são utilizadas como bioindicadores aquáticas porque apresentam significativa importância de preservar/conservar os ecossistemas, manter o equilíbrio ambiental, ou seja, torna-se uma maneira inteligente de avaliar a qualidade dos corpos hídricos.

Por fim, espera-se que esta pesquisa contribua para a tomada de decisões e/ou ações que facilitem a preservação dos ecossistemas aquáticos. É relevante a continuidade de estudos desta natureza no sentido de fornecer uma caracterização mais elaborada desse ecossistema. E ainda, para que ações possam ser tomadas no sentido de restaurar, preservar e conservar esse ambiente.

Referências

- Barbosa AHS, Silva CSP, Araújo SE, Lima TBB, Dantas IM (2016) Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do Rio Apodi-Mossoró. *Revista Holos* 7:121-132.
- Barboza LG (2011) O biomonitoramento aquático como ferramenta de gestão ambiental. Dissertation, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Belmejo L, Martos HL (2008) Utilização de *Xiphophorus helleri* como bioindicador de poluição hídrica de derivados de petróleo em condições tropicais. *Revista Eletrônica de Biologia* 1:1-17.
- Brasil (1997) Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acessado dezembro 17, 2018.
- Cgee. (2013). Documento síntese do estado da arte dos sistemas de monitoramentos de impacto das mudanças climáticas em países selecionados. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília DF.
- Couceiro SRM, Hamada N (2011) Os instrumentos da política nacional de recursos hídricos na região norte do Brasil. *Revista Oecologia Australis* 15:762-774.
- Colpo KD, Brasil MT, Camargo BV (2009) Macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas orizícolas e pelos de origem urbana/industrial. *Revista Ciência Rural* 39:2087-2092.
- Delpla A, Jung V, Baures, E, Clement M (2011). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environmental International* 35:1225-1233.
- Espindola SCM, Camargo FV (2018) Caracterização Morfológica da Fauna de Macroinvertebrados Bentônicos da Cachoeira Itagyba no Município de Delfim Moreira, Minas Gerais. *Revista Científica Universitas, Itajubá*, 5: 1-10.
- Ferreira WR, Rodrigues DN, Alves CBM, Callisto M (2012) Biomonitoramento de longo prazo da bacia do rio das Velhas através de um índice multimétrico bentônico. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 17:253-259.
- Fuentes, EV (2015). Ecologia do fitoplâncton na lagoa do Peri: influência da variabilidade climática interanual sobre a limnologia e a dinâmica da comunidade de cianobactérias. Tesis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Marengo, JA, Tomasella J, Nobre CA (2017). Climate Change and Water Resources. In: Mattos Bicudo CE, Tundisi JGS, Scheuenstuhl MCB (ed) *Water of Brazil* pp.171-186.
- Milesi SV, Biasi C, Restello RM, Hepp LU (2008) Efeito de metais cobre (Cu) e zinco (Zn) sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos do sul do Brasil. *Revista Acta Scientiarum. Biological Sciences* 30:283-289.
- Moreno TR, Rocha RM (2012) Ecologia de costões rochosos. *Revista Estudos de Biologia* 34: 191-201.
- Mugnai R, Nessimian JL, Baptista DF (2010) Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.
- Oliveira Filho PC, Dutra AM, Ceruti FC (2012) Qualidade das águas superficiais e o uso da terra: estudo de caso pontual em bacia hidrográfica do Oeste do Paraná. 19:32-43.

-
- Pereira OS (2012) Avaliação da integridade ecológica da água utilizando bioindicadores em rios da baixada litorânea e norte fluminense, Rio de Janeiro. Dissertação, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca- ENSP.
- Pimenta SM, Boaventura GR, Pena AP, Ribeiro TG (2016) Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. *Revista Ambiente & Água, Taubaté* 11:198-210.
- Ramos CI, Rosini EF (2017) Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água da bacia hidrográfica Popuca-Botinhas, Guarulhos (SP). *Revista Saúde* 11: 13-21.
- Repula CMM, Campos BK, Ganzarolli EM, Lopes MC, Quináia SP (2012) Biomonitoramento de Cr E Pb em peixes de água doce. *Revista Química Nova* 35:905-909.
- Santos JWMC, Alves GBM (2014) Modelagem do potencial de poluição hídrica da bacia hidrográfica do rio Manso – MT. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba* 5: 289-304
- Schwab EJ (2017) Macroinvertebrados bentônicos na avaliação de impactos ambientais. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade* 11:101-117.
- Silva HP (2017) Os riscos dos agrotóxicos na saúde e no ambiente: estudo de caso na zona rural de Ipangaçu/RN. *Tecnólogo em Agroecologia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.*
- Silva MC, Miranda JP, Brígida RS, Monteiro VG, Lima LO (2011) Avaliação e caracterização do estado de conservação ambiental do córrego São Luiz em Conceição do Araguaia- Pará através do protocolo de avaliação rápida. *Revista Eletrônica do IBEAS* 2:1-9.
- Silva MR, Campos ACE, Bohm FZ (2013) Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais. *Revista SaBios* 8:46-58.
- Silva RA (2015) Desenvolvimento de uma chave para apoio no diagnóstico e na tomada de decisão de ações de recuperação ambiental de recursos d'água e adjacências. Dissertação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- Souza AHFF, Abílio FJP, Ribeiro LL (2008) Colonização e Sucessão ecológica do zoobentos em substratos artificiais no açude jatobá I, Patos-PB, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 8:125-144.
- Souza GAC, Furtado CM, Keppeler EC (2011) Variabilidade espacial de variáveis limnológicas e coliformes fecais do igarapé preto, em cruzeiro do sul-AC. *Revista Ensaio e Ciências: Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde* 15:65-80.
- Tanaka MO, Souza ALT, Moschini LE, Oliveira AK (2016) Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. *Revista ELSEVER* 216: 333-339.
- Vianna SC, Sanquetta CR. (2012). Mudanças climáticas e o fitoplâncton marinho: uma revisão *Enciclopédia Biosfera* 8: 1883-1901.
- Volpato SB (2013) Recuperação ambiental de ecossistemas aquáticos em regiões estuarinas: estudos aplicados para o tratamento e disposição de sedimentos contaminados pela drenagem ácida de mina na bacia hidrográfica do rio Urussanga/SC. Dissertação, Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC.
- Yokoyama E, Paciencia GP, Bispo PC, Oliveira LG, Bispo PC (2012) A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil. *Revista Ambiência, Guarapuava* 8:73-84.
- Winder M, Somers U. (2012) Phytoplankton response to a changing climate *Hydrobiologia* 608:5 – 16.
- Zanetti DP (2011) A *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) é uma boa espécie indicadora da qualidade ambiental? Estudo de caso da Área de Proteção Ambiental do Rio Mamanguape PB. Dissertação, Universidade Federal da Paraíba.