

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA SELEÇÃO DE BIOINDICADORES PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE EFLUENTES

Yenê Medeiros Paz¹; Marília de Macêdo Almeida²; Nikolle Aravanis³; Soraya Giovanetti El-Deir⁴

Resumo – Com o desenvolvimento tecnológico a geração de resíduos tem aumentado cada vez mais, tendo contido substâncias distintas que merecem tratamentos diferenciados. Devido ao descarte desses resíduos de forma inadequada pelo homem, inúmeros são os impactos ambientais. Uma alternativa para a minimização desses aspectos é a realização de tratamentos previamente a seu lançamento, como ocorre com os efluentes que devem passar por estações de tratamento antes de retornar aos mananciais. Para acompanhamento da qualidade do tratamento desses efluentes, contendo compostos e substâncias a níveis aceitáveis a proposta é a utilização de bioindicadores para avaliação das condições do efluente tratado. Para tal o objetivo do presente trabalho foi realização a proposição de uma metodologia para seleção de bioindicadores ideais para monitoramento de tratamento de efluentes. A escolha das espécies inicia-se com a caracterização do efluente, pois de acordo com a atividade desenvolvida suas características podem ser diferentes. E para avaliação do bioindicador se propôs a avaliação quali-quantitativa através de uma tabela com parâmetros para bioindicadores ideais, seguido da análise de sua tipologia.

Palavras-Chave – Bioindicadores, Efluentes, Metodologia

PROPOSED METHODOLOGY FOR SELECTION OF BIOINDICATORS ENVIRONMENTAL QUALITY MONITORING WASTEWATER

Abstract – With technological development waste generation has grown increasingly have contained distinct substances that deserve different treatment. Due to the disposal of these wastes improperly by man, there are numerous environmental impacts. An alternative to minimize these aspects is conducting treatments prior to its release, as occurs with the effluent must pass through treatment plants before returning to the sources. To monitor the quality of the treatment of effluents containing compounds and substances to acceptable levels the proposal is the use of biomarkers to assess the conditions of the treated effluent. To this end the aim of this work was achieving the proposition of a methodology for selection of optimal biomarkers for monitoring wastewater treatment. The choice of species begins with a characterization of the effluent, because according to the activity carried characteristics may be different. And to evaluate the proposed bioindicator qualitative and quantitative evaluation through a table with parameters for ideal biomarkers, followed by analysis of their typology.

Keywords – Bioindicators, Wastewater, Methodology

¹ Mestranda da Pós graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pesquisadora do Grupo Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe), yenemedeiros@hotmail.com

² Mestranda da Pós graduação em Engenharia Ambiental pela UFRPE, Pesquisadora do Gampe, mariliaa.almeida@yahoo.com.br

³ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela UFRPE, Pesquisadora do Gampe, nikollearavanis@gmail.com

⁴ Docente da UFRPE e Pesquisadora líder do Gampe, soravageldeir@gmail.com

1. Introdução

A manutenção da qualidade dos recursos hídricos, tanto para o consumo industrial como doméstico, obriga ao estabelecimento de um controle de parâmetros previamente estabelecidos, de modo a permitir a preservação da fauna e flora, além do reaproveitamento das águas dos mananciais (FERREIRA FILHO & CHUI, 2006). Inúmeras são as substâncias químicas conhecidas que podem provocar alguma contaminação ambiental, essas podem ser encontradas em compostos químicos de utilidade doméstica, industrial e agrícola (FONTENELE et al., 2010; LINS et al., 2010). Com isso se faz necessário a colocação da definição de Poluição dada por Aguiar et al. (2002) onde qualquer alteração física, química ou biológica que produza modificação no ciclo biológico normal e que levem a uma interferência na composição da fauna e da flora do meio é considerada poluição. Para que essas alterações não ocorram, as normativas estabelecem padrões para o lançamento de determinadas substâncias na natureza. De acordo com a Resolução Conama 357/05 as condições de lançamento de efluentes se referem a condições e padrões de emissão para o controle de lançamentos no corpo receptor. Ainda faz menção que o lançamento dos efluentes de qualquer fonte poluidora, somente poderá ocorrer, direta ou indiretamente nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências das normas aplicáveis.

Os avanços das tecnologias alternativas para o tratamento e remediação de efluentes, dentre elas os processos oxidativos avançados, vêm contribuindo para o desenvolvimento do controle da poluição ambiental e a melhoria da qualidade dos corpos hídricos (ALMEIDA et al., 2004). Contudo um acompanhamento do desempenho dos sistemas de tratamento desses são fundamentais para que sejam cumpridos os padrões de lançamento (OLIVEIRA & VON SPERLING, 2007). Como ainda apresentado pelos autores a confiabilidade desses sistemas de tratamento pode ser relacionada com a porcentagem de tempo em que se conseguem as concentrações esperadas no efluente. Contudo uma problemática encontrada é a de que muitas empresas focam em adequações e metas da Norma ISO 14000, contudo não se prendem a confiabilidade metrológica de suas medições, assim como alguns auditores em situações de avaliação (FERREIRA FILHO & CHUI, 2006).

Dessa forma o uso de organismos vivos como Bioindicadores para acompanhamento da qualidade de efluentes tratados pode ser utilizado, pois “permite apontar a probabilidade de um agente estressor causar efeito adverso no ambiente” (ANDRÉA, 2008). Os Bioindicadores podem ser definidos como espécies que respondem a estímulos específicos, onde essa resposta será importante para diagnosticar o impacto ambiental ocorrido em seu habitat. Para ser considerado um bom bioindicador a espécie tem que ser analisada e estudada, pois suas características biológicas e comportamentais irão determinar sua eficiência para bioindicar uma perturbação ambiental.

“Bioindicadores, de uma maneira geral, são seres vivos de natureza diversa, vegetais ou animais, utilizados para avaliação da qualidade ambiental. Podem ser utilizados de uma forma passiva, quando se procede uma avaliação dos seres que habitam a área de estudo, ou de uma forma ativa, expondo-se no ambiente espécies previamente preparadas. Tal exposição possibilitará, a partir de sua resposta, a avaliação da qualidade ambiental local” (CETESB, 2013). Essas medidas são também importantes feitas para caracterizar a saúde do ambiente, indicar o grau de perigo e dar suporte às determinações dos possíveis riscos ecológicos de mudanças na saúde do ambiente (ANDRÉA, 2008).

O objetivo do presente trabalho foi realização a proposição de uma metodologia para seleção de bioindicadores ideais para monitoramento de tratamento de efluentes.

2. Caracterização dos Efluentes

Segundo a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM) os efluentes ao serem lançados em corpos hídricos alteram as suas condições naturais, tendo alto teor de matéria orgânica afetam na disponibilidade de oxigênio dissolvido (OD), acarretando em morte de vida aquática e relacionado a aspectos sanitários valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) podem indicar um incremento na micro-flora e causar interferências no equilíbrio da vida aquática. E como trata Lima et al. (2006) a DBO é um dos principais parâmetros para se avaliar a qualidade da água. Valente et al. (2013) conceitua a DBO como sendo um “indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração”.

De acordo com a Resolução Conama 430/11 (BRASIL, 2011) foram estabelecidas algumas condições para o lançamento de efluentes: pH entre 5 a 9; temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura; materiais sedimentáveis: até 1 mL.L⁻¹ em teste de 1 hora em cone *Imhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente; óleos e graxas: óleos minerais: até 20mg.L⁻¹; óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg.L⁻¹; ausência de materiais flutuantes; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

“As águas que compõe o esgoto doméstico, compreendem as águas utilizadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários”. Já os efluentes industriais apresentam uma alta variação na sua composição e vazão, de acordo com o processo produtivo da indústria, esses são advindos basicamente de águas sanitárias, águas de refrigeração e águas de processos (PEREIRA, 2004). O tipo de efluente de indústrias também pode variar de acordo com o tipo de indústria, seja esta química, têxtil, alimentícia, de refino, celulose, de curtumes, de fertilizantes, Siderúrgica, metalúrgica, etc. Daí a importância de estudar as características de um determinado efluente afim de entender a melhor forma de tratamento.

Pode-se ainda salientar a importância que se tem da realização de um gerenciamento adequado dos resíduos, e a forma como estes são descartados para que não ocorram alterações no ambiente natural e com isso consequências para a biodiversidade (LINS et al., 2010).

3. Metodologia para seleção de Bioindicadores

Usualmente são realizadas análises físico-químicas para monitoramento da qualidade do efluente tendo como comparativos padrões estabelecidos pelas normativas. Contudo além desses parâmetros podem se utilizar espécies que vão indicar a qualidade do ambiente através de reações específicas a determinados contaminantes. Daí também a necessidade de se conhecer primeiramente as características do efluente, seus principais contaminantes e como estes podem provocar impactos

na biota. “A utilização dos bioindicadores é extremamente útil, especialmente para a avaliação de impactos ambientais decorrentes de descargas pontuais de esgotos domésticos e efluentes industriais” (CALLISTO et al., 2004), visto que a biota aquática fica exposta a esses impactos (ARIAS et al., 2007). Os impactos podem ter resultados sobre comportamento das espécies, alterações físicas, genéticas, ecológicas e muitas vezes podem ser letais. “A ecotoxicologia é a ciência que estuda o comportamento e as transformações de agentes químicos no ambiente, assim como seus efeitos sobre a biota” (MEDEIROS & BORGES 2010). Testes de ecotoxicidade são métodos utilizados para detectar e avaliar a capacidade de um agente tóxico provocar efeito nocivo (BRASIL, 2011), sendo estes estudos fundamentais para o monitoramento de efluentes (OLIVEIRA et al., 2011).

A escolha das espécies deve ser baseada primeiramente no estudo de dados ecológicos (nicho e habitat) e de sua sistemática, para avaliar se as espécies podem ser introduzidas num ambiente e quais as necessidades dessa para desenvolverem seu ciclo de vida. E se essas são sensíveis a alguma das variáveis a que serão submetidas. “Os bioindicadores mais utilizados são aqueles capazes de diferenciar entre fenômenos naturais (p.ex. mudanças de estação e ciclos de chuva-seca) e estresses de origem antrópica, relacionados a fontes de poluição pontuais ou difusas” (CALLISTO et al., 2004). De acordo com Vampre et al. (2010) o uso dos bioindicadores aponta para a probabilidade de um agente estressor, como contaminantes ou alterações físicas, causadores de efeitos adversos no ambiente e nas populações.

Arias et al. (2007) aponta as características mais importantes dos bioindicadores: “a) permitem identificar as interações que ocorrem entre os contaminantes e os organismos vivos; b) possibilitam a mensuração de efeitos sub-letais. Esta última característica permite pôr em prática ações remediadoras ou, melhor ainda, ações preventivas. Daí a importância e o interesse atual de incorporação da análise de bioindicadores em programas de avaliação da contaminação ambiental” (ARIAS, et al., 2007). Contudo, para acompanhamento da espécie é fundamental que se conheça como o fator antrópico atua sobre os organismos, sendo uma bioindicação direta, quando relacionado ao seu sistema biológico ou indireta podendo ter respostas nos seres, populações ou estrutura da comunidade biológica (NEUMANN & EL-DEIR, 2009).

Através dos critérios propostos por Johnson et al., (1993) *apud* Neumann e El-deir (2009) foi desenvolvido um método de *rankagem*, com notas variando de um a cinco, respectivamente indicando: mínima representatividade, baixa representatividade, média representatividade, boa representatividade e excelente representatividade, para pontuar os parâmetros de acordo com as características da espécie (Tabela 1). Essa tabela pode ser utilizada para realização de comparativo entre duas ou mais espécies para identificação da espécie que mais se adequa as condições que se quer analisar. Para um diagnóstico mais aprofundado das características, indica-se o estabelecimento de pesos para cada um dos parâmetros de forma a se obter a pontuação final do bioindicador através de uma média ponderada.

Tabela 1 - Análise de parâmetros para estabelecimento de um Bioindicador ideal

Parâmetros	Pesos	Nota
Taxonomicamente bem definida		
Facilmente reconhecível por não especialistas		
Apresentar distribuição geográfica ampla		
Ser abundante		
Ter baixa variedade genética e ecológica		
Ter preferencialmente um tamanho grande		
Apresentar longo ciclo de vida		
Apresentar baixa mobilidade		
Dispor de características ecológicas bem conhecidas		
Ter possibilidade de uso em estudos em laboratório		
MÉDIA		

Os aspectos listados acima (Tabela 1) tem sua importância na seleção de espécies bioindicadores devido: a) Taxonomia: deve-se estudar a taxonomia da espécie e verificar se esta encontra-se bem definida, além de analisar outras espécie do mesmo gênero e verificar suas características morfológicas e funcionais, assim como suas respostas à contaminantes específicos; b) Facilmente reconhecível por não especialistas: este aspecto é de grande relevância, pois a coleta é facilitada quando a espécie possui características físicas bem definidas; c) Distribuição geográfica ampla: dessa forma o trabalho pode ser replicável e não fica restrito a pesquisas locais; d) Ser abundante: também reflete na facilidade da coleta da espécie a ser analisada; e) Variabilidade genética e ecológica: este fator tem relação com a evolução, mutação e capacidade de adaptação. A espécie escolhida deve ter baixa variabilidade e características sempre bem definidas; f) Tamanho: organismos macroscópicos são visualizados a olho nu e dessa forma são melhor identificados; g) Ciclo de vida: ciclos mais longos facilitam análises temporais; h) Mobilidade: espécies com baixa mobilidade são indicadas pois sofrem alterações no mesmo ambiente em que fornecem as respostas, contribuindo na análise de causa e efeito; i) Características ecológicas: nicho, habitat e as interações dos fatores bióticos e abióticos com a espécie são algumas das características que deve-se levantar da espécie bioindicadora; j) Estudos em laboratório: algumas respostas fornecidas pelas espécies só podem ser diagnosticadas através de análises laboratoriais.

Após a análise sob os critérios propostos é fundamental a descrição das tipologias dos bioindicadores para verificação da adequação do trabalho a que se pretende realizar. Neumann e El-deir (2009) consolidam algumas características com relação a vários aspectos:

- Com relação a sucessão ecológica: R-estrategista ou K-estrategista.
- Com relação ao tempo de resposta: curto ou longo.
- Com relação a análise temporal: podem não apresentar resposta (*no effect level*); ter uma única resposta e voltar a não apresentar reação (*upper effect level*); ser repentina e intensa e voltar a normalidade; reagir desde o início; ter reação forte no início mas enfraquecida com o tempo; ter reação forte até o alcance do ponto máximo e reduzir; apresentar oscilações de reações.

- d) Com relação a finalidade: biomonitor, sentinela, acumulador, detector, explorador e/ou para bioensaios.
- e) Com relação a especificidade da reação a fatores ambientais: específica e não específica.
- f) Com relação a reação provocada no bioindicador: sensível ou acumulativo.

4. Conclusões

O uso de bioindicadores para monitoramento da qualidade de efluentes tratados é indicado visto que se pode acompanhar alterações em determinadas espécies e observar os impactos diretos e indiretos ocasionados pelo efluente devido suas características físico-químicas. Através do diagnóstico das alterações provocadas nas espécies bioindicadoras, pode-se modificar as etapas de tratamento do efluente, buscando-se aumentar a eficiência e reduzir impactos à biota.

A metodologia desenvolvida consegue contribuir para a seleção de bioindicadores ideais para o monitoramento da eficiência de tratamento de efluentes, contudo indica-se para a consolidação da escolha dos organismos um aprofundamento maior das espécies por meio de especialistas em biologia animal com conhecimentos da taxonomia da espécie. É importante que a espécie selecionada indique alterações específicas, não sendo sensível a quaisquer alterações, pois desta forma consegue-se observar as relações causa-efeito de forma mais clara.

O estudo de identificação de espécies bioindicadoras deve ser precedido pela avaliação do efluente, suas características físico-químicas e sua procedência (atividade geradora), pois a escolha de um bioindicador é algo específico para uma determinada situação, podendo uma espécie ser adequada para um estudo, e deficitária para outros.

AGRADECIMENTOS

Capex e a Facepe pelo auxílio financeiro a pesquisa às mestrandas do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB/UFRPE).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. R. M. P. de; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. (2002) Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminos silicatos. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 25, n. 6b .

ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A.; DURAN, N. (2004) Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. *Quím. Nova*, v. 27, n. 5.

ANDRÉA, M. M. Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos. (2008) *Comunicado técnico*. n. 83. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=83#>. Acessado em: 21 de abr. de 2013

ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C. DE; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M., M.; MUGNAI, R.; FERNANDES, D. (2007). Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(1), 61-72.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 18 mar. 2005, p. 58-63

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. . *Diário Oficial da União*, 16 maio 2011.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, Jr., J. F.; MORENO, P. (2004) Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: *Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais*. Belo Horizonte : UFMG, 2004. v. 1, p. 1-12.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Bioindicadores. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/informacoes-B%C3%A1sicas/Vegeta%C3%A7%C3%A3o/8-Bioindicadores>>. Acessado em: 09 de abr. 2013.

FERREIRA FILHO, E. A.; CHUI, Q. S. H. (2006) Qualidade de medições e neutralização de efluentes alcalinos com dióxido de carbono. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 11, n. 2.

FONTENELE, E. G. P.; MARTINS, M. R. A.; QUIDUTE, A. R. P.; MONTENEGRO JUNIOR, R. M. (2010) Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. *Arq Bras Endocrinol Metab*, v. 54, n. 1.

LIMA, L. S. e; FILHO, H. J. I.; CHAVES, F. J. M. (2006) Determinação de demanda bioquímica de oxigênio para teores $\leq 5 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$. *Revista Analytica*. n.25.

LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G.; QUEIROZ, V. S.; CIRIO, S. M. (2010) Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.*, Curitiba, v. 8, n. 4, pp. 469-484.

NEUMANN-LEITÃO, S.; EL-DEIR, S. G. (2009) O uso de Bioindicadores no monitoramento da Qualidade ambiental. In: *Bioindicadores da Qualidade Ambiental*. Org por Neumann-Leitão, S. e El-deir, S. Recife, Instituto Pró Cidadania. pp 19-49.

OLIVEIRA, J. M. de; AREND, C. O.; GERBER, W. D. (2011) Toxicidade em efluentes industriais. *Dossiê Técnico do Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas*. Disponível em: <http://wwwapp.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/proximos_cursos/Toxicidade%20em%20efluentes%20industriais.pdf> Acessado em: 29 abr. 2013

OLIVEIRA, S. C.; VON SPERLING, M. (2007) Análise da confiabilidade de estações de tratamento de esgotos. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 12, n. 4.

PEREIRA, R. S. (2004). Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*. Vol 1, n.1, pp 20-36

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. (2013) Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. *Eclét. Quím.*, São Paulo.