

Meio Ambiente e Desenvolvimento

os desafios da sustentabilidade ambiental

Denise Dias da Cruz

George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

Bartolomeu Israel de Souza

Reinaldo Farias Paiva de Lucena

(Organizadores)



Denise Dias da Cruz
George Emmanuel Cavalcanti de Miranda
Bartolomeu Israel de Souza
Reinaldo Farias Paiva de Lucena
(Organizadores)

Meio Ambiente e Desenvolvimento

os desafios da sustentabilidade ambiental

Editora UFPB

João Pessoa

2019

Direitos autorais 2019 – Editora UFPB

Efetuada o Depósito Legal na Biblioteca Nacional, conforme a Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

Todos os direitos reservados à Editora UFPB

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio.

A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998) é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do autor.

Impresso no Brasil. *Printed in Brazil.*

Editora UFPB

Ana Gabriella Carvalho

Catálogo na publicação

Seção de Catalogação e Classificação

MS14 Meio ambiente e desenvolvimento: os desafios da sustentabilidade / Organizadores: Denise Dias da Cruz – [et al.]. - João Pessoa: Editora UFPB, 2019.

182 p. : il.

ISBN 978-85-237-1408-6

1. Conservação do ambiente. 2. Saúde e meio ambiente. 3. Homem - Recursos naturais. 4. Inundações - Prevenção. 5. Biocombustíveis sustentáveis. I. Cruz, Denise Dias da. II. Título.

UFPB/BC

CDU 5021

Perfil sociodemográfico e epidemiológico das arboviroses na comunidade Santa Bárbara, João Pessoa – Brasil 59

Claudenice Rodrigues do Nascimento
Fabiola Fialho Furtado Gouvêa
Carmem Gabriela Gomes de Figueiredo
Breno Henrique Marques
Marília Gabriela dos Santos Cavalcanti

Estudo da vazão de um sistema de bombeamento de água utilizando fonte de energia híbrida renovável 69

Marcos de Oliveira Santos
Igor Adriano de Oliveira Reis
Raimundo Aprigio de Menezes Junior

Biomassa de coco verde e biocombustíveis sustentáveis 81

Sarah Ingrid dos Santos Silva
Aruzza Mabel de Moraes Araújo
Amanda Duarte Gondim
Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro
Nataly Albuquerque dos Santos

Emissões veiculares e biocombustíveis sustentáveis 89

Larissa Cavalcanti de Sousa Medeiros
Luciana Alves da Nóbrega
Rhafael Cainã Santos de Melo
Marcia Helena Pontieri
Nataly Albuquerque dos Santos

Potencialidades da implementação da comunidade do biofilme na reabilitação de ambientes aquáticos 99

Ana Maria Antão-Geraldes
Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

POTENCIALIDADES DA IMPLEMENTAÇÃO DA COMUNIDADE DO BIOFILME NA REABILITAÇÃO DE AMBIENTES AQUÁTICOS

Ana Maria Antão-Geraldes⁽¹⁾, Maria Cristina Crispim⁽²⁾

¹ Centro de Investigação de Montanha, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal

² Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil

geraldes@ipb.pt; ccrispim@hotmail.com

Resumo

Os ecossistemas aquáticos recebem grandes cargas orgânicas, como efluentes de ações humanas, como esgotos e fertilizantes, isso torna os ambientes eutrofizados, o que é o caminho da degradação ambiental. Isso requer ações de reversão dessa situação ambiental, visto que águas eutrofizadas reduzem as opções de uso pelo ser humano. Tecnologias sustentáveis do ponto de vista ambiental e econômico, como é o caso da utilização de biofilme (perifiton), através da utilização de substratos artificiais para aumentar o habitat disponível para essa comunidade têm vindo a tornar-se opções interessantes na reabilitação de ecossistemas aquáticos eutrofizados. Assim, o objetivo

principal deste trabalho é avaliar o potencial de utilização desta tecnologia em diferentes ambientes aquáticos, através da revisão de pesquisas de biorremediação no Brasil e em Portugal, sob diferentes condições climáticas, para validar o método em diferentes condições ambientais. Os resultados demonstram a viabilidade desta metodologia, que pode ser utilizada em ambientes lênticos (açudes, Estações de Tratamento de Esgoto) e lóticos (rios). Este capítulo discute também a aplicabilidade futura desta técnica.

Introdução

Os sistemas aquáticos oferecem uma vasta gama de serviços ambientais aos habitantes dos espaços rurais e urbanos. No entanto, o mau ordenamento territorial e as más práticas agrícolas têm causado a degradação acelerada destes ecossistemas, reduzindo de forma muito acentuada a sua capacidade de autodepuração. A Diretiva Quadro da Água (2000/60/CE), transposta para o direito interno português pela Lei n.º 58/2005, de 29/12, tem por objetivo assegurar a gestão integrada e sustentável dos sistemas

aquáticos europeus de forma a que atinjam o bom estado ecológico a partir de 2015. O fósforo é um nutriente limitante, influenciando, a produção primária. Assim, a redução/prevenção dos efeitos da eutrofização passa pela diminuição deste nutriente e também do nitrogênio (nutriente co-limitante da produção primária) nos ecossistemas aquáticos (Wetzel, 2001). Uma das metodologias de biorremediação que pode ser utilizada é o aumento do habitat do perifiton (biofilme), utilizando substratos artificiais submersos, com objetivo de promover o crescimento e o aumento da biomassa desta comunidade, incrementando, assim, a capacidade de auto-depuração dos ecossistemas aquáticos (Pérez, 2015, Marinho, 2018). De acordo com vários autores, a utilização de biofilme apresenta várias vantagens relativamente a outras tecnologias, pois: (a) é constituído por vários tipos de organismos (microalgas, fungos, bactérias, protozoários e também por pequenos animais); ou seja, como é uma comunidade completa ocorrem processos de produção, consumo e decomposição, tornando o tratamento mais eficaz; (b) pode ser encontrado em qualquer zona do curso

de água; (c) tem um papel importante no processo de reciclagem e transferência de nutrientes; (d) está fixo a um dado substrato, e (f) é facilmente incorporado em bioreactores. Todos estes aspetos, incluindo esta tecnologia ser barata e amiga do ambiente, fazem com que o biofilme possa vir a ser uma ferramenta interessante para promover a biorremediação de sistemas aquáticos eutrofizados (Vymazal, 1988; Lu et al, 2014; Wu et al; 2014; 2017; Ma et al, 2018). Comparando a eficácia de biofilme e macrófitas (*Eichhornia crassipes*) como biorremediadores Crispim et al. (2009) constatarem em trabalho experimental, que apesar da macrófita retirar nutrientes, o biofilme foi mais eficiente, principalmente na remoção de fósforo na quantidade de nutrientes presente no experimento.

A proposta de uso do biofilme como biorremediador é em consequência do biofilme poder ser responsável por até cerca de 90% da produção primária em um ambiente aquático (Wetzel, 1990). Isso mostra a capacidade que esta comunidade tem de retirar nutrientes da água. Por ser composta por uma comunidade, ao contrário das macrófitas, que são apenas plantas (embora também

desenvolvam biofilme nas superfícies afundadas), com uma maior quantidade de biofilme o efeito será mais benéfico. Por outro lado, enquanto que as macrófitas podem criar problemas ambientais pelo seu crescimento sem controle, o biofilme é alimento de muitas espécies de peixes, que ao predarem-no, liberam novos espaços para nova colonização, mantendo o crescimento sempre em fase exponencial, com maior eficiência na remoção de nutrientes e evitando a sua decomposição com a consequente liberação de nutrientes na água novamente.

Bioteχνologias são metodologias relativamente recentes, que se apresentam eficazes na recuperação ambiental, embora por vezes apresentem efeitos mais lentos que outras metodologias mais agressivas. Testando estas metodologias, que não apresentam impactos negativos ao ambiente, tencionamos ser capazes de retirar quantidades razoáveis de nutrientes do sistema aquático, de forma a que os processos de aumento de estado trófico, que continuarão a existir, em consequência da evaporação da água, não atinjam estágios mais elevados, tornando a água potável, por mais tempo. No caso da biorremediação

utilizando o biofilme como remediador, o tempo requerido para se verificarem melhorias no ambiente é curto, o que é um fator positivo dentro desta metodologia com o tratamento proposto.

Na Europa, em alguns trabalhos de investigação pioneiros, realizados na Alemanha e Polônia (ver Jöbgen et al, 2004; Szlauer-Łukaszewska, 2007), foram colocadas em lagos bandas de polietileno (plástico) e polipropileno como o objetivo de aumentar o habitat disponível para o perifiton. Estes revelaram resultados promissores na melhoria da qualidade da água destes ecossistemas. Em Portugal, são desconhecidos, pelos autores, estudos similares aos mencionados. No Brasil, a equipe de pesquisa do Laboratório de Ecologia Aquática da Universidade Federal da Paraíba, vem realizando pesquisa nesse sentido, desde 2004. Assim, o objetivo do presente trabalho, é testar a eficácia desta metodologia, baseada em diversas pesquisas de mestrado e doutorado, a maioria vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Ambiente e a iniciar-se no presente momento, num trecho

eutrofizado de um rio urbano influenciado pelo clima mediterrânico (Bragança, Portugal).

METODOLOGIA

Esta pesquisa é baseada em dados secundários, da própria equipe de pesquisa dos autores. Foi feito um levantamento de trabalhos realizados, através de dissertações de mestrado e teses de doutorado, para análise do uso do biofilme como biorremediador, com exceção dos dados de Portugal, que são dados primários e ainda não publicados. Os resultados são comparados e discutidos no final.

Resultados e discussão

As pesquisas com o uso de biofilme como biorremediador, pela equipe de pesquisa do Laboratório de Ecologia Aquática-LABEA da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, foram iniciadas em 2004, com o uso de limnocurrais (Fig. 1) no Açude dos Namorados, no município de S. João do Cariri, Paraíba, através da dissertação de mestrado de Glécia Trinta de Paula Freitas

Ramos. Nessa altura foram inseridas cortinas de plástico dentro dos limnocurrais, mas o resultado foi muito diferente apenas comparando com o ambiente externo ao experimento (açude) porque o próprio plástico do limnocurral apresentou efeito biorremediador. Por exemplo, analisando a profundidade do disco de Secchi (transparência), o açude apresentou no final do experimento (75 dias) cerca de 0,60m, no controle experimental 2,3 m e na presença do biofilme 2,5 m (Ramos, 2006). Esse primeiro experimento foi promissor e outros se seguiram na sequência.

Em 2008, novo experimento foi realizado, desta vez em mesocosmos fora do açude, em 9 caixas de água de 500L, sendo 3 caixas com macrófitas, 3 com biofilme (cortinas de plástico) e 3 sem nada, sendo o controle. O Açude Padre Azevedo na Fazenda Pactuba em Sapé era usado para piscicultura em tanques rede e apresentava-se eutrofizado. Esse experimento demonstrou que nessas condições de nutrientes, o biofilme foi mais eficiente que a macrófita aquática na retirada de compostos nitrogenados e fosfatados. No caso do fósforo o biofilme conseguiu

remover 57% deste composto, enquanto que a macrófita adicionou 393% (Crispim et al., 2009).

A partir de 2010, outros experimentos foram realizados num tanque localizado no DSE/CCEN/UFPB. Como não tinha outro tanque as réplicas eram feitas no tempo, colocando e retirando cortinas de plástico da água do tanque. Algumas variáveis que representam melhor qualidade de água melhoravam quando se colocavam os plásticos, como o oxigênio e a transparência que aumentavam, o pH e as concentrações de clorofila-*a* que diminuíam.



Fig. 1 – Limnocurrais colocados no Açude dos Namorados em São João do Cariri, Paraíba, para testar o biofilme como biorremediador. Foto:

Glécia Freitas

Em 2012, foi realizado um experimento *in situ* no Açude Manoel Marcionilo, no município de Taperoá, Paraíba, através da dissertação de mestrado de Jhazira Mantilla Pérez, com a inserção de 10 módulos de madeira de 4 x 3 m e cortinas de plástico penduradas (Fig. 2). Esse experimento, apesar de ser em um ambiente maior, também demonstrou funcionar, na diminuição de nutrientes presentes na água. Entre os resultados positivos obteve-se aumento de oxigênio dissolvido e na transparência da água. A redução de nutrientes só foi possível observar na presença de bioindicadores, em que espécies indicadoras de ambientes mais eutrofizados, como o cladócero *Moina minuta* e o copépode ciclopoide foram registrados fora da influência do biofilme, enquanto espécies indicadoras de ambientes menos eutrofizados, como os copépodes calanoides foram mais abundantes em áreas com a influência do biotratamento (Pérez, 2015).

A pesquisa deu continuidade, em 2014, em ambientes aquáticos artificiais, como lagoa facultativa em Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), através da dissertação de mestrado de Cyntya Eustáquio de Sousa. Foi realizada na ETE de João Pessoa, no bairro de Mangabeira. O experimento foi também em mesocosmos, fora do ambiente, em caixas de água de 500L, por 40 dias. Os resultados demonstraram uma grande capacidade de remoção de nutrientes, aumento de oxigênio e de transparência da água. A amônia foi reduzida em 62,5%, o nitrito em 77,7%, o nitrato em 51,1%, o ortofosfato em 37,0%, a concentração de clorofila-a em 95,8% e a densidade de cianobactérias decresceu em 70,0% e aumentou a transparência em 317% (SOUSA, 2015). Novamente o sistema de biorremediação utilizando o biofilme apresentou resultados positivos e muito promissores, como forma de melhoramento dos efluentes de ETEs, retirando nutrientes, aumentando a transparência e diminuindo as densidades de cianobactérias.

Após a utilização do biofilme com sucesso em águas lânticas, a questão que faltava responder, é se teria a

mesma eficácia em sistemas lóticos, e foi testado em um projeto de doutorado de Flávia Martins Franco de Oliveira e de mestrado de Randolpho Savio Marinho de biorremediação no Rio do Cabelo, um rio urbano da cidade de João Pessoa. Este rio é um rio cheio de impactos ambientais, logo nas áreas de nascentes são despejados



Fig. 2 – Módulo de madeira, com garrafas pet como flutuadores, e cortinas de plástico como substrato para o biofilme (esquerda), com biofilme (direita), instalados no Açude Manoel Marcionilo, em Taperoá, Paraíba, como biotratamento da qualidade da água. Foto: Cristina Crispim, 2012

esgotos sem tratamento. A comprovação da origem dos nutrientes no rio pode ser observada em análises de

coliformes que foram realizadas e que mostram que no início do rio, haviam 120.000 coliformes, enquanto a norma do CONAMA (2005) preconiza valores máximos destes organismos de 2500, para rios de classe 3 e para uso recreativo.

No rio foram utilizadas também cortinas de plástico e este apresenta alguns bancos de macrófitas. Os resultados também foram muito positivos, demonstrando a eficácia deste biotratamento, mesmo em águas lólicas.

No Rio do Cabelo foi possível observar mudanças a olho nu na transparência da água, antes e após o uso do biofilme, como pode ser observado na figura 3.

Outras variáveis também melhoraram após o biotratamento, como por exemplo, o fósforo total diminuiu cerca de 80%, o ortofosfato diminuiu cerca de 94,6%, a amônia em alguns pontos apresentou concentrações 99,0% menores, e o nitrito deixou de ser observado em alguns pontos. Em nível biótico, o rio apresenta mais espécies de macrófitas e mais 9 espécies de peixes (MARINHO, 2018).

Após o biofilme ter obtido sucesso como biorremediador em diferentes situações ambientais

(tanque, açude, ETE, rio) numa região tropical, avaliar o seu efeito em outras condições ambientais e climáticas fez-se necessário. Dessa forma, foi realizada uma parceria internacional com a Profa Dra. Ana Maria Antão Geraldès, do Instituto Politécnico de Bragança, em Portugal, para que a pesquisa desse continuidade em um ecossistema temperado.



Fig. 3 – Rio do Cabelo antes (esquerda) e após (direita) a instalação do biotratamento com biofilme. Foto da esquerda mostra um módulo de bifilme no dia da instalação. Foto: Randolpho Marinho (2017 e 2018)

Módulos com flutuadores em pvc e com cortinas de plástico foram também colocados no Rio Fervença (Fig. 4).

Resultados iniciais já foram obtidos na primeira análise realizada, demonstrando alguns resultados

promissores. O oxigênio aumentou 21,7% após passar pelo sistema de biorremediação, os nitratos diminuíram 65,5%, o nitrogênio total diminuiu 49,3%. O ortofosfato e o fósforo total diminuíram 11,1% e 10% respectivamente.

Dessa forma, fica confirmado o potencial de uso do biofilme na restauração de ecossistemas aquáticos, diminuindo os nutrientes, aumentando a oxigenação e a transparência.

No entanto, a pesquisa com o biofilme não se encerra na restauração ambiental, outros ambientes que também requerem melhoria na qualidade de água, podem ser usados para a pesquisa, como por exemplo, a aquicultura. Sendo assim, também foi realizada pesquisa em viveiros de aquicultura, através da tese de doutorado de Danielle Machado Vieira, no semiárido da Paraíba, nos municípios de Camalaú e de Serra Branca.

Foram inseridos módulos de plástico, para a fixação do biofilme, com uma área equivelente à metade da área de cada viveiro em cultivos de tilápia (Fig, 5). Viveiros sem os módulos foram os viveiros controle.

Nessa pesquisa, foi observado que o efeito da presença do biofilme não foi apenas positivo na melhoria da qualidade de água, mas foi também refletido no crescimento dos peixes, que aumentaram o tamanho e o peso. As variáveis ambientais em que foi possível observar mudanças positivas foram as concentrações de oxigênio, que aumentaram 55,5%, comparado com o controle,



Fig. 4 – Módulos de biorremediação com cortinas de plástico para fixação do biofilme no Rio Fervença, em Bragança, Portugal. Foto: Ana Geraldes (2018)

a condutividade diminuiu 54,9%, o nitrito diminuiu 73,0%, a amônia diminuiu 88,6%, o ortofosfato diminuiu 27,3%, o

fósforo total diminuiu 50%, a clorofila-a diminuiu 60,5% e a transparência medida pelo disco de Secchi aumentou em 130% (VIEIRA, 2018). O comprimento dos peixes aumentou em 14,2% e o peso em 14,0%. Considerando que em 1000 peixes seriam produzidos mais 70 Kg, o aumento no valor da venda, seria de 14,0% também, o equivalente a R\$560,00 (quinhentos e sessenta reais) se o Kg fosse vendido a R\$8,00 (oito reais) (BARBOSA, 2018).



Fig. 5 – Módulos de biofime em viveiros de piscicultura no município de Camalaú, Paraíba. Foto: Danielle Machado Vieira (2017)

O biofilme não existe apenas em ambientes aquáticos, ele está presente também em fossas ecológicas, do tipo tanque de evapotranspiração. Essas fossas são cheias e produzem alimentos em cima (Fig. 6), com o reaproveitamento dos efluentes domésticos, de águas negras (águas do bojo sanitário).

Nessas fossas existe uma câmara de fermentação, em que ocorre o primeiro tratamento biológico pelas bactérias anaeróbias, em seguida, o material líquido passa para uma área com metralha, servindo esta como substrato para o biofilme. Este biofilme é diferente do citado anteriormente, porque na ausência de luz, não terá organismos produtores primários, terá apenas organismos decompositores. O líquido, rico em matéria orgânica, ao passar por esse biofilme, dará continuidade à sua degradação e passará em seguida por novo biofilme, que se agrega à brita, presente na camada seguinte e depois por filtragem física, ao passar por areia e depois na presença do solo a água rica em nutrientes será absorvida pelas baneiras, mamoeiros e outras plantas que ficarão sobre a fossa. Os nutrientes serão transformados em biomassa, e o

excesso de água será evapotranspirado para a atmosfera, de forma pura.



Fig. 6 – Fossa ecológica tanque de evapotranspiração, contruída em casa ribeirinha ao Rio do Cabelo, João Pessoa, PB, com produção de bananeiras e mamoeiros em cima. Foto: Randolpho Marinho (2018)

O efeito desse biotratamento é visível na qualidade de água do lençol freático. Em estudo sobre a qualidade de água subterrânea em dois poços tubulares, antes da construção de uma fossa do tipo tanque de evapotranspiração e depois, foi verificado que tanto no poço mais raso (12 m) quanto no poço mais fundo (30 m) se registraram menores concentrações de compostos

nitrogenados e fosfatados (Fig. 7), um ano após a sua construção.

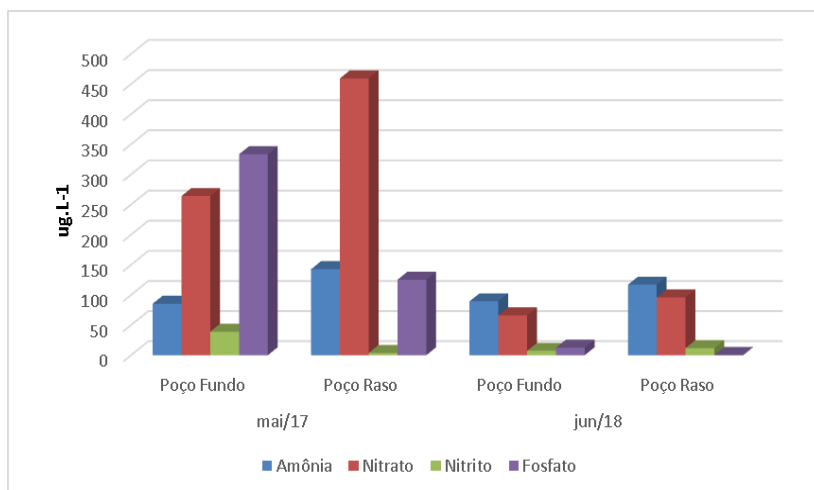


Fig. 7 – Compostos nitrogenados e fosfatados em água de poços tubulares raso (12m) e fundo (30m) antes (mai/17) e após (jun/18) a construção de uma fossa tanque de evapotranspiração. Fonte: Marinho et al. (2018)

Considerações finais, perspectivas e desafios futuros

Vários autores demonstraram em experiências “in-situ” ou “ex-situ”, em lagos e rios, que promover o aumento do habitat do perifiton, utilizando substratos artificiais tem

como efeito a redução do fósforo e de algumas formas de nitrogênio na coluna de água, tendo assim um impacto positivo na qualidade da água e, em última instância, na qualidade ecológica dos sistemas aquáticos (JÖBGEN et al, 2004; SZLAUER-ŁUKASZEWSKA, 2007; HE et al, 2017; WU 2017; MA et al, 2018).

Ao contrário de muitas outras técnicas de remediação (e.g. Ma 2018), o incremento do habitat para o perifiton, através da colocação de substratos artificiais, é uma técnica barata e potencialmente amiga do ambiente. A complexidade de qualquer ecossistema aquático, a complexidade da comunidade periffítica e as complexas interações entre fatores ambientais (e.g. pH, luz, corrente, nutrientes, temperatura, sedimentação, hidrologia) e biológicos (e.g. parasitismo, predação, herbívoros, competição) que também influenciam esta comunidade, são ainda mal conhecidos, necessitando de mais pesquisas (WU, 2017; CASARTELLI e FERRAGUT 2018). Outro fator que deve ser levado em consideração nesta técnica são os aspetos logísticos inerentes à colocação/remoção de grandes quantidades de substratos e também os impactos

em toda a dinâmica do ecossistema decorrentes do crescimento em larga escala do perifiton (JÖBGEN et al., 2004). Se considerarmos os valores do oxigénio dissolvido e de outros parâmetros físicos e químicos, das métricas da comunidade de macroinvertebrados e a ausência de comunidade piscícola podemos concluir que a implementação da comunidade perifítica poderá ser benéfica. Aliás, a utilização destas tecnologias só faz sentido em ecossistemas muito degradados (eutróficos ou hipertróficos).

O polietileno (plástico) tem sido um substrato utilizado por vários autores (SZLAUER-ŁUKASZEWSKA, 2007; OLIVEIRA e CRISPIM; 2017) por ser barato, leve e fácil de obter. No entanto, a sua colocação, em especial por longos períodos, pode ter impactos ambientais nefastos causados pela dispersão e perda de algumas bandas plásticas. Para evitar isso, é necessário o monitoramento dos plásticos para detecção de quando se inicia a sua degradação (rachamento) para poder providenciar a sua substituição. No Açude Manoel Marcionilo, em Taperoá, Paraíba, os plásticos apresentaram uma vida útil de 8

meses, pelo que se propõe a sua substituição a cada 6 meses. No entanto, em ambientes lóticos ainda não se conhece esse tempo de vida útil do plástico, sendo necessária essa avaliação.

Caso esta técnica, no futuro, venha a ser implementada no Rio Ferverça, estas cortinas deverão ser substituídas por substratos biodegradáveis (CAO, et al., 2012; WU et al., 2014) que quando retirados poderão ser utilizados como fertilizantes na agricultura.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Nelson Preto, proprietário da Quinta das Poldras- Alfaião, por todas as facilidades concedidas para a realização do trabalho experimental. Agradecem também a todos os alunos envolvidos nos trabalhos de pesquisa de pós-graduação que resultaram nos dados utilizados neste capítulo.

Referências

BARBOSA, K.L.S. Biotratamento em piscicultura: avaliação da sua eficácia com bioindicadores. Monografia de graduação. Universidade Federal da Paraíba. 2018.

CONAMA, RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. 2005

CAO, W.; ZHANG, H.; WANG, Y.; PAN, J. Z. Bioremediation of polluted surface water by using biofilms on filamentous bamboo, *Ecological Engineering*, 42:146– 149.2012.

CRISPIM, M.C.; VIEIRA, A.C.B.; Coelho, S.F.M.; Medeiros, A.M.A. Nutrient uptake efficiency by macrophyte and biofilm: practical strategies for small-scale fish farming. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 21(4): 387-91. 2009.

DIRECTIVA 2000/60/CE. *Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias de 22/12/00 L327. 2000.

.

HE, H.; LUO X.; JIN H, GU J.; JEPPESEN, E.; LIU Z.; LI K. (2017). Effects of exposed artificial substrate on the competition between phytoplankton and benthic algae:

implications for shallow lake restoration. *Water*. 9(24): 1-9. 2017. doi:10.3390/w9010024

JÖBGEN A.M.; PALM A.; MELKONIAN M. Phosphorus removal from eutrophic lakes using periphyton on submerged artificial substrata. *Hydrobiologia* 528: 123-142. 2004.

LU H.; YANG L.; ZHANG S.; WU, Y. The Behavior of Organic Phosphorus under Non-Point Source Wastewater in the Presence of Phototrophic Periphyton. *PLoS ONE* 9(1): e85910. 2014. doi:10.1371/journal.pone.0085910

MA, D. ; CHEN, S ; LU, J.; SONG, Y. Study on the Effect of Periphyton on the Water Quality of Eutrophic Lakes. *Water Air Soil Pollut* 229: 209. 2018.

MARINHO, R.S.; OLIVEIRA, F.M.F.; CRISPIM, M.C. Influência de tanque de evapotranspiração na qualidade de água do lençol freático. *Anais do 11º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*. João Pessoa, 12 a 14 de Novembro. 2018

OLIVEIRA, A. G.; CRISPIM, M.C. Water systems' revitalization: interventions adopted in aquatic ecosystems in Brazil and worldwide. *Gaia Scientia* 11: 297-306. 2017

CASARTELLI, M.R.; FERRAGUT, C. The effects of habitat complexity on periphyton biomass accumulation and taxonomic structure during colonization. *Hydrobiologia* 807:233–246. 2018.

PÉREZ, J.M. *Biofilme e macrófitas como ferramenta de biorremediação em ecossistemas aquáticos e tratamento de esgotos*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. 2015.

RAMOS, G.T.P.F. *Influência das técnicas de biomanipulação na estrutura da comunidade zooplancônica em um açude do semi-árido paraibano*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Federal da Paraíba. 2006.

SZLAUER-ŁUKASZEWSKA A. Succession of periphyton developing on artificial substrate immersed in polysaprobic wastewater reservoir. *Polish J. of Environ. Stud.* 16:753-762. 2007.

SOUSA, C.E. *Avaliação de sistemas biorremediadores em efluentes da lagoa facultativa da estação de tratamentos de esgotos em mangabeira, João Pessoa/PB*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. 2015.

VIEIRA, D.M. *Aquicultura familiar: contribuições para a sustentabilidade*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. 2018.

VYMAZAL, J. (The use of periphyton communities for nutrient removal from polluted streams. *Hydrobiologia*, 166, 225–237. 1988).

WETZEL, R. G. 2001. *Limnology - Lake and River Ecosystems*. Academic Press, New York.

WU, Y. Periphyton: Functions and Application in Environmental Remediation. Elsevier Inc. All. 2017

WU, Y.; XIA, L.; YU, Z.; SHABBIR S.; KERR, P.G. In situ bioremediation of surface waters by periphyton”, *Bioresource Technology* **151**: 367–72 2014.

