

Aplicação da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* (alface d'água) em tratamentos de efluentes: Revisão da literatura

Júlia Cornelius da Silva¹, Núbia Cristina Weber Freitas², Dienefer Frizzo Junker³

¹ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus Santo Ângelo/Departamento de Ciências Biológicas. E- mail: juliacornelius.s@hotmail.com

² Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus Santo Ângelo/Departamento de Ciências Biológicas. E-mail: nwfreitas@san.uri.br

³ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus Santo Ângelo/Departamento de Ciências Biológicas. E- mail: dieneferjunkeruri@gmail.com

RESUMO: O aumento nas atividades industriais tem intensificado a poluição ambiental e a deterioração de alguns ecossistemas com acúmulo de poluentes tais como metais pesados, compostos sintéticos, etc. Para que os efluentes sejam lançados no meio ambiente ou reutilizados, os mesmos devem atender a padrões estipulados por normas, legislações, resoluções, entre outros. Em nível nacional há a Resolução CONAMA n° 357/2005, que 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. Entre os diversos tratamentos de efluentes existentes, destaca-se aqueles que utilizam macrófitas aquáticas visando à melhoria da qualidade de águas residuais. As macrófitas aquáticas da espécie *Pistia stratiotes*, conhecida popularmente como alface d'água, pertence à família Araceae, sendo caracterizada como uma espécie flutuante e de rápida multiplicação. *Pistia stratiotes* é usada para fitorremediação de águas residuárias ou de corpos d'água poluídos com metais pesados, é importante que a aplicação da macrófita aquática flutuante seja feita de forma controlada, necessitando assim de manejo correto, para que não ocorra crescimento desordenado dos indivíduos, garantindo dessa forma o bom funcionamento do tratamento. Neste contexto o trabalho teve como objetivo a revisão da literatura quanto a aplicação da *P. stratiotes* no tratamento de efluentes.

PALAVRAS - CHAVE: Alface d'água; Efluentes; Wetlands; Macrófitas.

1. INTRODUÇÃO

O aumento nas atividades industriais tem intensificado a poluição ambiental e a deterioração de alguns ecossistemas com acúmulo de poluentes tais como metais pesados, compostos sintéticos, etc. (VEGLIO; BEOLCHINI, 1997). Para conservar a água, é necessário buscar opções para o tratamento dos efluentes que priorizem a manutenção, a qualidade ambiental, a qualidade de vida do ser humano e o uso racional dos recursos naturais, fundamentados nos princípios e conceitos da sustentabilidade (FAGUNDES e SCHERER, 2009).

O processo acelerado de deterioração do ambiente possui uma série de implicações na disponibilidade de recursos naturais. A disposição do esgoto doméstico sanitário sem o devido tratamento pode provocar a proliferação de organismos patogênicos e doenças, devido à poluição do solo e dos corpos de água; o excesso de substância como o fósforo (P) e o nitrogênio (N) podem provocar o processo de eutrofização dos recursos hídricos ao impactar, de maneira direta, nos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas, impossibilitando seu uso para consumo e lazer (PHILIPPI JR., 2005).

Para que os efluentes sejam lançados no meio ambiente ou reutilizados, os mesmos devem atender a padrões estipulados por normas, legislações, resoluções, entre outros. Em nível nacional há a Resolução CONAMA nº 357/2005, que 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. Esta resolução segue o procedimento reportado em Métodos Padrão para Exame de Águas e Rejeitos (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) e estabelece limites máximos para os diferentes poluentes nos corpos d'água (BELTRAME, 2016).

Os metais ocorrem naturalmente e muitos deles são componentes essenciais dos ecossistemas (DE VOS et al., 1991). Dentre os metais pesados, o magnésio, ferro, zinco, manganês, cobre, cobalto, molibdênio e boro são essenciais aos seres vivos, ainda que em concentrações muito pequenas, e atuam em diversos processos fisiológicos. Contudo, em altas concentrações são potencialmente tóxicos. Outros metais, como mercúrio, chumbo, cádmio, cromo e níquel não tem função biológica conhecida e comumente apresentam toxicidade aos organismos (ESTEVES, 1988).

Entre os diversos tratamentos de efluentes existentes, destaca-se aqueles que utilizam macrófitas aquáticas visando à melhoria da qualidade de águas residuais, principalmente, buscando a redução das cargas de poluentes inorgânicos, metais pesados, substâncias tóxicas, além de microrganismos patógenos, como os coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli* (ALMEIDA e ALMEIDA, 2005; DINIZ et al.).

Dentro desta tecnologia de tratamento de efluente utilizando macrófitas, tem-se a denominação “wetland”, que é utilizado para caracterizar vários ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano (DIAS et al, 2016). As wetlands construídas, por sua vez, são ecossistemas artificiais que reproduzem as características de wetlands naturais, utilizando plantas aquáticas e substratos (brita, areia, bambu, casca de arroz, entre outros). São construídas de forma específica, com o objetivo de tratar efluentes, combinando processos químicos, físicos e biológicos (GOPAL,1999;HABERL, 1999; ANJOS, 2003).

Macrófitas aquáticas são taxonomicamente próximas das plantas terrestres, porém são fanerógamas aquáticas, que residem em ambientes diferentes (VARDANYAN; INGOLE, 2006). São encontradas em lagos, rios e alagados, apresentando um rápido potencial de crescimento, poucas exigências para o seu crescimento, tendo boa habilidade na absorção, sendo assim, filtros eficientes (NIGAM et al., 1998; VARDANYAN; INGOLE, 2006).

Algumas espécies de plantas aquáticas podem ser utilizadas como indicadores de baixos e altos níveis de contaminação ambiental, que muitas vezes é difícil de ser detectada. Plantas aquáticas absorvem elementos através das raízes e/ou folhas, e várias espécies mostram diferentes comportamentos de acordo com a capacidade de acumular elementos nas diferentes partes das plantas (Devi et al., 1996).

Segundo BIUDES & CAMARGO (2006), a remoção de nitrogênio e fósforo do efluente, ocorre por meio de processos biológicos de absorção direta, mineralização microbológica e reações de desnitrificação e amonificação. No processo de absorção direta das macrófitas está a rizosfera das plantas região de maior captação do efluente e em algumas espécies a absorção dos nutrientes também ocorre por meio das folhas no processo de fotossíntese.

As macrófitas aquáticas da espécie *Pistia stratiotes*, conhecida popularmente como alface d'água, pertence à família Araceae, sendo caracterizada como uma espécie flutuante e de rápida multiplicação. É importante citar ainda a habilidade que esta macrófita possui de se regenerar a partir de pequenas porções do talo, possuindo ainda independência total ou parcial das estruturas sexuais reprodutivas (MARTINS et al., 2002). Classifica-se como planta daninha, planta aquática e planta flutuante, é originária de lugares com clima tropical, subtropical e equatorial, identificada como surgida na América Central, na América do Sul e na América do Norte. A planta não excede 15 cm de altura, e se desenvolve no sol pleno, em qualquer época do ano. É uma planta rústica e pouco exigente, que se multiplica rapidamente, sendo usada para enfeitar aquários, fontes, lagos e espelhos d'água (HENRY-SILVA, 2002), podendo chegar até 25 cm de diâmetro (Klump et al., 2002). Trata-se de uma planta flutuante que não necessita de tratamento específico, para se multiplicar rapidamente basta que a água seja rica em matéria orgânica, sua multiplicação acontece pela separação de mudas que surgem em torno de uma planta mãe (CAMARGO et al., 2003). A Alface d'água foi citada como uma das macrófitas eficientes na despoluição de reservatórios aquáticos contaminados (RODRIGUES, 2016). Na planta, as folhas da face superior são de cor verde aveludada e a face inferior é de cor verde pálida esbranquiçada e cutanilhosa, as raízes são fibrosas de 20 a 30 cm de comprimento, em grande número formando, dispostas na água verticalmente (VALITUTTO, 2004).

Pistia stratiotes é usada para fitorremediação de águas residuárias ou de corpos d'água poluídos com metais pesados. A espécie exibe diferentes padrões de resposta à prata, cádmio, cromo, cobre, mercúrio, níquel, chumbo e zinco. A concentração de 5 mM (milimol) de cada um destes metais, foram observados: inibição do crescimento e produção de biomassa de *P. stratiotes*, com quase todos os elementos sendo acumulados à altas concentrações no sistema radicular (SHAH; NONGKYNRIH, 2007).

Neste contexto o trabalho teve como objetivo a revisão da literatura quanto a aplicação da *P. stratiotes* no tratamento de efluentes.

2. METODOLOGIA

Esse estudo realizou-se no período de abril a junho de 2018, na disciplina de Tratamento de Resíduos do Curso Bacharel em Ciências Biológicas da URI - Campus Santo Ângelo/RS, no formato de revisão bibliográfica sobre *Pistia stratiotes* com o auxílio de livros, artigos e monografias disponíveis no portal da CAPES.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A macrófita *Pistia stratiotes* sofre efeito do metal nos primeiros dias de contato, quanto maior a concentração maior o efeito negativo no desenvolvimento da macrófita. Mesmo com a bioacumulação do metal crescem e se reproduzem, desprendendo novos brotos. A macrófita *P. stratiotes* pode ser considerada uma boa alternativa na remoção de metais por biossorção/bioacumulação sendo uma opção para tratamento de efluentes. Isso mostra que para processo de fitorremediação o uso desta macrófita deve ser considerado alternativo e viável (MORESCO, 2016).

Em um outro estudo realizado por Farnese (2014), com o arsênio, um metal pesado, a *P. stratiotes* se mostrou eficaz na bioindicação e fitorremediação do meio onde foi inserida, manifestando sintomas de degradação da planta muito semelhantes a ação do dicromato de potássio. Mauro Massanari (2014) testou a macrófita agora para a fitorremediação de nitrogênio total, a *Pistia stratiotes*, após 28 dias, apresentou resultado positivo para a remoção do nitrogênio total.

Segundo a pesquisa realizada por Souza e Vasconcelos (2017) sobre a utilização da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* no tratamento de efluentes de piscicultura no estado do Amazonas, sugere que o tratamento com esta macrófita seja eficiente na absorção de nutrientes. Podendo ser utilizada para evitar poluição e eutrofização de sistemas aquáticos. A *Pistia stratiotes* tem capacidade na assimilação e absorção do ortofosfato, onde os níveis após o tratamento com a utilização da mesma baixaram, revelando o seu potencial como agente purificador.

Qin Lu (2008) estudou a ação da alface d'água na remoção de nutrientes, nitrogênio (N) e fósforo (P) de águas pluviais nos sistemas de retenção de água construídos antes de serem lançados no rio St. Estuário de Lucie, Flórida, EUA. Obteve como resultado a melhora na qualidade da água, as concentrações de N (NH_4^+ e NO_3^-) inorgânicas nas parcelas de tratamento foram mais de 50% menores do que nas parcelas de controle (sem planta). A redução do P foi de aproximadamente 14 a 31% em comparação às parcelas de controle. A alface d'água continha concentrações médias de N e P de 17 e 3,0 g kg^{-1} , respectivamente, e removeu 190-329 kg N ha^{-1} e 25-34 kg P ha^{-1} anualmente.

Henry-Silva & Camargo (2008) utilizaram em sua pesquisa, a macrófita flutuante *Pistia stratiotes* para fazer o tratamento de efluentes de carcinicultura. Com o resultado deste estudo comprovaram a efetiva capacidade da macrófita flutuante em remover matéria

orgânica particulada e nutrientes dos efluentes de carcinicultura, pois os teores de nitrogênio e fósforo nos efluentes tratados foram menores que na água de abastecimento do viveiro de camarões. Após o tratamento é possível reutilizar esses efluentes nas atividades de carcinicultura, ou mesmo, lançá-los nos ambientes aquáticos naturais minimizando os impactos relacionados à eutrofização artificial.

Amorim (2009) observou em seu estudo, no qual avaliou o crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* em diferentes concentrações de nitrogênio, que o crescimento da planta não foi limitado pelo mesmo. Entretanto, *P. stratiotes* cresceu a uma menor taxa quando submetida a menores concentrações de nitrogênio, atingindo sua capacidade suporte em menor tempo, conforme evidenciado pela precoce ausência de crescimento significativo de *P. stratiotes* em menores concentrações de nitrogênio. Retomando uma das hipóteses desse estudo, na qual *P. stratiotes* não cresce em baixas concentrações de nitrogênio, as concentrações testadas podem não ter sido baixas o suficiente para limitar o crescimento dessa espécie desde o início do experimento. Quando exposta a baixas concentrações de nutrientes (3,15 mg de N-NO₃.L-1), *Pistia* primeiramente absorve fósforo e nitrogênio para depois crescer (PISTORI, 2009).

A pesquisa desenvolvida por Mufarrage (2010) testou a resposta da *P. stratiotes* à três metais pesados, cromo (Cr), níquel (Ni), zinco (Zn) e ao fósforo (P). A resposta obtida foi de que quando se incluiu no efluente com metais pesados e a *P. stratiotes* o P, ele causou um aumento na tolerância da alface d'água aos metais, o P também atenuou a diminuição do crescimento das plantas e das raízes, mas causou aumento dos vasos totais de metaxylem o que explica o aumento de tolerância da planta. Este efeito tem implicações importantes para o uso de áreas úmidas construídas para tratamento de efluentes industriais. Muitos processos nas indústrias metalúrgicas produzem águas residuais contendo metais (MUFARREGE, 2010).

Cruz et al (2009) em sua pesquisa sobre a absorção de metais pesados presentes em efluentes de mineração por *Pistia Stratiotes* constatou que indivíduos de *P. stratiotes* expostos à drenagem ácida de minas apresentaram sintomas visuais de fitotoxicidade devido à alta concentração dos metais pesados. Porém, em 72h as plantas absorveram do meio aquático, contendo metais pesados, quantidades significativas de S, Mn e Zn.

Sajna (2007) observou em sua pesquisa a presença da *P. stratiotes* na Slovenia. No país a planta é exótica, porém não há registro de quando e como o vegetal foi introduzido. A alface d'água se adaptou bem ao ambiente, apresentando alta biomassa entre os meses de Março à Agosto. Constatou que as plantas não sofrem com doenças e nem são fontes de alimento, assim a redução de biomassa acontece somente com a chegada do inverno. A boa adaptação da planta causa problemas, os níveis de oxigênio dissolvido diminuíram mais de 50% quando medidos sob a cobertura da *P. stratiotes*, atingindo apenas 2,5 mg L⁻¹, um valor crítico para a sobrevivência dos peixes (medido pelo Fisheries Research Institute, Ljubljana 2003).

Levando em consideração os estudos apresentados no decorrer do artigo podemos observar que a *P. stratiotes* apresenta um alto grau de adaptabilidade, sendo eficiente no

tratamento de efluentes atuando efetivamente na remoção de poluentes, também como se integra em novos locais como apresenta Sajna (2007) em sua pesquisa.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A macrófita flutuante *Pistia Stratiotes* é recomendada para o tratamentos de efluentes, por ser uma planta eficiente quanto a absorção de nutrientes, sendo considerada um ótimo agente purificador. A mesma possui essa eficiência por ter como característica a rápida multiplicação, a adaptabilidade ao meio em que é inserida e também por ser pouco exigente. A *Pistia Stratiotes* tem diferentes padrões de respostas aos diversos tipos de metais e suas concentrações, mas conforme os estudos apresentados a mesma se comporta de maneira eficaz nos variados tipos de tratamentos. Ressalta-se que em tratamentos de efluentes com a aplicação de macrófitas aquáticas, necessita-se de um manejo correto, para que não haja um crescimento desordenado dos indivíduos, para que assim, possa-se manter o controle e garantindo o bom funcionamento do tratamento.

5. REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, R.A.; ALMEIDA, N.A.M. Remoção de coliformes do esgoto por meio de espécies vegetais?. Revista eletrônica de enfermagem, v. 7, n. 3, pp. 306-317. 2005.
- [2] AMORIM, S. R. AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA MACRÓFITA AQUÁTICA FLUTUANTE *Pistia stratiotes* L. EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO. 2009. 46 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado e licenciatura -Ciências biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2009.
- [3] ANJOS, J. A. S. A. Avaliação da eficiências de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: O caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. Tese de Doutorado - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003. p.328.
- [4] BELTRAME, T. F.; LHAMBY, A. R.; BELTRAME, A. Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: Uma discussão sobre o tema. Reget/UFSM. v. 20, n. 1, jan-abr 2016.
- [5] BIUDES, J. F. V. & CAMARGO, A. F. M. Uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de aquicultura. Universidade Estadual de Paulista. 2006.
- [6] CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M. & 86 BINI, L. M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Cap. 3, p. 59–83. Maringá: EUEEN.
- [7] CRUZ, M. B et al. ABSORÇÃO DE METAIS PESADOS PRESENTES EM EFLUENTE DE MINERAÇÃO POR *PISTIA STRATIOTES*. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 2009.
- [8] DEVI, M.; THOMAS, D.A.; BARBER, J.T.; FINGERMAN, M.; 1996. Accumulation and physiological and biochemical effects of cadmium in a simple aquatic food chain. Ecotoxicol Environ. Saf. 33, 38-43.
- [9] DE VOS, C.R.H.; SCHAT, H.; DE WALL, M.A.M.; VOUIJIS, R. ERNST, W. H. (1991). Increased resistance to cooper-induced damage of the root cell plasmalemma in cooper tolerant *Silene cucubalus*. Physiol. Plant. v. 82 p. 523-528.

- [10] DIAS, F. S; NASCIMENTO, J. P. A; MENESES, J. M. Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico. Revista Ambiental. V.2, n. 1, p. 106 -115, 2016
- [11] ESTEVES, F. A. (1988). Fundamentos de Limnologia. FINEP. Ed. Interciência. Rio de Janeiro.
- [12] FAGUNDES, R.M.; SCHERER, M. J. Sistemas alternativos para o tratamento local dos efluentes SANITÁRIOS. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 53-65, 2009.
- [13] FARNESE, F.S; OLIVEIRA, J.A; LIMA, F. S; LEÃO, G. A; GUSMAN, G. S; SILVA, L. C. Evaluation of the potential of *Pistia stratiotes* L. (water lettuce) for bioindication and phytoremediation of aquatic environments contaminated with arsenic. Braz. J. Biol. vol.74 no.3 supl.1 São Carlos Aug. 2014
- [14] PHILIPPI JR., A. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. São Paulo: Manole, 2005. 850 p.
- [15] GOPAL, B. Natural and constructed wetlands for wastewater treatment: Potential and problems, Water Science Technology, v. 40,n. 3, p. 27-35, 1999.
- [16] HENRY-SILVA. Gustavo Gonzaga; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. In: Acta Scientiarum Maringá, v. 24, n. 2, p. 519-526, 2002.
- [17] HENRY-SILVA. Gustavo Gonzaga; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. Revista Brasileira de Zootecnia. v.37, n.2, p.181-188, 2008
- [18] LU, Q.; HE, Z. L.; GRAETZ, D. A.; STOFFELLA, P. J.; YANG, X. Phytoremediation to remove nutrients and improve eutrophic stormwaters using water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). Environmental Science and Pollution Research. January 2010, Volume 17, Issue 1, pp 84–96
- [19] KLUMPP, A., BAUER, K., FRANZ-GERSTEIN, C. & MENEZES, M., 2002, Variation of nutrient and metal concentrations in aquatic macrophytes along the Rio Cachoeira in Bahia (Brazil). Environmental International, 28: 165-171.
- [20] MARTINS, D.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G. R. Controle químico de *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia molesta* em caixas d'água, Planta Daninha, V. 20, Edição Especial: 2002.
- [21] MORESCO, Camila. Avaliação do potencial da macrófita *Pistia stratiotes* na exposição de íon cromo (VI): Biossorção e tolerância. 2016. 102 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.
- [22] MUFARREGE, M. M.; HADAD, H. R.; MAINE, M. A. Response of *Pistia stratiotes* to Heavy Metals (Cr, Ni, and Zn) and Phosphorous. Arch Environ Contam Toxicol (2010) 58:53-61.
- [23] NIGAM, K. D. P.; SRIVASTAV, R. K.; GUPTA, S. K. e VASUDEVAM, P. (1998). A mathematical model for metal ions uptake by aquatic plants for waste water treatment. Environmental Modeling and Assessment., v. 3 p. 258-299.
- [24] PISTORI, R. E. T. 2009. Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* (Mitchell) em diferentes concentrações de nutrientes. Tese de Doutorado. Centro de Aquicultura, UNESP (CAUNESP), Jaboticabal

- [25] RODRIGUES, Ana Carolina D. et al. Mecanismos de Respostas das Plantas à Poluição por Metais Pesados: Possibilidade de Uso de Macrófitas para Remediação de Ambientes Aquáticos Contaminados. *Revista Virtual de Química*. v. 8, n. 1, p. 262-272, 2016.
- [26] SAJNA, N.; HALER, M.; SKORNIK, S.; KALIGARIC, M. Survival and expansion of *Pistia stratiotes* L. in a thermal stream in Slovenia. *ELSEVIER. Aquatic Botany* 87 (2007) 75-79.
- [27] SOUZA, A. F. L.; VASCONCELOS, E. L. Q. Utilização da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* no tratamento de efluentes de piscicultura no estado do Amazonas. *PUBVET*. v.10, n.12, p. 926-932, Dez., 2016.
- [28] SHAH, K.; NONGKYNRIH, J. M. Metal hyperaccumulation and bioremediation. *Biol. Plant.*, v. 51, p. 618-634, 2007.
- [29] VALITUTTO, R. S. Acumulação de poluentes inorgânicos por macrófitas aquáticas nos reservatórios de Santana e Vigário, Barra do Pirai-RJ. 2004. 73f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2004.
- [30] VARDANYAN, L. G; INGOLE, B.S. (2006). Studies on heavy metal accumulation in aquatic macrophytes from Sevan (Armenia) and Carambolim (India) lake systems. *Environmental International*. v. 32, p. 208-218.
- [31] VEGLIO, F.; BEOLCHINI, F. Removal of metal by biosorption: a review. *Hydrometallurgy*, v.44, p.301-316,1997.