



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102018071745-6 A2



(22) Data do Depósito: 23/10/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 05/05/2020

(54) **Título:** USO DA BIOMASSA DE BRIÓFITAS COMO AGENTE FITORREMEIADOR EM SOLUÇÕES CONTAMINADAS POR METAIS E NUTRIENTES E MÉTODO DE OBTENÇÃO DAS BIOMASSAS SECA E ÚMIDA

(51) **Int. Cl.:** C02F 1/28; C02F 1/62; C02F 1/64; C02F 101/20; C02F 101/22; (...).

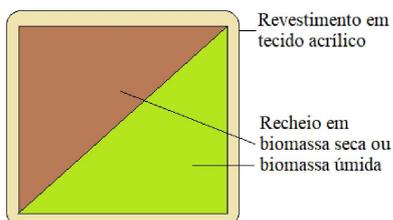
(52) **CPC:** C02F 1/285; C02F 1/62; C02F 1/64; C02F 2101/20; C02F 2101/203; (...).

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL; UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL.

(72) **Inventor(es):** CACINELE MARIANA DA ROCHA; THERRÉSE TESSER TORRES; ALAN DOS SANTOS DA SILVA; JUÇARA BORDIN.

(57) **Resumo:** A presente invenção descreve o uso de uma biomassa de briófitas selecionada do grupo consistindo de Ricciocarpos natans (L.) Corda, Sphagnum perichaetiale Hampe, e Bryum muehlenbeckii Bruch & Schimp. como agente fitorremediador em soluções contaminadas por metais e nutrientes em que a dita biomassa adsorve os ditos metais e nutrientes podendo ser aplicada em forma de almofada e/ou sachê ou em forma de filtro. A presente invenção se situa nos campos da engenharia ambiental, química, farmácia.

ALMOFADA ou SACHÊ



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

USO DA BIOMASSA DE BRIÓFITAS COMO AGENTE FITORREMEIADOR EM SOLUÇÕES CONTAMINADAS POR METAIS E NUTRIENTES E MÉTODO DE OBTENÇÃO DAS BIOMASSAS SECA E ÚMIDA

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção descreve o uso de uma biomassa de briófitas selecionada do grupo consistindo de *Ricciocarpos natans* (L.) Corda, *Sphagnum perichaetiale* Hampe, e *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp como agente fitorremediador em soluções contaminadas por metais e nutrientes em que a dita biomassa adsorve os ditos metais e nutrientes. A presente invenção situa-se no campo da engenharia ambiental, química, farmácia.

Antecedentes da Invenção

[0002] A contaminação por metais é uma preocupação constante no atual cenário ambiental, principalmente quando as suas características de bioacumulação e biomagnetização são levadas em conta. Quando na água, os metais são facilmente bioacumulados pelos organismos e podem atingir os níveis tróficos superiores da teia trófica, incluindo os seres humanos. Outra constante preocupação é o processo de eutrofização, normalmente antrópico, que se associa à descarga de efluentes domésticos, industriais, atividades agrícolas e efluentes de sistemas de criação de animais sendo que os principais nutrientes limitantes no processo são fósforo (P) e nitrogênio (N).

[0003] Nesse contexto, a fitorremediação tem sido considerada uma técnica promissora para reduzir a concentração de metais e nutrientes de áreas contaminadas devido ao seu caráter ecológico. A habilidade das briófitas como bioindicadoras e bioacumuladoras já é conhecida e por serem plantas avasculares são capazes de concentrar metais nas paredes celulares e vacúolos.

[0004] Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

[0005] O documento não patentário de dissertação de Doutorado intitulado “Acumulação e liberação de metais pesados por briófitas aquáticas” de autoria de Martins, R. J. E publicado em 2004 revela testes com a espécie de musgo *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw coletada em campo e exposta aos testes com os metais cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb) e zinco (Zn). O documento descreve ainda a preparação do material utilizado na forma de biomassa seca pela moagem das amostras em moinho ultra-centrífugo a 1400 rpm por aproximadamente 90 segundos e, posteriormente, realizam uma separação granulométrica do material por peneiração, selecionando partículas entre 150 e 300 µm. O documento difere-se da presente invenção no que se diz respeito às substâncias testadas, espécie utilizada e parâmetros para a preparação das amostras e dos testes realizados.

[0006] O documento não patentário intitulado “The influence of glutathione on physiological effects of lead and its accumulation in moss *Sphagnum squarrosum* de autoria de Saxena, A; Saxena D. K e Srivastava, H. S. publicado em 2003 na revista Water, Air and Soil Pollution, n. 143 revela a capacidade da espécie *Sphagnum squarrosum* Crome de acumular chumbo, tanto em condições laboratoriais quanto em campo, podendo ser utilizada como bioindicadora e fitorremediadora deste metal em ambientes contaminados.

[0007] O documento não patentário intitulado “Uso de *Sphagnum recurvum* P. Beauv como biofiltro no monitoramento de poluição aérea industrial de metais pesados” de autoria de Gutberlet, J publicado em 1989 na revista Acta Botanica Brasilica (v. 2) revela a espécie *Sphagnum recurvum* P. Beauv como biofiltro no monitoramento da poluição atmosférica por metais pesados como alumínio (Al), ferro (Fe), níquel (Ni) e zinco (Zn), em área industrial sendo que os testes foram realizados através da confecção de pequenas bolsas de nylon contendo o musgo (“moss-bags”).

[0008] O documento não patentário intitulado “Accumulation of heavy metals in mosses: a biomonitoring study” de autoria de Macedo-Miranda, G e

colaboradores publicado em 2016 na revista Springer Plus (v. 5) descreve a avaliação da deposição atmosférica de Cr, Zn, Cd e Pb utilizando as espécies musgos *Fabronia ciliares* (Brid.) Brid. e *Leskea angustata* Tayl. provenientes do México. Cita ainda a utilização de *Bryum argenteum* Broth. (nativa do Brasil) e *Sphagnum girgensohnii* Russow (países do Hemisfério Norte) sendo ambas consideradas bioindicadores da deposição de metais no ar.

[0009] O documento não patentário intitulado “Mosses accumulate heavy metals from the substrate of coal ash” de autoria de VUKOJEVIC, V., SABOVLJEVIC, M. & JOVANOVIC, S publicado em 2005 na revista Archive of Biological Sciences (v. 57) descreve a identificação das espécies *Bryum capillare* Hedw. e *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. como espécies capazes de crescer em um local de eliminação de cinzas de carvão e hiperacumuladoras de Fe, Pb, Zn e Mn.

[0010] O documento patentário WO200728348 A1 se refere a utilização de musgos ou líquens como agentes para redução de materiais particulados contidos no ar.

[0011] Os documentos patentários GB8303839 D0; GB8303840 D0; WO9713484 A1; NO9605372 D0; AP9400674 A0; GB8303841 D0; PI9404284-5 A revelam o uso de espécies do gênero *Sphagnum* como absorventes para líquidos fisiológicos, como curativos cirúrgicos, almofadas para incontinência e amamentação, e absorventes higiênicos, além da utilização como embalagem de produtos para o transporte, sendo que a composição destes absorventes pode variar com a utilização de apenas uma espécie do gênero ou várias delas, em um mesmo produto, e a adição de outros elementos químicos, como alguns sais. Sendo que apenas em PI9404284-5 a espécie *Sphagnum perichaetiale* Hampe é citada, porém com a utilização distinta da presente invenção.

[0012] Os documentos patentários US20040161606 A1; NO9503346 D0; US3673095 A descrevem a capacidade de absorção de óleo das espécies de *Sphagnum*, variando a forma com que as plantas são preparadas antes da exposição a este agente contaminante.

[0013] O documento patentário US20060032123 A1 se refere a um dispositivo para tratamento de água, utilizando as espécies *Sphagnum papillosum* Lindb. e/ou *Sphagnum cristatum* Hampe, que podem ser utilizadas unicamente ou misturadas.

[0014] Os documentos mencionados acima se diferenciam da invenção por utilizarem espécies diferentes dos gêneros *Sphagnum* e *Byrum*. Apresentando, assim, diferenças morfológicas, anatômicas e fisiológicas que são variáveis em cada espécie levando, por exemplo, a uma maior capacidade absorvente de determinada espécie do que de outra. Essas diferenças podem estar associadas, principalmente, ao ambiente no qual a espécie está exposta, que no caso dos documentos do Estado da técnica não são espécies encontradas no Brasil, e, quando ocorrentes, apresentam uma distribuição geográfica mais restrita. Além disso, a utilização das espécies descritas, também se diferencia da presente invenção.

[0015] Abaixo são destacados, ainda, outros documentos presentes no Estado da técnica, referentes ao campo da invenção:

1. BARBOSA, F. S. & CARVALHO, M. A. S. Análise Cienciométrica da Utilização de Briófitas como Bioindicadores. *Journal of Bryology*. v. 28, n. 1, p. 34-47, 2016.
2. BLAKE, D. A. University of Guelph. Room air cleansing using hydroponic plants. US20030224507 A1. 2003. 3p.
3. ITOUGA, M., HAYATSU, M., SATO, M., TSUBOI, Y., KATO, Y., TOYOOKA, K., SUZUKI, S., NAKATSUKA, S., KAWAKAMI, S., KIKUCHI, J. & SAKAKIBARA, H. Protonema of the moss *Funaria hygrometrica* can function as a lead (Pb) adsorbent. *PLoS ONE*. v. 12, n. 12, p. 1-19, 2017.
4. SAROSIEK, J., WIEWIORKA, Z. & MROZ, L. Bioindication of heavy metal toxicity of water by the liverwort *Ricciocarpos natans* (L.) Corda. *Symposica Biologica Hungarica*. V. 35, p. 827-833. 1987.
5. CHIODI BOUDET, L., ESCALANTE, A., VON HAEFTEN, G., MORENO, V. & GERPE, M. Assessment of Heavy Metal Accumulation in Two Aquatic

- Macrophytes: a Field Study. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*. v. 6, n. 1, p. 57-64, 2011. DOI: 10.5132/jbse.2011.01.009
6. JOHN, B. N. Johnson & Johnson. Plated Absorbent. GB8402095 D0. 1984. 3p.
 7. LEVESQUE, Y. Johnson & Johnson. Process for the preparacao of papelao of moss of turf of low density with structural integrity, papelao ababsorvente of corporal fluids. PT--73463 A. 1981. 3p.
 8. LEVESQUE, Y. Johnon & Johnson. Absorbent structure. IT7948058 D0. 1979. 3p.
 9. SERGE, C. & MARTIN, L. Johnson & Johnson. Process for the producao of absorbent plate from turf and absorbent plate flexivel. FI8603296 A0. 1986. 3p.
 10. HOROWITZ, D. Horowitz David. Absorbent bed pad. EP1674064 A1. 2006. 2p.
 11. MORRIS, Y. C. Y. Bonlam – Citicorp. Dismissable Product for urinary and fecal containment of rubbishes and cushion for fecal rubbish containment. IE9100091 A1. 1991. 5p.
 12. MORRIS, Y. C. Y. Bonlam – Dominion Textile. Dismissable absorbent Product and dismissable urinary cushion. IE9100090 A1. 1991. 3p.
 13. LEVESQUE, Y. Johnon & Johnson. Layered absorbent structure. IT7948059 D0. 1979. 3p.
 14. QIAOBIAO, C., GONGFA, W., KEHONG, M. Lishui Vocational & Technical College. Air cleaning unit utilizing bryophyte. CN203244914U U. 2013. 2p.
 15. QIAOBIAO, C., GONGFA, W., KEHONG, M. Lishui Vocational & Technical College. Air purification device utilizing bryophyte. CN103316584 A. 2013. 2p.
 16. RÜTER, K. Katharina Rüter. Air cleaning and/or conditioning method and system using moss. WO201815026 A1. 2018. 2p.
 17. HONGVE, D., BRITTAIN, J. E. & BJØRNSTAD, H. E. Aquatic mosses as a monitoring tool for ¹³⁷Cs contamination in streams and rivers – a field study from central southern Norway. *Environmental Radioactivity*. v. 60, p. 139-147, 2002.
 18. FERNÁNDEZ, J. A. & CARBALLEIRA, A. A comparison of indigenous

- mosses and topsoils for use in monitoring atmospheric heavy metal deposition in Galicia (northwest Spain). *Environmental Pollution*. v. 114, p. 431-441, 2001.
19. SCHILLING, J. S. & LEHMAN, M. E. Bioindication of atmospheric heavy metal deposition in the Southeastern US using the moss *Thuidium delicatulum*. *Atmospheric Environment*. v. 36, p. 1611-1618, 2002.
20. KLOS, A., RAJFUR, M., WACLAWEK, M. Application of enrichment factor (EF) to the interpretation of results from the biomonitoring studies. *Ecological Chemistry and Engineering*. v. 18, n. 2, p. 171-183, 2011.
21. ESPOSITO, S., SORBO, S., CONTE, B. & BASILE, A. Effects of heavy metals on ultrastructure and HSP70s induction in the aquatic moss *Leptodictyum riparium* Hedw. *International Journal of Phytoremediation*. v. 14, p. 443-455, 2012. DOI: 10.1080/15226514.2011.620904
22. GALUSZKA, A. Geochemical background of selected trace elements in mosses *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. and *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. from Wigierski National Park. *Polish Journal of Environmental Studies*. v. 15, n. 2a, p. 72-77, 2006.
23. SUZUKI, Y., TAKENAKA, C., TOMIOKA, R., TSUBOTA, H., TAKASAKI, Y., UMEMURA, T. Accumulation of Arsenic and Copper by Bryophytes Growing in an Aquatic Environment near Copper Mine Tailings. *Mine Water and the Environment*. v. 35, p. 265-272, 2016. DOI: 10.1007/s10230-015-0335-7.
24. ITOUGA, M., KOMATSU-KATO, Y., YAMAGUCHI, I., ONO, Y., SAKAKIBARA, H. Phytoremediation using bryophytes, 2. – Bryo-filtration of copper in water using two species of *Scopelophila*. *Hikobia*. v. 14, n. 4, p. 413-418. 2006.
25. FAVAS, P., PRATAS, J., D'SOUZA, R., VARUN, M. & PAUL, M. Biomonitoring of metals by aquatic mosses in a mining region. *Journal of Biotechnology*. v. 256, 2017.
26. YOICHI, Y. Image Intech. Contamination improvement method by bryophyte. JP2013094772 A. 2013. 2p.
27. XU, Y. Y., ZHEN, Y. Y., YU, J., GUO, S. L. & CAO, T. Experimental studies

on the potential of two terrestrial mosses in monitoring water contaminated by Cd e Cr. Polish Journal and Environmental Studies. v. 21, n. 5, p. 1453-1459, 2012.

28. RUSSO, P. A. & GAMALHO, N. Avaliação do uso de briófitas para minimizar a carga poluente no Arroio Diluvio. XI Semana de Extensão, Pesquisa e Pós-Graduação (SEPesq) – Centro Universitário Ritter dos Reis. 2015.

29. TANGAHU, B. V., ABDULLAH, S. R. S., BASRI, H., IDRIS, M., ANUAR, N. & MUKHLISIN, M. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. International Journal of Chemical Engineering. 31p. 2011.

[0016] Os documentos 1 a 5 descrevem a utilização de algumas espécies dos gêneros *Sphagnum* e *Byrum* como bioindicadores, bioacumuladores e fitorremediadores em ambientes contaminados.

[0017] Os documentos 6 a 16 revelam produtos com função absorvente para fluídos fisiológicos, óleos, graxas, materiais particulados e como purificador de ar.

[0018] Os documentos 1, 17 a 29 revelam a aplicação das briófitas como bioindicadores de ambientes contaminados e, poucas vezes citadas como fitorremediadoras.

[0019] Os documentos 23 a 25 revelam o uso das briófitas em remoção de contaminantes em baixa concentração ou abaixo do Limite de Detecção (LD) restringindo, assim, sua ação fitorremediadora.

[0020] Os documentos 27 e 28 descrevem elevados períodos de exposição das briófitas (maior que 160 h) para alcançar a efetividade de remoção e o preparo envolvendo outros agentes químicos.

[0021] Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

[0022] Em resumo os documentos do Estado da técnica não resolvem o problema de remoção de metais e nutrientes em ambientes aquáticos, através de um único material e com grande eficácia.

Sumário da Invenção

[0023] Dessa forma, a presente invenção resolve os problemas do estado da técnica a partir do uso da biomassa seca ou úmida de briófitas, selecionada do grupo consistindo de: *Ricciocarpos natans* (L.) Corda, *Sphagnum perichaetiale* Hampe, e *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp., como agente fitorremediador em soluções contaminadas por metais e nutrientes em que a dita biomassa adsorve os ditos metais e nutrientes. A dita biomassa pode ser apresentada em forma de almofada/sachê ou filtro aplicado a ambientes lênticos de água doce, efluentes ou água para consumo humano. Adicionalmente, a presente invenção descreve método de obtenção das biomassas seca e úmida. A presente invenção apresenta como vantagens alta eficiência do material adsorvente na remoção de metais e nutrientes, obtenção de forma natural e facilitada fato que causa um baixo custo de produção. Além disso, é um produto natural derivado de briófitas que são facilmente encontradas, possuem altas taxas de reprodução e elevada tolerância a alterações ambientais. E, por fim, por ser um material leve, é facilmente armazenado e transportado favorecendo a aplicação em grande escala.

[0024] A presente invenção tem como conceitos inventivos os seguintes objetos:

[0025] A presente invenção tem como primeiro objeto o uso da biomassa de briófitas selecionada do grupo consistindo de *Ricciocarpos natans* (L.) Corda, *Sphagnum perichaetiale* Hampe, e *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp como agente fitorremediador em soluções contaminadas por metais e nutrientes em que a dita biomassa adsorve os ditos metais e nutrientes.

[0026] A presente invenção tem como segundo objeto um método de obtenção das biomassas seca e úmida que compreende:

- a) lavagem das amostras das espécies de briófitas com água destilada;

b) pesagem da amostra, após lavagem, obtendo-se a biomassa úmida;

c) obtenção da biomassa seca a partir da biomassa úmida em que a dita biomassa úmida é seca em estufa a 70°C por 24h seguida da trituração em moinho de facas e 28000 rpm por aproximadamente 30 segundos.

[0027] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e serão descritos detalhadamente a seguir.

Breve Descrição das Figuras

[0028] São apresentadas as seguintes figuras:

[0029] A figura 1 mostra a aplicação do material adsorvente em forma de almofada ou sachê consistindo de biomassa seca (em marrom) ou úmida (em verde). Essa forma de apresentação do material pode ter tamanhos variados conforme o dimensionamento do ambiente que será tratado.

[0030] A figura 2 mostra a aplicação do material adsorvente consistindo de biomassa seca (em marrom) em um filtro de água residencial. A água contaminada entra no filtro pelo suporte, passa pelo material que adsorve os metais e nutrientes presentes nessa água e por fim sai do filtro em sua forma descontaminada e própria para consumo.

[0031] A figura 3 mostra os oito testes realizados para cada bateria sendo testadas as biomassas seca e úmida para cada espécie, somadas às provas em branco e controle.

Descrição Detalhada da Invenção

[0032] Aqui, será relatado um material adsorvente obtido a partir da biomassa de briófitas selecionada do grupo consistindo de: *Ricciocarpos natans* (L.) Corda, *Sphagnum perichaetiale* Hampe, e *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp. com capacidade de adsorver metais e nutrientes de soluções contaminadas como ambientes lênticos, efluentes e água para consumo humano. A escolha das espécies de briófitas se deve ao fato de serem plantas cosmopolitas, sem presença de tecidos verdadeiros e bastantes resistentes às alterações ambientais, além de serem muito utilizadas em laboratórios pela simplicidade estrutural e rápida taxa de multiplicação.

[0033] As espécies anteriormente mencionadas foram cultivadas em aquários, isoladamente, mantidas a temperatura ambiente, com regime de luz natural. Devido ao seu habitat *B. muehlebeckii* Bruch & Schimp. recebeu oxigenação constante através de um compressor de ar para aquário. Para comprovar a eficácia dessas na adsorção de metais e nutrientes foram realizados experimentos de adsorção em duas baterias, utilizando biomassas seca e úmida. Em ambas as baterias, as briófitas foram expostas a soluções enriquecidas com metais (Fe e Cr) e nutrientes (N e P), e em seguida, as concentrações de metais e nutrientes foram mensuradas pelos métodos de Espectrometria de Absorção Atômica (EAA) e colorimetria, respectivamente.

[0034] Os resultados dos experimentos demonstraram a capacidade das espécies de remover ferro e cromo em um percentual de 22 % e 31 %, respectivamente, quando usada biomassa úmida. O emprego da biomassa seca proporcionou um aumento expressivo sobre a capacidade de remoção, alcançando percentuais de 89% e 87%, para ferro e cromo, respectivamente. Também foram realizados testes de reuso com a *S. perichaetiale*, que apresentou maior eficiência. Esses testes também apresentaram bons resultados de adsorção, possibilitando reaproveitamento da biomassa em mais de um ciclo.

[0035] Quanto aos resultados obtidos para nutrientes, observa-se uma redução de 29 % e 26 % para nitrogênio e fósforo, respectivamente, quando aplicada a biomassa úmida aos experimentos. Em relação ao uso da biomassa seca, a redução observada para nitrogênio é de 21 %, e de 24 % para fósforo. Já na reutilização das biomassas, é possível observar uma redução de 44 % para nitrogênio, podendo indicar que a efetividade de remoção dos nutrientes aumenta com o tempo de exposição.

[0036] A partir desses resultados concluiu-se que o material adsorvente pode ser utilizado como agente fitorremediador de soluções contaminadas por metais e nutrientes em forma de almofada/sachê compreendendo biomassa seca ou úmida (Figura 1) ou em forma de filtro compreendendo biomassa seca

(Figura 2).

[0037] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta o uso da biomassa de briófitas selecionada do grupo consistindo de *Ricciocarpos natans* (L.) Corda, *Sphagnum perichaetiale* Hampe, e *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp. como agente fitorremediador em soluções contaminadas por metais e nutrientes em que a dita biomassa adsorve os ditos metais e nutrientes.

[0038] Em uma concretização, o uso compreende as ditas soluções contaminadas sendo ambientes lênticos de água doce, efluentes ou água para consumo humano.

[0039] Em uma concretização, o uso compreende os ditos metais serem selecionados do grupo consistindo de Cr e Fe.

[0040] Em uma concretização, o uso compreende os ditos nutrientes serem selecionados do grupo consistindo de N e P.

[0041] Em uma concretização, a biomassa é usada em forma de almofada ou sachê adsorventes.

[0042] Em uma concretização, a dita almofada e/ou sachê absorvente compreenderem biomassa úmida ou seca.

[0043] Em uma concretização, a biomassa é usada como um filtro de efluentes contaminados ou água para consumo humano.

[0044] Em uma concretização, o dito filtro compreende biomassa seca (em pó).

[0045] Em uma concretização, o dito filtro é acoplado a torneiras e/ou filtros de água.

[0046] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um método de obtenção das biomassas seca e úmida que compreende:

- a) lavagem das amostras das espécies de briófitas com água destilada;
- b) pesagem da amostra, após lavagem, obtendo-se a biomassa úmida;
- c) obtenção da biomassa seca a partir da biomassa úmida em que a dita biomassa úmida é seca em estufa a 70°C por 24h seguida da trituração em moinho de facas e 28000 rpm por aproximadamente 30 segundos.

[0047] A presente invenção contribui, portanto, para redução de metais e

nutrientes de soluções contaminadas através de um material adsorvente com alta eficiência na adsorção de poluentes, obtido a partir de um processo simplificado e natural, com baixo custo de produção, além de ser facilmente armazenado e transportado.

Exemplo 1 – Experimento e Análise laboratorial

[0048] Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

Obtenção do material biológico

[0049] As amostras de *Ricciocarpos natans* (L.) Corda foram cedidas pelo pesquisador Denilson Fernandes Peralta, do Instituto de Botânica de São Paulo (IBt) e pelo professor João Fernando Prado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) que cultivam a espécie. Os exemplares de *Sphagnum perichaetiale* Hampe foram coletados no município de Cidreira, Rio Grande do Sul, próximos à Lagoa Fortaleza (30°07'06" S e 50°15'41" W); e os representantes de *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp. foram coletados fixados em rochas do leito do rio, próximo à cachoeira, no município de São Vicente do Sul, Rio Grande do Sul (29°23'33,7" S e 54°45'52,5" W).

Cultivo do material biológico

[0050] As três espécies foram cultivadas separadamente, em três aquários contendo água da torneira sem qualquer enriquecimento. Foram mantidas a temperatura ambiente e com regime de luz natural. Em função das características de habitat, *B. muehlenbeckii* Bruch & Schimp. foi mantida com oxigenação constante através de um compressor de ar para aquário.

Preparação das amostras de biomassa úmida e seca

[0051] Antes do início dos experimentos, os frascos nos quais as amostras foram armazenadas para determinação dos metais, passaram por banho de HNO₃ 10 % durante 7 dias. Após o banho, os frascos foram lavados com água Milli-Q e deixados para secar naturalmente.

[0052] Os frascos em que foram armazenadas as amostras para determinação

dos nutrientes, passaram apenas por lavagem com água Milli-Q e, posteriormente, foram deixados para secar naturalmente. Para a preservação, foram adicionadas gotas de H_2SO_4 P.A. para ajustar o $\text{pH} < 2$.

[0053] Para a preparação das amostras, inicialmente, as espécies foram lavadas com água destilada para remoção de partículas agregadas.

[0054] Em seguida, para a obtenção da biomassa úmida, as amostras lavadas foram escorridas e pesadas. Após a pesagem, a amostra foi avaliada morfológicamente em microscópio óptico, para comparação de possíveis alterações morfológicas após o tempo de exposição dos testes.

[0055] A obtenção da biomassa seca foi realizada a partir da amostra úmida. Após a lavagem, a amostra úmida foi seca em estufa a 70°C durante 24 horas. Em seguida, o material foi triturado em moinho de facas a 28000 rpm durante, aproximadamente, 30 segundos.

Preparação de amostras que serão utilizadas ao longo dos experimentos

Solução de hidróxido de sódio 1M

[0056] Dissolveu-se 20 g de hidróxido de sódio em um bécker contendo 400 mL de água destilada/deionizada, sob banho de gelo. Aguardou-se esfriar a solução e acrescentou-se mais 100 mL de água destilada. A solução foi guardada em frasco plástico.

Solução de ácido sulfúrico 30%

[0057] Em bécker contendo aproximadamente 665 mL de água destilada/deionizada, adicionou-se 335 mL de ácido sulfúrico concentrado. Aguardou-se esfriar a solução e essa foi armazenada em frasco de vidro.

Indicador de fenolftaleína

[0058] Dissolveu-se 0,5 g de indicador fenolftaleína em 50 mL de álcool etílico e 50 mL de água destilada/deionizada.

Solução de tartarato de potássio e antimônio

[0059] Dissolveu-se 1,3715 g de tartarato de potássio e antimônio ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) em cerca de 300 mL de água destilada/deionizada. Transferiu-se para o balão volumétrico de 500 mL e avolumou-se com água

destilada/deionizada.

Solução de molibdato de amônio

[0060] Dissolveu-se 20 g de molibdato de amônio em 500 mL de água destilada/deionizada.

Solução de ácido sulfúrico 2,5 M

[0061] Diluiu-se 70 mL de ácido sulfúrico concentrado em 500 mL de água destilada/deionizada.

Solução de ácido ascórbico 0,1 M

[0062] Dissolveu-se 1,76 g de ácido ascórbico em 100 mL de água destilada/deionizada, volumetricamente. Estável a 4° C por uma semana.

Reagente combinado

[0063] Em bécker, mantendo esta proporção, adicionou-se as seguintes soluções: 50 mL de ácido sulfúrico 2,5 M, 5 mL de solução de tartarato de potássio e antimônio, 15 mL da solução de molibdato de amônio e 30 mL da solução de ácido ascórbico, perfazendo 100 mL. Misturou-se com um bastão de vidro.

Solução estoque padrão de fósforo 50 mg/L

[0064] Dissolveu-se 0,2197 g de fosfato diácido de potássio (KH_2PO_4), previamente seco por 1 hora em estufa a 105° C, em água destilada/deionizada. Transferiu-se para balão volumétrico de 1000 mL e avolumou-se.

Solução padrão de fósforo 2,5 mg/L

[0065] Transferiu-se 50 mL da solução estoque de fósforo de 50 mg/L para balão volumétrico de 1000 mL e avolumou-se com água destilada/deionizada.

Curva de calibração para ortofosfato

[0066] Construiu-se uma curva de calibração com a solução padrão de fósforo 2,5 mg/L. Primeiro foram transferidas, para balão de 100 mL, alíquotas de 0, 2, 4, 8, 14 e 20 mL do padrão. Avolumou-se com água destilada/deionizada. Respectivamente, obteve-se padrões de 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,35 e 0,5 mg/L.

Solução de hidróxido de sódio 6 M

[0067] Em bécker, sob banho de gelo, dissolveu-se 240 g de hidróxido de sódio em 1000 mL de água destilada/deionizada.

Solução de ácido sulfúrico 3 M

[0068] Em bécker, dissolveu-se 168 mL de ácido sulfúrico concentrado e diluiu-se a 1000 mL com água destilada/deionizada.

Solução de hidróxido de sódio 0,1 M

[0069] Dissolveu-se 4 g de hidróxido de sódio em 1000 mL de água destilada/deionizada.

Solução de tetraborato de sódio 0,025 M

[0070] Dissolveu-se 5 g de tetraborato de sódio anidro ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) ou 9,5 g de tetraborato de sódio decaidratado ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) em 1000 mL de água destilada/deionizada.

Solução tampão de borato

[0071] Em bécker, adicionou-se 88 mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 M a 500 mL da solução de tetraborato de sódio 0,025 M. Diluiu-se a 1000 mL com água destilada/deionizada

Solução de ácido bórico 2%

[0072] Dissolveu-se 20 g de ácido bórico em 1000 mL de água destilada/deionizada.

Solução de estoque de amônia 100 mg/L

[0073] Secou-se em estufa a 100° C por 2 horas, cerca de 2 g de cloreto de amônio. Ao ser retirado da estufa, o sal foi colocado em dessecador até esfriar. Posteriormente, pesou-se 0,3819 g deste e diluiu-se em balão volumétrico de 1000 mL com água destilada/deionizada.

Solução estoque de amônia 1 mg/L

[0074] Transferiu-se 1 mL da solução estoque de 100 mg/L de amônia para balão volumétrico de 100 mL e avolumou-se com água destilada/deionizada

Solução de hidróxido de sódio 8 M

[0075] Dissolveu-se em bécker, sob banho de gelo, 160 g de hidróxido de sódio em 500 mL de água destilada/deionizada.

Reagente de Nessler

[0076] Dissolveu-se 100 g de iodeto de mercúrio e 70 g de iodeto de potássio em pequenas quantidades de água destilada/deionizada. Adicionou-se esta solução a 500 mL de solução de hidróxido de sódio 8 M fria. Diluiu-se esta mistura a 1000 mL com água destilada/deionizada. Ao final, a solução deve ser armazenada em frasco escuro de borossilicato. Valido por 1 ano. Testou-se o reagente com um padrão de 0,1 mg/L. Verificou-se a ausência de pequeno precipitado após 2 horas de reação.

Curva de calibração para nitrogênio amoniacal

[0077] Partindo do estoque de amônia de 1 mg/L, foram retiradas alíquotas de 0, 2, 5, 10, 50 e 100 mL e transferidas para balões volumétricos de 100 mL. Avolumou-se cada um deles com água destilada/deionizada. Respectivamente, estes possuem 0; 0,02; 0,05; 0,10; 0,50 e 1,00 mg/L de amônia.

Solução de cultivo

[0078] Em frasco graduado, preparou-se quantidade suficiente para a diluição das amostras. Mantendo a proporção, para cada 1000 mL de água destilada/deionizada adicionada ao frasco graduado, adicionou-se 1 mL de cada uma das soluções: tampão de fosfatos, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico (descritas abaixo). Aerou-se esta água por 15 min com auxílio de uma bomba de aquário. Desligou-se e manteve-se em repouso por 15 min. Após este tempo, a solução estava pronta para o uso.

Solução tampão de fosfatos

[0079] Em bécker, adicionou-se 8,5 g de dihidrogenofosfato de potássio, 21,75 g de fosfato de potássio diácido anidro, 33,4 g de fosfato de sódio diácido heptahidratado e 1,7 g de cloreto de amônio. Diluí-los em cerca de 800 mL de água destilada/deionizada. Verificar o pH da solução e, se necessário, ajustar o pH a 7,2 com solução de hidróxido de sódio 30 %. Avolumar com água destilada/deionizada a 1000 mL.

Solução de sulfato de magnésio

[0080] Dissolveu-se 22,5 g de sulfato de magnésio heptahidratado em 1000

mL de água destilada/deionizada.

Solução de cloreto de cálcio

[0081] Dissolveu-se 27,5 g de cloreto de cálcio em 1000 mL de água destilada/deionizada.

Solução de cloreto férrico

[0082] Dissolveu-se 0,25 g de cloreto férrico hexahidratado em 1000 mL de água destilada/deionizada.

Solução para banho HNO₃ 10 %

[0083] Em bécker, dissolveu-se 100 mL de ácido nítrico concentrado a 1000 mL com água destilada/deionizada.

Solução de 20 mg/L de ferro total

[0084] Diluiu-se 5 mL de padrão de Fe total concentrado (1000 ppm) em 250 mL de água da torneira em balão volumétrico.

Solução de 100 mg/L de ferro total

[0085] Diluiu-se 25 mL de padrão de Fe total concentrado (1000 ppm) em 250 mL de água da torneira em balão volumétrico

Solução de 1 mg/L de cromo total

[0086] Diluiu-se 0,25 mL de padrão de Cr total concentrado (1000 ppm) em 250 mL de água da torneira em balão volumétrico

Solução de 5 mg/L de cromo total

[0087] Diluiu-se 1,25 mL de padrão de Cr total concentrado (1000 ppm) em 250 mL de água da torneira em balão volumétrico.

Solução padrão de nitrogênio 1000 mg/L

[0088] Secou-se em estufa a 100° C por 2 horas, cerca de 4 g de cloreto de amônio. Armazenou-se em dessecador. Pesar 4,4 g deste e diluiu-se em balão volumétrico de 1000 mL com água destilada/deionizada

Solução de 40 mg/L de nitrogênio

[0089] Diluiu-se 2 mL da solução padrão de nitrogênio de 1000 mg/L em 250 mL de água da torneira em balão volumétrico.

Solução de 200 mg/L de nitrogênio

[0090] Diluiu-se 10 mL da solução padrão de nitrogênio de 1000 mg/L em 250 mL de água da torneira em balão volumétrico.

Solução padrão de fósforo 1000 mg/L

[0091] Secou-se em estufa a 100° C por 2 horas, cerca de 5 g de fosfato diácido de potássio (KH₂PO₄). Armazenou-se em dessecador. Pesou 3,819 g deste e diluiu-se em balão volumétrico de 1000 mL com água destilada/deionizada.

Solução de 8 mg/L de fósforo

[0092] Diluiu-se 10 mL da solução padrão de nitrogênio de 1000 mg/L em 250 mL de água da torneira em balão volumétrico.

Solução de 40 mg/L de fósforo

[0093] Diluiu-se 50 mL da solução padrão de nitrogênio de 1000 mg/L em 250 mL de água da torneira em balão volumétrico.

Preparação dos meios de exposição

[0094] Os meios de exposição foram preparados com diferentes concentrações de cromo total, ferro total, fósforo e nitrogênio.

a) Soluções bateria 1

[0095] As soluções da bateria 1 foram preparadas com 250 mL de água de torneira enriquecidas com as concentrações de 20 mg.L⁻¹ de Fe; 1 mg L⁻¹ de Cr; 40 mg L⁻¹ de N e 8 mg L⁻¹ de P, adicionando-se água as alíquotas correspondentes dos metais e nutrientes e em seguida, as espécies, em um erlenmeyer de 250 mL.

b) Soluções da bateria 2

[0096] As soluções da bateria 2 foram preparadas com 250 mL de água da torneira enriquecidas com as concentrações de 100 mg L⁻¹ de Fe; 5 mg L⁻¹ de Cr; 200 mg L⁻¹ de N e 40 mg L⁻¹ de P adicionando-se água as alíquotas correspondentes dos metais e as espécies, em um erlenmeyer de 250 mL.

c) Amostras controle e branco

[0097] As amostras de controle e branco são preparadas para ambas as baterias;

[0098] As amostras controle foram realizadas em replicatas para cada bateria e essas amostras foram submetidas ao experimento, contendo solução de cultivo e alíquota dos metais, sem os espécimes de briófitas.

[0099] As amostras de branco foram compostas apenas por água de torneira, sem adição dos elementos Fe, Cr, N e P e sem os espécimes de briófitas.

[0100] Desta forma, elencando todos os testes, temos oito testes para cada uma das baterias conforme ilustrado na Figura 3.

Exposição

[0101] Antes da exposição, foi coletada uma alíquota da água da torneira para testes de concentração prévia dos metais Fe e Cr, e dos nutrientes, N e P, com vista a conhecer concentrações (ainda que mínimas) que atuariam neste teste como contaminantes.

[0102] Ainda antes do início da exposição ajustou-se o pH das amostras com soluções de NaOH ou HNO₃, para um valor próximo de 7,00 e mediu-se a condutividade das soluções.

[0103] Inicialmente, manteve-se as suspensões sob agitação mecânica, todas ao mesmo tempo, a 100 rpm durante 24 horas, com refrigeração a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ e sob fonte de iluminação de uma lâmpada de LED 9W, distante do agitador aproximadamente 15 cm, temperatura de cor de 300 K, respeitando-se os mesmos intervalos de iluminação natural.

Pós-exposição

[0104] Após o tempo de experimentação, as soluções contendo biomassa úmida passaram por peneiramento, para separar as briófitas das soluções aquosas. As briófitas foram colocadas em uma cápsula, já tarada, pesada, e levada a uma estufa, onde permaneceram durante 24 horas a 70°C. Após a secagem na estufa, as cápsulas foram pesadas novamente e levadas à mufla. O material final pode ser analisado para indicar o teor de elementos.

[0105] Para as soluções contendo biomassa seca, as amostras foram centrifugadas para separar o conteúdo sólido da solução aquosa. A biomassa seca separada foi colocada em uma cápsula, já tarada, pesada, e levada para

estufa, onde permaneceram durante 24 horas a 70° C. Posterior à secagem na estufa, o material foi pesado novamente, e levado para mufla. O resíduo final pode ser analisado para indicar o teor de elementos.

[0106] Finalizada a remoção das biomassas, as amostras de água tiveram novamente o pH e a condutividade mensurados, e em seguida foram retiradas alíquotas de 50 mL para determinação dos metais (Fe e Cr), e 200 mL para determinação de nutrientes (N e P).

Determinação dos metais e dos nutrientes

[0107] Os metais foram determinados pelo método de Espectrometria de Absorção Atômica (EAA). Para as análises foram necessários 50 mL de amostras, incluindo as provas em branco e controles.

[0108] A determinação dos nutrientes foi feita por colorimetria seguindo a metodologia descrita abaixo.

[0109] No caso das amostras calcinadas, os metais são determinados pelo método de Espectrometria de Absorção Atômica (EAA), e para estas análises são necessários 500 mg das amostras. Já a determinação de nutrientes pode ser feita por ICP-MS ou técnicas colorimétricas, ambas precedidas por digestão do material.

Determinação de ortofosfato em solução aquosa

[0110] Em erlenmeyer de 125 mL, foram adicionados 50 mL ou uma fração diluída da amostra filtrando em papel qualitativo com o auxílio de funil. Procedeu-se de mesma maneira com as amostras controle e preferencialmente, com duas amostras de branco, devidamente identificadas, nas quais se utiliza água Milli-Q como amostra. Em seguida, foram adicionadas algumas gotas (± 3) de fenolftaleína. Nos casos em que a solução apresentou coloração rósea, foram adicionadas algumas gotas da solução de ácido sulfúrico 30% até ficar incolor. Posteriormente, foi realizada a leitura em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 880 nm, em cubeta de 20 mm, calibrando com as provas em branco e utilizando como padrão a de menor valor. As alíquotas de amostra utilizadas não foram descartadas para que, se

necessário, fosse realizada a verificação da coloração das amostras. Após a leitura de cor (se realizada) foram adicionados 8 mL do reagente combinado recentemente preparado às amostras, assim como aos controles e brancos. As amostras foram agitadas e deixadas reagir por 10 minutos, não deixando ultrapassar 30 minutos. Procedeu-se a leitura em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 880 nm, e cubeta de 20 mm, zerando o equipamento com a prova em branco.

Determinação de nitrogênio amoniacal em solução aquosa

[0111] Primeiramente, o aparelho “Velp” de destilação foi ligado e dentro do guia “Análises” foi selecionada a opção “Lavagem”. Em seguida, um tubo Velp vazio foi conectado para que a limpeza do equipamento fosse realizada.

[0112] Simultaneamente a lavagem, foi transferida quantitativamente 100 mL da amostra e dos controles, ou uma fração diluída, para o tubo de Velp e adicionada 100 mL de água Milli-Q a, preferencialmente, dois tubos de Velp, que serviram como referências de Branco. Finalizada a lavagem, a opção de análise “Nitrogênio Amoniacal” foi selecionada, e ajustou-se a quantidade da amostra, nome da mesma e usuário.

[0113] Ao tubo Velp foram adicionados 5 mL da solução tampão de borato e 2 gotas de hidróxido de sódio 6 M, para ajustar o pH > 9,5. O tubo Velp contendo a amostra foi imediatamente conectado, ao sistema de destilação que já estava preparado para análise, pois já está ocorrendo a liberação da amônia.

[0114] Após iniciado o método para destilação de “nitrogênio amoniacal” no equipamento Velp aguardou-se o final do processo até o sinal sonoro. Foi coletado cerca de 100 mL do destilado neste balão, completando-o com água Milli-Q até o menisco. Com uma pipeta volumétrica foram transferidos 50 mL do destilado para um erlenmeyer. O mesmo foi feito para os controles e provas em branco. O pH dos frascos foi ajustado para 7,0 com hidróxido de sódio 1 M e 2 mL do reagente de Nessler foram adicionados aos frascos, homogeneizando-os posteriormente. Aguardou-se 30 minutos, após esse período foi feita a leitura da absorbância em espectrofotômetro, com comprimento de onda de

420 nm, nas amostras com reagentes, utilizando-se o branco de menor valor para calibração. A partir dos valores obtidos foi construída uma curva de concentração *versus* absorvância e verificada a concentração observada para as amostras.

[0115] Durante a espera de 30 minutos, os 50 mL restantes dos balões foram utilizados para averiguar presença de cor nas amostras.

Cálculos

[0116] O Teor de metais (Fe e Cr) com base na determinação por EAA foi obtido diretamente da concentração por volume, não necessitando de cálculos.

[0117] O Teor de fósforo baseado na determinação de ortofosfato foi calculado pela seguinte fórmula:

$$P \text{ (mg/L)} = \frac{(C \times 1000)}{V_{am}}$$

Onde,

C = concentração verificada na leitura no espectrofotômetro em mg/L;

V_{am} = volume de amostra empregada na determinação, em mL.

[0118] O Teor de nitrogênio (formato amônia) baseado na determinação de nitrogênio amoniacal foi calculado pela seguinte fórmula:

$$NH_3 \text{ (mg/L)} = \frac{(C \times V_d)}{V_{am} \times V_n}$$

Onde,

C = concentração verificada na leitura, em mg/L;

V_d = volume do destilado + volume de ácido bórico, em mL;

V_a = volume da amostra inicial empregada na destilação, em mL;

V_n = volume destilado empregado na nesslerização, em mL.

Resultados

Resultados da remoção de metais

[0119] A tabela 1 apresenta os resultados de eficiência de adsorção dos

metais observados nos experimentos das três espécies testadas. Com a análise dos resultados pode-se concluir que a presente invenção apresentou significativa capacidade de remoção de ferro e cromo em amostras aquosas, empregando biomassa úmida ou seca. No caso da biomassa úmida, os percentuais de remoção de ferro e cromo foram de 22 % e 31 %, respectivamente. O emprego de biomassa seca acarretou no aumento expressivo sobre a capacidade de remoção dos poluentes, alcançando percentuais de remoção de 89 % e 87 %, para ferro e cromo, respectivamente.

Tabela 1 - Eficiência de adsorção de metais observada nos experimentos para as três espécies testadas.

Biomassas	Porcentagem de remoção (%)			
	Massa seca		Massa úmida	
Cromo (Cr)	87 %		31 %	
Ferro (Fe)	89 %		22 %	
Baterias	Bateria 1	Bateria 2	Bateria 1	Bateria 2
Cromo (Cr)	95 %	96 %	47 %	39 %
Ferro (Fe)	96 %	99 %	28 %	30 %
Espécies	<i>B. muehlebeckii</i>	<i>R. natans</i>	<i>S. perichaetiale</i>	
Cromo (Cr)	50 %	70 %	78 %	
Ferro (Fe)	48 %	62 %	71 %	

[0120] A presente invenção, empregando biomassa seca demonstrou excepcionais percentuais de remoção de ferro e cromo em amostras de água, mesmo quando exposto a concentrações dez vezes superiores àquelas estabelecidas como máximas aceitáveis em água destinada ao consumo humano, segundo legislação vigente, alcançando percentuais de remoção superiores a 90 %.

[0121] Ainda analisando os resultados da tabela 1 foi possível observar a maior eficiência de *S. perichaetiale* em adsorver os contaminantes, desta

forma, foram realizados testes de reuso com as biomassas seca e úmida (tabela 2), sendo que estas também apresentaram bons resultados de adsorção, possibilitando assim, o reaproveitamento da biomassa em mais de um ciclo.

Tabela 2 - Eficiência na adsorção observada para o Gênero *Sphagnum* nos experimentos de biomassas úmida e seca, e testes de reuso.

Gênero <i>Sphagnum</i>				
Testes	Biomassa seca		Biomassa úmida	
Remoção (%)	99 %		51 %	
Testes de Reuso de Biomassa				
Biomassas	Massa seca		Massa úmida	
Baterias	Bateria 1	Bateria 2	Bateria 1	Bateria 2
Remoção (%)	82 %	10 %	0 %	10 %

Resultados da remoção de nutrientes

[0122] A tabela 3 apresenta os resultados de adsorção dos nutrientes observados nos experimentos para as três espécies testadas. A partir da análise dos resultados, é possível observar que as espécies testadas são capazes de reduzir os nutrientes presentes na água, possibilitando o emprego de ambas as biomassas, seca e/ou úmida.

Tabela 3 - Eficiência de adsorção de nutrientes observada nos experimentos para as três espécies testadas.

Biomassas	Porcentagem de remoção (%)			
	Massa seca		Massa úmida	
Nitrogênio (N)	21 %		29 %	
Fósforo (P)	24 %		26 %	
Baterias	Bateria 1	Bateria 2	Bateria 1	Bateria 2

Nitrogênio (N)	13 %	28 %	46 %	12 %
Fósforo (P)	25 %	24 %	32 %	30 %
Espécies	<i>B. muehlebeckii</i>	<i>R. natans</i>	<i>S. perichaetiale</i>	
Nitrogênio (N)	35 %	2 %	26 %	
Fósforo (P)	43 %	14 %	21%	
Reuso	<i>Sphagnum perichaetiale</i>			
Nitrogênio (N)	44 %			
Fósforo (P)	13 %			

[0123] Os resultados com a utilização de nutrientes demonstram que a biomassa úmida apresentou, apesar da pouca diferença, maior capacidade de redução do que a biomassa seca. Além disso, quando comparada a eficiência das três espécies utilizadas nos testes, *Bryum muehlebeckii* se destaca, sendo capaz de absorver melhor ambos os nutrientes.

[0124] Nos resultados dos testes de reuso, constata-se o aumento da remoção de nitrogênio, sugerindo que a maior eficiência na absorção dos nutrientes, possa estar relacionada com o maior tempo de exposição das briófitas a estes compostos presentes na água.

[0125] Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes e alternativas, abrangidas pelo escopo das reivindicações a seguir.

Reivindicações

1. Uso da biomassa de briófitas selecionada do grupo consistindo de *Ricciocarpos natans* (L.) Corda, *Sphagnum perichaetiale* Hampe, e *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp. **caracterizado** por ser como agente fitorremediador em soluções contaminadas por metais e nutrientes, em que a dita biomassa adsorve os ditos metais e nutrientes.

2. Uso, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelas ditas soluções contaminadas serem ambientes lênticos de água doce, efluentes ou água para consumo humano.

3. Uso, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelos ditos metais serem selecionados do grupo consistindo de Cr e Fe.

4. Uso, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelos ditos nutrientes serem selecionados do grupo consistindo de N e P.

5. Uso, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por ser em forma de almofada e/ou sachê adsorventes.

6. Uso, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pela dita almofada e/ou sachê adsorventes compreenderem biomassa úmida ou seca.

7. Uso, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por ser como filtro de efluentes contaminados ou água para consumo humano.

8. Uso, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo dito filtro compreender biomassa seca (em pó).

9. Uso, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** por pelo dito filtro ser acoplado a torneiras e/ou filtros de água.

10. Método de obtenção das biomassas seca e úmida, conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado** por compreender:

- a) lavagem das amostras das espécies de briófitas com água destilada;
- b) pesagem da amostra, após lavagem, obtendo-se a biomassa úmida;
- c) obtenção da biomassa seca a partir da biomassa úmida em que a

dita biomassa úmida é seca em estufa a 70°C por 24h seguida da trituração em moinho de facas e 28000 rpm por aproximadamente 30 segundos.

FIGURAS

ALMOFADA ou SACHÊ

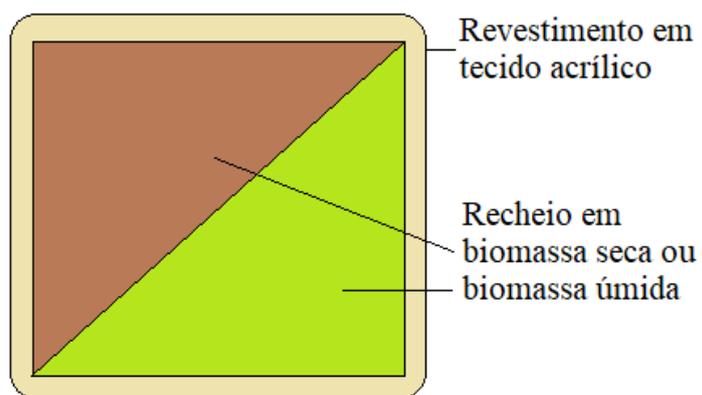


Figura 1

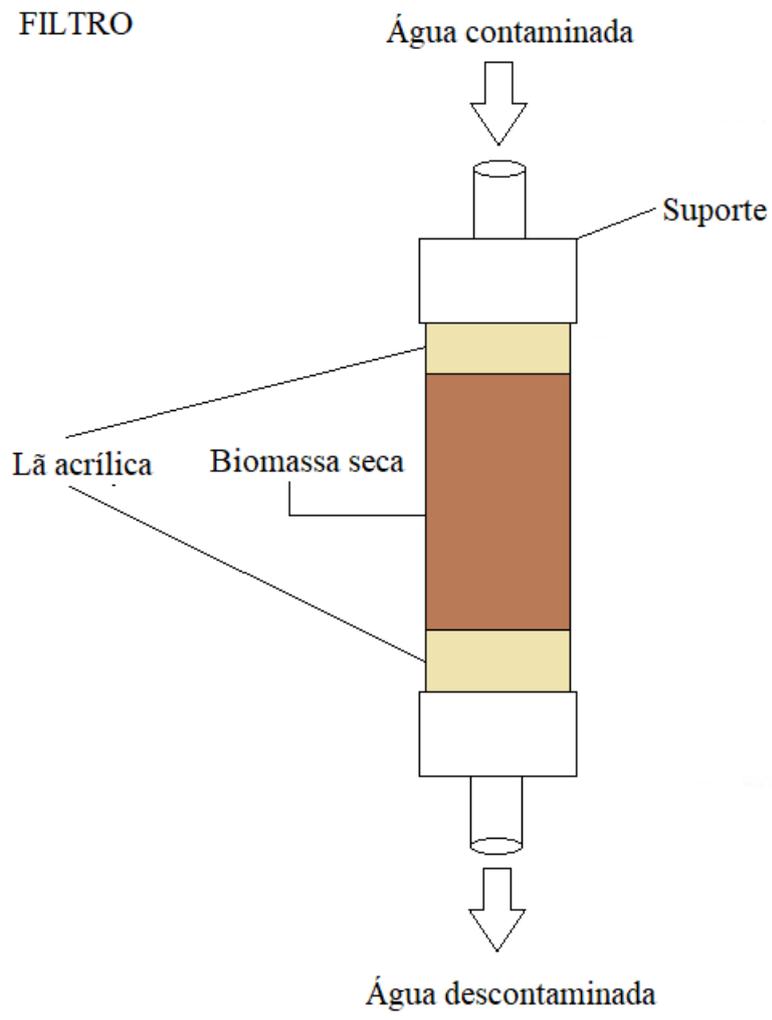


Figura 2

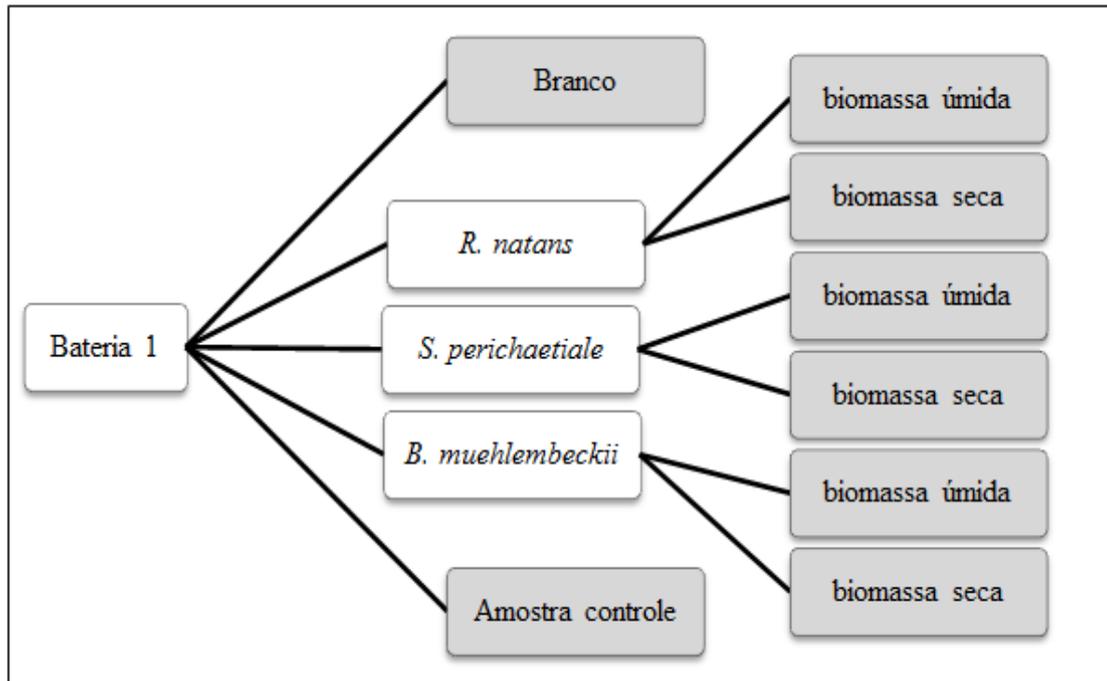


Figura 3

Resumo**USO DA BIOMASSA DE BRIÓFITAS COMO AGENTE FITORREMEIADOR EM
SOLUÇÕES CONTAMINADAS POR METAIS E NUTRIENTES E MÉTODO DE
OBTENÇÃO DAS BIOMASSAS SECA E ÚMIDA**

A presente invenção descreve o uso de uma biomassa de briófitas selecionada do grupo consistindo de *Ricciocarpos natans* (L.) Corda, *Sphagnum perichaetiale* Hampe, e *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp. como agente fitorremediador em soluções contaminadas por metais e nutrientes em que a dita biomassa adsorve os ditos metais e nutrientes podendo ser aplicada em forma de almofada e/ou sachê ou em forma de filtro. A presente invenção se situa nos campos da engenharia ambiental, química, farmácia.