

Uso de cinza de casca de arroz como constituinte da camada de substrato em sistema wetland para tratamento de efluentes

RESUMO

Neste estudo foi avaliado o desempenho do Wetland Construído através da utilização de cinzas da combustão de biomassa casca-de-arroz como camada de substrato para tratamento de efluentes, onde foi testada a capacidade de depuração do efluente líquido como método alternativo para tratamento secundário de efluentes sanitários. Para tanto, foram analisados os seguintes parâmetros: DBO5, OD, fósforo, nitrogênio amoniacal, condutividade elétrica, pH, cor e turbidez. Estes parâmetros foram medidos por um período compreendido em aproximadamente 4 meses nas amostras do efluente de entrada, efluente oriundo da Estação de Tratamento de Efluentes da Unisinos, e nos efluentes de saída dos dois wetlands (sistema com cinza e sistema sem cinza). Os resultados esperados são o desenvolvimento de uma metodologia adequada para a depuração de efluente sanitário fundamentada experimentalmente; desenvolvimento de um sistema depurador de efluente doméstico utilizando um resíduo sólido industrial e minimização da disposição de RSI em aterro ao conferir uma aplicabilidade ao mesmo e alternativa para a substituição parcial de um recurso natural não-renovável, que tende a estar ameaçado de escassez.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema wetland. Cinza de Casca de Arroz. Tratamento de efluente líquido.

Graziela Tais Schmitt

grazi_gts@hotmail.com

Escola Politécnica / Universidade do Vale do Rio do Sinos - São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Regina Célia Espinosa Modolo

reginaem@unisinos.br

Escola Politécnica / Universidade do Vale do Rio do Sinos - São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Carlos Alberto Mendes Moraes

cmoraes@unisinos.br

Escola Politécnica / Universidade do Vale do Rio do Sinos - São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Adriani Daniela Dressler Johann

adriani.dressler@bol.com.br

Escola Estadual de Ensino Médio Olindo Flores da Silva - São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Tamara Nunes

tamarannunes@gmail.com

Escola Estadual de Ensino Médio Olindo Flores da Silva - São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

Wetlands são sistemas naturais projetados sob critérios de engenharia e empregados inicialmente no tratamento de esgotos domésticos. Esses sistemas de tratamento foram concebidos para o tratamento de efluentes domésticos e industriais, visando principalmente a decomposição da matéria orgânica e a remoção das formas de nitrogênio e fósforo pela transformação e absorção direta pelas macrófitas aquáticas (COOPER e FINDLATER, 1990 apud BORDIN, 2010.). Os wetlands construídos são sistemas de baixo custo que requerem uma reduzida entrada de energia, o que os torna particularmente atraentes para o tratamento de águas residuais em pequenas e médias comunidades, e nos países em desenvolvimento (ÁLVAREZ E BÉCARES, 2008 apud BRIX, 1994.).

Segundo Hammer (1989 apud OLIJNYK, 2008.), os sistemas wetlands construídos também são chamados de wetlands artificiais, pois simulam o funcionamento dos wetlands naturais. Os wetlands possuem a principal tarefa de reduzir a concentração de nutrientes que seriam descartados no meio ambiente. Esse tipo de sistema vem sendo utilizado tanto em tratamento de lixiviados de aterro sanitário como em estações de tratamento de esgotos (ETEs). Segundo Mannarno et al., (2006 apud BORDIN, 2010) e Valentim (2003 apud BORDIN, 2010) trata-se de alternativa simples, que tem apresentado resultados satisfatórios. Basicamente, esses sistemas são constituídos de canais preenchidos por meio poroso com alta condutividade hidráulica (usualmente cascalho, areia grossa ou brita), o qual dá suporte ao crescimento de macrófitas e de biofilme, além do fundamental papel de atuar como filtro para alguns poluentes (KALIJURI et al., 2009 apud USEPA, 2000; KADLEC et al., 2000; MBWETTE; KATIMA e JØRGENSEN, 2001). Por este fato, a utilização de cinza de casca de arroz aparece como uma solução de valorização desde resíduo sólido interessante. O emprego de sistemas wetland para o tratamento de esgotos sanitários tem crescido substancialmente em várias partes do mundo, particularmente em instalações de pequeno porte. A literatura científica já reúne considerável acervo de estudos de monitoramento e tentativas de modelagem de funcionamento desses sistemas, muito embora, ainda persistam importantes lacunas de informações, principalmente em países de clima tropical (KALIJURI et al., 2009). De acordo com os mesmos autores, no Brasil, o interesse e os estudos sobre WC são também crescentes.

Macrófitas aquáticas são espécies comumente usadas como depuradoras neste tipo de sistema. Esta é a denominação genérica dada a um conjunto de plantas que crescem no meio aquático, em solos saturados ou alagados, sendo constituídas por espécies como macroalgas, a exemplo do gênero Chara, angiospermas, como o gênero Typha (ESTEVES, 1998 apud BRASIL, 2007), e até árvores de ciprestes (Taxodium sp.) (APHA, 1995 apud BRASIL, 2007). Kissmann (1997 apud BORDIN, 2010) descreve que a Typha, vulgarmente conhecida por Taboa, é uma planta pertencente à família Typhaceae, originária da América do Sul. É uma planta daninha aquática encontrada frequente em margens de lagos, lagoas ou represas, canais de drenagem e baixadas pantanosas em geral. Plantas de Typha absorvem metais pesados, inclusive o cobre, podendo contribuir para o saneamento ambiental. As regiões com macrófitas aquáticas têm papel significativo em processar nutrientes, absorver substâncias tóxicas, e em regular o fluxo hidráulico. (MARQUES, 1999 apud DINIZ, 2005).

Uma grande variedade de macrófitas aquáticas pode ser usada no tratamento de águas residuárias em sistemas alagados construídos. Todavia, é necessário que essas plantas apresentem tolerância às condições de alagamento contínuo conjugado com altas concentrações de poluentes presentes em águas residuárias ou águas de enxurradas (BRASIL et al., 2007 apud DAVIS, 1995.). Diversos estudos indicam que um aumento de sedimento de matéria orgânica pode inibir o crescimento e a sobrevivência de plantas submersas (SILVEIRA; THOMAZ, 2015).

A tendência do aproveitamento integral de resíduos é uma necessidade cada vez maior na indústria moderna, devido à crise energética mundial e à busca de fontes alternativas de energia renovável. Neste sentido, as cascas residuais oriundas dos engenhos de beneficiamento de arroz vêm sendo utilizadas como combustível, visando o aproveitamento energético. Quando não queimadas, são descartadas no meio ambiente, em terrenos baldios ou em mananciais, provocando poluição ambiental (FOLETTTO et al., 2005).

Referente aos resíduos sólidos, a partir da combustão da casca de arroz, gera-se outro resíduo, a cinza da casca de arroz (CCA). Esta, apesar de não ser considerada um resíduo perigoso, deve ser descartada em aterros industriais, para evitar a contaminação do meio. Por ser composta basicamente de sílica, a CCA apresenta potencial de matéria-prima na elaboração de diversos materiais (KIELING, 2009). Cinza de casca (CCA) é o termo geral que descreve todos os tipos de cinzas produzidas pela combustão de casca de arroz (KHALI, 2008). No entanto, a eliminação direta de CCA no ambiente pode trazer consequências graves. Ela pode apresentar elevados níveis de carbono e sílica, com efeitos perigosos quando acumuladas nos leitos dos rios, como por exemplo, a alteração do pH do solo e da água em geral (FOLETTTO et al., 2005). No período 2013-2014 cerca de 12 milhões de toneladas de arroz em casca foram produzidos no Brasil. Reconhecendo que à casca de arroz foi dado um destino adequado como fonte de energia sob a forma de biomassa, a estimativa de geração de CCA se aproxima de 500.000 toneladas (FAOUNS, 2014).

Outra justificativa para a realização deste estudo é a tentativa de aplicação do conceito “*cradle to cradle*” concebido por Braungart e McDonough (2009) que enfatiza que a natureza opera de acordo com um sistema e um metabolismo no qual não existe resíduo, pois a maioria dos nutrientes da Terra – carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio – são cíclicos e recicláveis, sendo assim, resíduo é igual a alimento.

Portanto, mesmo que os resultados obtidos não promovam a utilização da CCA como agente depurador de efluente sanitário, os resultados obtidos demonstram que o resíduo não impacta negativamente o sistema e se torna uma alternativa para a substituição parcial de um recurso natural não-renovável, que tende a estar ameaçado de escassez.

A areia usada para este fim é extraída principalmente em várzeas e leitos de rios, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, arenitos e pegmatitos decompostos (VALVERDE, 2000). Em geral, a forma como a areia é extraída provoca diversos impactos no meio ambiente, conforme a Resolução CONAMA nº 001 de 1986, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que

direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (ARNAUT et al., 2009).

As atividades de extração mineral são de grande importância para o desenvolvimento social, mas também são responsáveis por impactos ambientais negativos muitas vezes irreversíveis (BRANDT, 1998). Estes se tornam mais visíveis com a dinamização do processo de industrialização e o crescimento das cidades, que aceleram os conflitos entre a necessidade de buscar matérias-primas e a conservação do meio ambiente (POPP, 1992). Segundo o Sumário Mineral/2001, publicado pelo DNPM (2002), a mineração da areia em leitos de rios é responsável por 90% da produção brasileira. (LELLES, 2005).

OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é adaptar o sistema *wetland*, analisando a viabilidade da adição de resíduo de cinzas de cascas de arroz como um dos substratos na depuração do efluente líquido do sistema em substituição parcial de um recurso natural não-renovável, nomeadamente, areia a base de sílica.

METODOLOGIA

A composição química da CCA foi analisada por espectrometria de energia dispersiva de fluorescência (FRX) (EDX 720 HS, Shimadzu). Os resultados foram expressos como percentagem em base de óxido normalizada para 100% de massa total (Fernandes et al., 2016).

Foi utilizado um método alternativo para tratamento secundário de efluentes sanitários, denominado *wetland* construído com adição de resíduo industrial de baixo valor agregado como meio de preenchimento no sistema. Foi escolhido o sistema de fluxo vertical, apresentado na Figura 1, com alimentação intermitente, pois este necessita de pouca área, possibilita maior oxigenação no filtro e demonstra maior eficiência na depuração do efluente.

Figura 1. Protótipo do sistema Wetland de fluxo vertical.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram construídos dois reservatórios, cada um contendo as seguintes dimensões: 40 cm de comprimento, 30 cm de largura e 40 cm de profundidade e preenchidos primeiramente por uma camada de brita nº 2, a segunda camada com areia grossa, terceira camada com brita nº 2 e finalizando com uma camada de areia grossa. Além destes substratos, faz parte do sistema um conjunto de macrófitas, que é fixado na camada intermediária, à mesma desempenha papel importante, incluindo a absorção de nutrientes e outros constituintes da água residuária; transferência de oxigênio para o substrato, por meio do sistema radicular e dos rizomas e a inibição do crescimento de algas sobre o substrato, causada pela sombra promovida pelas folhas. A espécie escolhida foi a *Typha* spp, popularmente conhecida como Taboa. Bordin, em 2010, descreve que esta macrófita é uma das mais utilizadas para depuração da água e, é comumente encontrada na Bacia do Rio dos Sinos. Em um dos sistemas, além dos materiais de preenchimento anteriormente citados, foi adicionado uma camada de cinzas de casca de arroz como um substrato.

Com a instalação dos dois wetlands, realizamos as análises dos efluentes, nos quais os parâmetros analisados no efluente de entrada e de saída com cinza e sem cinza foram: DBO5, OD, fósforo, nitrogênio amoniacal, condutividade elétrica, pH, cor e turbidez. As análises de DBO5, OD, nitrogênio amoniacal e fósforo foram realizados de acordo com os procedimentos descritos em *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). As análises dos demais parâmetros, foram realizadas por meio de medidores in loco. Neste trabalho utilizou-se o efluente tratado na Estação de Tratamento de Efluente (ETE) da Unisinos. Esse efluente foi coletado na saída do reator UASB da ETE. Utilizou-se o efluente secundário, complementando um sistema de depuração biológica convencional. As taxas de aplicação de efluente foram constantes, os sistemas foram abastecidos semanalmente, cerca de 05 L de efluente em cada sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização química da CCA analisados utilizando FRX são apresentados na Tabela 1. A composição química da CCA teve pequena variação, sobressaindo os níveis de SiO₂. Os oligoelementos mais comuns, presente na CCA são Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn e esta variabilidade é devido a fatores geográficos, ano de colheita, fertilizantes e agroquímicos utilizados em campos de arroz (DELLA, 2002).

Tabela 1. Caracterização química da cinza de casca-de-arroz obtida por fluorescência de raios-x

Composição em base óxido	Cinza de casca de arroz (% mass total de resíduo)
SiO ₂	90.02
Al ₂ O ₃	0.08
Fe ₂ O ₃	0.01
K ₂ O	0.81
CaO	0.00
Cl	0.03
P ₂ O ₅	0.34
SO ₃	0.07
ZnO	0.01
MnO	0.00
Perda ao fogo (525°C±25)	9.88
Carbono Total	8.63

Fonte: Fernandes et al., 2016

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 2, a concentração de nitrogênio e fósforo diminuiu consideravelmente no wetland contendo a CCA. Este fato pode ser considerado relevante, tendo em vista que o excesso de nutrientes nos corpos d'água pode acarretar a eutrofização (acúmulo desses dois elementos em corpos d'água, o que causa um crescimento excessivo das algas, prejudicando o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática).

Os parâmetros pH e condutividade diminuíram no efluente à saída do wetland com cinza. A cor e a turbidez também diminuíram no efluente à saída do wetland com cinza, o que pode indicar que a cinza apresenta propriedades filtrantes. Para que as bactérias sobrevivam e se multipliquem é necessário haver alimento (matéria orgânica) e oxigênio. Se houver muitos alimentos, as bactérias se multiplicarão em demasia e disputarão entre si todo o oxigênio disponível; dessa forma, o oxigênio tende a acabar e as bactérias a morrerem, transformando-se em mais alimento disponível. Acabado o oxigênio, as águas do rio ou do lago serão incapazes de sustentar a vida aeróbia. Portanto, tem existe um limite (DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/l (CONAMA 430/2011)) de matéria orgânica que pode ser lançada a um rio ou a um lago, para que o oxigênio existente não desapareça e com isso o rio ou lago não sejam capazes de sustentar a presença de vida (NAIME, 2009). Verificou-se um aumento

significativo nos resultados da DBO5 dos efluentes à saída dos wetlands quando comparada com o efluente de entrada.

Tabela 2. Resultado da caracterização dos efluentes

	Efluente à ENTRADA	Efluente à SAÍDA (COM CINZA)	Efluente à SAÍDA (SEM CINZA)
DBO_{5s} (mg/L)	14	19,6	24,5
Nitrogênio (mgN/NH₃)	10,75	0,2	0,75
Fósforo (mg/LP)	13,81	5,26	0,51
OD (mg/L)	4,4	10,75	9,9
pH	7,68	7,25	6,7
Cor (Pt/Co (Hz))	179,5	27	45
Turbidez (NTU)	5,95	0,54	0,68
Condutividade (µS)	489	490,5	473,5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Monitoramento do crescimento das plantas

	Macrófita em Wetland sem CCA – Parte Aérea da planta (cm)	Macrófita em Wetland com CCA – Parte Aérea da planta (cm)	
F1	150	F1	93
F2	98	F2	82
F3	157	F3	54
F4	144	F4	107
F5	142	F5	113

Fonte: Elaborado pelo autor.

O crescimento das plantas foi monitorado por fotografias mensais. As Typha foram plantadas em janeiro e até maio apresentaram um crescimento significativo, indicando que as plantas se desenvolveram mais no período de temperaturas mais elevadas. O monitoramento visual indicou folhas predominantemente verdes e o crescimento das Typhas. A figura 2 mostra as plantas e evidencia a diferença de altura e quantidade de massa vegetativa.

Figura 2. Diferença de altura entre plantas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O nitrogênio é, em geral, o elemento que as plantas necessitam em maior quantidade. Na sua maior proporção é absorvido pelas raízes na forma de nitrato. O efeito externo do nitrogênio mais visível é a vegetação verde e abundante. O fósforo estimula o crescimento das raízes, garante uma “arrancada” vigorosa, apressa a maturação, estimula o florescimento e ajuda a formação das sementes e aumenta a resistência ao frio. (MALOVOLTA, 1989).

As plantas no Wetland com cinza tiveram um menor crescimento quando comparado com as plantas do Wetland sem cinza, como mostrado nos resultados apresentados na tabela 3 e na figura 2. Ao atingir seu patamar máximo de crescimento, ou seja, o seu estágio de planta adulta, estas plantas absorvem apenas a quantidade de nutrientes suficiente para sua sobrevivência. Por isso, as podas são necessárias, pois fazem com que se inicie um novo ciclo de crescimento na busca por uma quantidade maior de nutrientes para o seu desenvolvimento (BORDIN, 2010), assim como o crescimento de suas eflorescências.

CONCLUSÃO

A concentração de nitrogênio e fósforo diminuiu consideravelmente no Wetland contendo a CCA, fato este, que pode ser considerado relevante do ponto de vista ambiental, pois o excesso de nutrientes nos corpos d'água pode acarretar a eutrofização. Este acúmulo em especial de P e N causa um crescimento excessivo das algas, prejudicando o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

Como é notório, as atividades de extração mineral são de grande importância para o desenvolvimento social, mas também são responsáveis por impactos ambientais negativos muitas vezes irreversíveis, tendo em conta o tempo de regeneração, ou formação deste tipo de recurso natural (nomeadamente, areias). Portanto, torna-se indispensável a busca por alternativas de substituição deste tipo de recurso ou matéria prima de maneira a minimizar os impactos negativos associados a estes processos para a efetiva conservação do meio ambiente.

Tendo em conta a dinamização do processo de industrialização e o crescimento das cidades, o uso indiscriminado deste tipo de recurso natural acelera a sua escassez.

Com este estudo, foi possível verificar que a utilização da cinza de casca de arroz gerada na combustão biomassa para geração de energia, apresenta-se como uma opção interessante na medida que permite o controle do teor de nutrientes na água resultante do processo, o que pode promover oportunidades do ponto de vista da fertirrigação. Além disso, busca-se assim uma solução como coproduto de um material que traz associado a suas características químicas e físicas impactos potenciais de contaminação do solo, água e ar.

De qualquer forma, os resultados obtidos indicam a necessidade de estudos complementares, de forma a compreender e fundamentar os mecanismos determinantes na remoção de nutrientes, assim como o uso da cinza de casca de arroz como camada de substrato na substituição de areia, um recurso natural não renovável.

Use of rice rusk ash as substrate component layer in wetland system for effluent treatment

ABSTRACT

It was performed the evaluation of a constructed wetland through the use of ashes from biomass combustion of rice-husk-ash as a substrate layer for wastewater treatment, which was tested for its ability clearance of the effluent as an alternative method for wastewater secondary treatment. They had been analyzed the following parameters: BOD5, Oxygen Demand, phosphorus, ammonia nitrogen, electrical conductivity, pH, color and turbidity. These parameters were measured for a period of approximately four months on incoming effluent samples, effluent coming from the Unisinos wastewater treatment plant, and the output effluent of the two wetlands (system with gray and no gray). The expected results are the development of appropriate methodology for sanitary effluent purification based experimentation; developing a wastewater purifier system using a solid industrial waste and reduction of RSI arrangement in landfills by providing an applicability reasons the same and alternative to the partial replacement of a natural resource nonrenewable, which tends to be prone to shortages.

KEYWORDS: Wetland system. Rice rusk ash. Treatment of liquid effluent.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION (Ed.) **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA, 2005.

ARNAULT, G.C.L, VASCONCELOS, F.C.W, SILVA, B.A. Mineração de areia e Meio Ambiente: impactos, políticas e legislação. **Revista Reuna**, V.14, n.2, p. 13-27,2009.

BORDIN, F. Estudo da remoção de matéria orgânica carbonácea, nitrogênio amoniacal e fósforo em lixiviado pré-tratado de aterro sanitário empregando Typha em wetland. São Leopoldo, 2010. **Dissertação (Mestrado) – UNISINOS**.

BRASIL, M. S, MATOS, A. T, SOARES, A. Plantio e desempenho fenológico da taboa (Typha sp.) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído., V. 12, n.3, p. 266-272, 2007.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W. **Cradle-to-cradle – Remaking the way we make things**. ISBN 9780099535478, 2009

BRIX H Use of constructed wetlands in water pollution control: Historical development, present status and future perspectives. **Water Sci. Technol.** 30 (8) 209-223, 1994.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº001**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 07 abril de 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº430**, de 13 de maio de 2011, Seção III - Das Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 11 abril de 2016.

DAVIS, L.A. Handbook of Constructed Wetlands. **A Guide to Creating Wetlands for: Agricultural Wastewater, Domestic Wastewater, Coal Mine Drainage, Stormwater in the Mid-Atlantic Region**. V.1, 1995.

DELLA VP, KÜHN I, HOTZA D. Rice husk ash as an alternate source for active silica production. **Mater Lett**, V.57, p.818–21, 2002.

DINIZ, C. R. Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Suplemento)**, p. 226-230, 2005.

FAO/UN. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics – FAOSTAT. **Food and Agricultural commodities production/Countries by commodity**, 2014.

FERNANDES, I.J, CAVALHEIRO, D, KIELING, A.G, MORAES C.A.M, ROCHA, T.L.A.C, BREHM, F.A, MODOLO, R.C.E. Characterization of rice husk ash produced using different biomass. **Fuel**, V.165, p.351-359, 2016.

FOLETTI, L. F., HOFFMANN, R., PORTUGAL J.R, JAHN, S. L., Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz, *Quím. Nova*, 28 (2005) 1055-1060.

KALIJURI, M.L., BASTOS, R.K.X., MAGALHÃES, T.B., CAPELETE, B.C., DIAS, E.H.O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Eng Sanit Ambient** V.14, n.3, p. 421-430, jul/set 2009.

KIELING, A. G. Influência da Segregação no Desempenho de Cinzas de Casca de Arroz como Pozolanas e Material. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UNISINOS**, São Leopoldo, RS, 2009.

LELLES, L.C, GRIFFITH, J.J, MARTINS, S.V. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d'água. **Sociedade de Investigações Florestais**, V.29, n.3, p.439-444, 2005.

MALAVOLTA, E. **Abc da adubação** – 5ª ed. São Paulo: Ed Agronômica Ceres. p.292, 1989.

OLIJNYK, D. P. Avaliação da nitrificação e desnitrificação de esgoto doméstico empregando filtros plantados com macrófitas (wetlands) de fluxos vertical e horizontal – sistemas híbridos. Florianópolis, 2008. **Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina**.

R. Khalil. Impact of the surface chemistry of rice hull ash on the properties of its composites with polypropylene, **PhD thesis, RMIT University, Melbourne, Australia (2008)** [in Portuguese].

SILVEIRA, M. J, THOMAZ, S. M. Growth of a native versus an invasive submerged aquatic macrophyte differs in relation to mud and organic matter concentrations in sediment. **Aquatic Botany**. V.124, p.85–91, 2015.

Recebido: 17 jun. 2016.

Aprovado: 10 ago. 2016.

DOI: 10.3895/rts.v12n26.4545

Como citar: SCHIMITT, G. T, *et al.* Uso de cinza de casca de arroz como constituinte da camada de substrato em sistema Wetland para tratamento de efluentes **R. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 12, n. 26, p. 209-221, set./dez. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/4545>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Graziela Taís Schmitt
Rua Aratimbo, 148 - Bairro Industrial
Novo Hamburgo - RS

Direito autorial: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

