



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

CÉLULA DE COMBUSTÍVEL MICROBIANA INTEGRADA EM WETLANDS CONSTRUÍDOS DE FLUXO SUBSUPERFICIAL NO TRATAMENTO DE EFLUENTES HOSPITALARES

Eduardo S. Cunha

Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental - Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC.
email: eduardo76755@gmail.com

Gustavo S. Colares

Engenheiro Ambiental – Doutorando PPGTA -Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.
email: gutuscs@hotmail.com

Adrison Carvalho de Loreto

Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.
e-mail: adrison2010@hotmail.com

Fagner Silva

Engenheiro Ambiental– Mestrando-Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.
email: fagnersc88@yahoo.com.br

Ênio Leandro Machado⁽¹⁾

Químico Industrial, Doutor em Engenharia – Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC

Endereço⁽¹⁾: Universidade de Santa Cruz do Sul, Mestrado em Tecnologia Ambiental, Avenida
Independência, 2293. Bairro Universitário. Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (51)
3717-7545 - e-mail: enio@unisc.br

Resumo: O perfil de carga poluente dos efluentes hospitalares não segregados é muito semelhante aos efluentes urbanos dos setores de serviços como os das instituições de ensino superior. Especialmente quanto a carga de depleção de oxigênio dissolvido e eutrofizante. Neste sentido este trabalho desenvolveu em uma etapa inicial de estudos com *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial e vertical (WCFSS e WCFV), o funcionamento de sistema com célula microbiana em regime de batelada. O desenvolvimento da célula de combustível microbiana (WC/CCM) foi feito utilizando eletrodos de grafite em configurações de alimentação dos efluentes em fluxo vertical e horizontal. Neste caso efluente sanitário do campus universitário, semelhante ao efluente geral do hospital universitário foi aplicado para desenvolvimento preliminar do sistema WC/CCM. Foram considerados os seguintes parâmetros eletroquímicos: diferença de potencial em célula aberta; eficiência Coulômbica e densidade potência do sistema. O sistema de melhor desempenho operacional foi o WCFSS/CCM combinado com WCFSS, com tempo de detenção de 7 dias; previamente tratado por anaerobiose e com densidade de potência de $0,3 \text{ W m}^{-2}$, eficiência Coulômbica de 0,15% e eficiência de redução de COT (na etapa CCM) e nitrogênio total (com sistema integrado) superiores em 80%.

Palavras-chave: Células de combustível microbiana. Wetlands construídos; Efluentes urbanos; Efluentes Hospitalares.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

MICROBIAL FUEL CELL INTEGRATED IN CONSTRUCTED WETLANDS OF SUBSURFICIAL FLOW IN THE TREATMENT OF HOSPITAL WASTEWATER

Abstract: *The pollutant load profile of the non-segregated hospital effluent is very similar to the urban effluents of service sectors such as those of higher education institutions. Especially regarding the depletion load of dissolved oxygen and eutrophication. In this sense, this work developed in an initial stage of studies with wetlands constructed of subsurface and vertical flow (CWSSF and CWVF), the operation of system with microbial cell in batch regime. The development of the microbial fuel cell (CW/MFC) was done using graphite electrodes in effluent feed configurations in vertical and horizontal flow. In this case, the effluent sanitary of the university campus, similar to the general effluent of the university hospital was applied for preliminary development of the CW/MFC system. The following electrochemical parameters were considered: potential difference in open cell; Coulomb efficiency and power density of the system. The best operational performance system was the CWSSF/MFC combined with CWSSF, with a 7-day detention time; previously treated by anaerobic and with power density of 0.3 W m^{-2} , Coulomb efficiency of 0.15% and reduction efficiency of TOC (in MFC stage) and total nitrogen (with integrated system) above 80%.*

Keywords: *Microbial fuel cells. Constructed Wetlands; Urban effluents; Hospital effluents.*

1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos efluentes da área da saúde tem referências mais específicas em termos de normas no Brasil especialmente com a RDC 357/05, que tem em 2009 proposta de revisão com o Subgrupo Lançamento de Efluentes de Serviços de Saúde – LESSA, e com a resolução CONAMA 430/2011, ambas admitindo lançamento dos esgotos em rede pública de coleta para tratamento nos processos adequados para as águas residuárias urbanas. No entanto, deve ser considerada a complexidade dos agentes poluentes em efluentes hospitalares, que podem integrar amplo grupo de contaminantes, tais como microrganismos patogênicos, surfactantes, residuais de medicamentos e seus metabólitos (drogas citostáticas usadas em quimioterapia), desinfetantes, radionuclídeos entre outros, associando-se sempre o potencial de toxicidade destes descartes (EMMANUEL, *et al.* 2004, FERK, *et al.*, 2009, SCHWAICKHARDT, 2015). Neste caso, a própria resolução CONAMA 430/2011 estabelece possibilidade de tratamento segregado especial para correntes efluentes com características de maior potencial poluente que o perfil tradicional dos efluentes urbanos.

Em função disto, o enfoque de muitos dos estudos concentram-se no impacto ambiental de grupos de poluentes orgânicos persistentes, por exemplo, fármacos e desinfetantes quali e quantitativamente relacionados (KÜMMERER, 2001, LUTTERBECK, 2015). Outras abordagens ocorrem via parâmetros gerais físico-químicos, químicos, ecotoxicológicos e genotóxicos (KÜMMERER, 2000, EMMANUEL, *et al.*, 2004, MACHADO, *et al.*, 2007, FERK, *et al.*, 2009,).

A integração de ambas as informações em matriz aquosa tão complexa quanto os efluentes hospitalares é muito importante, especialmente para caracterizar riscos de biomagnificação e

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

retroalimentação aos diversos níveis tróficos, quanto para aperfeiçoar a qualidade geral dos efluentes a serem descartados nos diversos ambientes naturais envolvendo corpos d'água. A média de consumo de água por leito hospitalar, e consequente geração de boa parte dos efluentes, nas diversas unidades de saúde, situa-se entre 400-1200 L dia⁻¹. Hospitais europeus e norte-americanos estão mais próximos da faixa de 750-980 L dia⁻¹ (EMMANUEL, *et al.*, 2004). Os efluentes podem ter grande diversidade, dependendo das atividades em cada estabelecimento: laboratório de análises clínicas; radio e quimioterapia; lavanderia; UTI e leitos de diversas classes de acomodação. Mesmo assim, se pode referir que quanto ao conteúdo de metais pesados, DQO e DBO₅, os efluentes hospitalares não diferem muito da matriz poluente dos esgotos urbanos (FIJAN, *et al.*, 2007 e VAN DENHOUWE, 2013).

De forma mais atual, no contexto internacional, Verlicchi, (2017), inclui no livro *Hospital Wastewaters* as recomendações da Organização Mundial das Nações Unidas (WHO, 1999/2014) e da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA). No caso da EPA a autora destaca que maior cuidado com fármacos residuais, bem como, a adoção de métodos avançados de tratamento de efluentes deverão garantir maior controle de danos associados as doenças de exposição a toxicidade e genotoxicidade. Neste caso, no mínimo, para perfil de cidades de menor porte, sistemas que combinem processos anaeróbios com *wetlands* construídos de fluxo vertical, com camada de leito para regime mais aeróbio são citados como exemplo de alternativa ao tratamento de efluentes hospitalares.

Assim sendo, neste trabalho foi desenvolvida etapa preliminar de aplicação de sistema integrado reator anaeróbio de fluxo ascendente + *wetland* construído de fluxo subsuperficial com célula microbiana (WCFSS/CCM) + WCFSS, visando avaliar a confecção em unidade de bancada de configuração de *wetlands* construídos com célula de combustível microbiana e os resultados eletroquímicos destes protótipos integrados, mas com foco inicial em efluente urbano que representasse as mesmas características do efluente geral de unidade hospitalar da universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Estes dados serão fundamentais para evolução de ensaios futuros com efluentes de vários setores do hospital com foco de controle dos parâmetros gerais de carga e com os poluentes prioritários, bem como para verificar as características eletroquímicas do sistema na potencial geração de energia.

2. METODOLOGIA

A Figura 1 representa o conjunto das duas configurações de *Wetlands* Construídos (WC) com CMM concebidas e construídas para este estudo. Apesar da representação do reator anaeróbio no sistema este não centrou parte de estudo do sistema, pois já é fruto de aplicação em outros estudos.

Nos primeiros quatro meses de estudo a configuração de fluxo vertical foi feita para o conjunto WCFV/CCM. Em um segundo momento a configuração WCFSS/CCM + WCFSS é construída, não apresentando problemas operacionais e sendo considerada para continuidade dos estudos.

Os efluentes selecionados para esta etapa dos estudos são coletados no tanque equalizador da unidade de tratamento de efluentes da UNISC, que funciona com a configuração: *gradeamento; caixa desarenadora, tanque equalizador, reator UASB; Biofiltro Aerado, Decantador Secundário e Cloração*. A captação de efluente para unidade estudada em escala piloto é feita com bomba submersa de 1 CV, com regime de batelada a cada 7 dias e com velocidade ascensional para o reator anaeróbio em escala

Realização



Correalização



Informações:

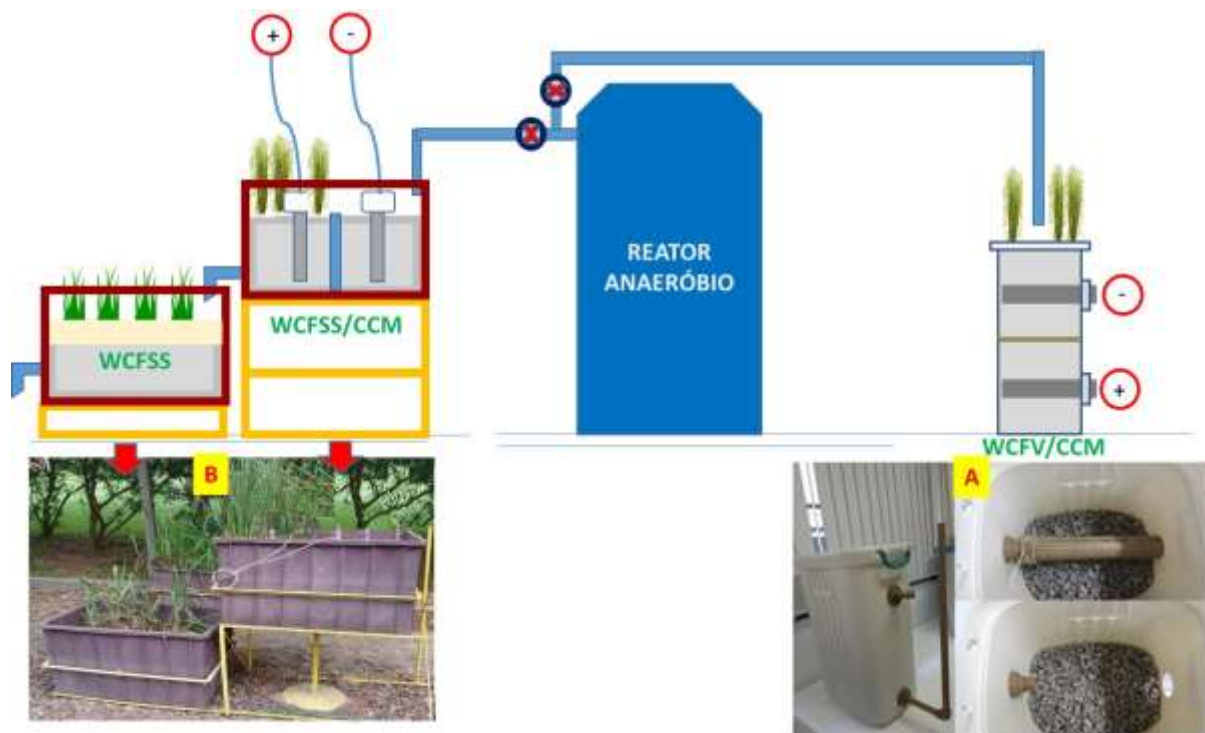
qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



piloto de 1 m h⁻¹. O descarte dos efluentes tratados retorna ao tanque equalizador da unidade para posterior tratamento na escala real.

Todas as amostras foram coletadas e preservadas de acordo com as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - APHA/AWWA (2012).

Figura 1 - Configurações dos sistemas integrados Reator Anaeróbio (1600 L de volume útil) + WCFV/CCM (A) e na segunda configuração com WCFSS/CCM. Volume útil dos WCs de 100 L, WCFSS/CCM com suporte de brita nº 2 e seixos. Eletrodos de grafite (4x20 cm). WCFV com suporte de brita nº 2 e seixos (proporção % de profundidade 80/20). WCFSS arei média, com suporte de brita nº 2 e seixos.



Foram caracterizados os parâmetros de Cor Absorciométrica (420 nm); turbidez; condutividade; pH; STD; N-NH₃; NT; P solúvel; COT; CT e CIT. Os parâmetros eletroquímicos foram caracterizados em termos da queda de tensão livre e corrente elétrica medidos com multímetro (V). Densidades de potência ($P = U^2 / RS$, mW / m²) foram determinadas através de cálculos elétricos básicos, onde U é a tensão (V), R é a resistência (Ω) e S é a área da seção transversal do reator (m²). Para obter a curva de polarização, a resistência externa foi observada ao longo de um intervalo de 16 Ω



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

2 Ω e a tensão de estado estacionário ao longo dos resistores foi medida. Os potenciais do eletrodo foram determinados contra um eletrodo saturado de Ag / AgCl.

Para a eficiência Coulômbica (EC) (a fração de elétrons usada para geração de eletricidade versus os elétrons na matéria orgânica inicial), foi calculada através da fórmula adaptada e mostrada na Eq. (1), que foi derivado de Logan (2009) para as CCMs alimentadas por águas residuais em batelada. Ao invés de DQO foi utilizado o parâmetro COT.

$$EC = M \times I / F \times q \times b \times \Delta COT \quad \text{Eq. (1)}$$

EC é a eficiência Coulômbica (%), M massa molecular de O_2 (g O_2 /mol O_2), que é 32. I é a corrente (A) e F é a constante de Faraday (C/mol), a qual é 94,685.q taxa de fluxo (L/s) b é o número de elétrons doados por mol de O_2 (mol e-/mol O_2), o qual é 4. Finalmente, ΔCOT representa a variação em COT entre afluente e efluente (g/L).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Desenvolvimento das Configurações dos WCs/CCM

A Figura 2 demonstra as limitações que a configura A (Figura 1) apresentou durante quatro meses de operação. Especialmente acúmulo e vazamentos nas conexões dos eletrodos de grafite foram os problemas. O não desenvolvimento da macrófita *Hymenachne grumosa* fez com fosse selecionada o Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) para continuidade dos ensaios.

Figura 2 - Aspectos de acúmulo com as mudas de *Hymenachne grumosa*.



Considerando o não desenvolvimento das macrófitas, e os vazamentos nas junções dos eletrodos de grafite, decidiu-se pela não continuidade do sistema WCFV/CCM, mas sim, pela adoção do sistema WCFSS/CCM. A alimentação do sistema também foi feita com efluente bruto sem pré-

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

tratamento com o reator anaeróbio, porém, apesar de recomendado em algumas literaturas (VAN DENHOUWE, 2013), observou-se maior intensidade de acolmatação da unidade.

Caracterização dos Efluentes

Os efluentes estudados foram caracterizados na etapa pós anaerobiose. O foco maior de estudo centrou na potencialidade da carga de COT para eficiência Coulômbica. A Tabela 1 apresenta os dados de caracterização dos efluentes pré e pós WCFSS/CCM.

Pode ser observado que a eficiência do sistema não segue a mesma tendência de redução da carga poluente apenas com o fósforo total. Isto, porque a unidade WCFSS no segundo estágio tem mais de 8 anos de utilização. Mesmo que tenha sido renovado o plantio de *Hymenachne grumosa* e tendo sido feito lavagem com água do leito no pós plantio, o sistema não desorveu totalmente os compostos com fosfatos insolúveis retidos no meio.

Tabela 1 - Dados de caracterização dos efluentes estudados.

Parâmetros	Parâmetros/Amostras			
	Bruto	Pós RA	Primeiro Estágio WCFSS/CCM	Segundo Estágio WCFHSS
pH	6,84	6,61	6,89	6,43
Condutiv. (uScm ⁻¹)	983	988	725	558
Turb. (NUT)	282,45	62,2	4,31	3,23
STD (ppm)	509	494	363	280
Cor (420 nm)	0,459	0,158	0,087	0,226
OD (mg L ⁻¹)	2,68	3,34	3,2	2,4
DDP (mV)	-75,9	-48,7	-63,83	-53,8
COT (mg L ⁻¹)	-	43,82	8,002	22,34
CI (mg L ⁻¹)	-	87,92	82,04	64,73
CT (mg L ⁻¹)	-	131,7	90,06	87,7
P solúvel (mg L ⁻¹)	-	3,43	1,41	2,18
N-NH ₃ (mg L ⁻¹)	-	54,32	24,08	6,72
NT (mg L ⁻¹)	-	72,39	36,27	14,8

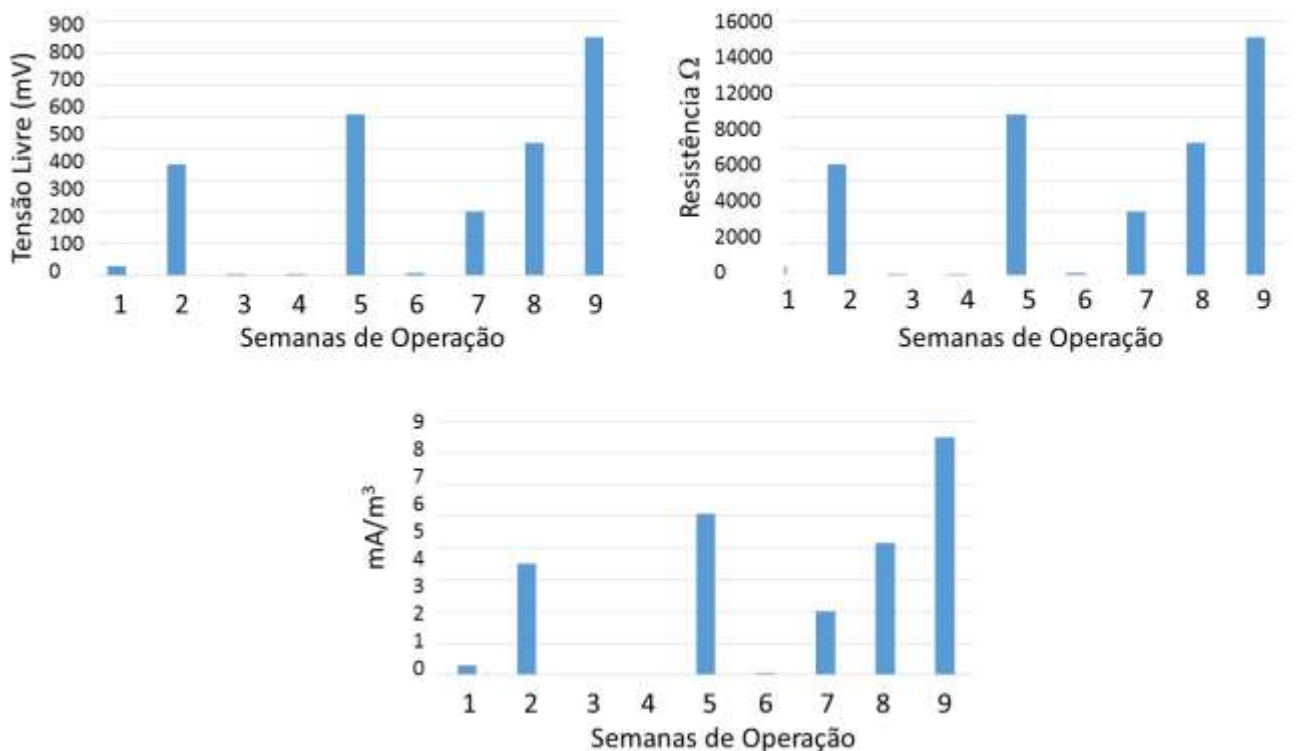
Alguns aspectos interessantes dos resultados da Tabela 1 seguem tendências inesperadas para um sistema sequencial de tratamento de efluentes. A chamada cor absorciométrica em 420 nm aumenta na última unidade de tratamento, especialmente devido aos materiais húmicos remanescente



de folhas da *Hymenachne grumosa* em decomposição. No replantio destas mudas nem todo este material pode ser removido do substrato de areia e brita. O mesmo comportamento se observa para o COT (não para CT, devido as variações de redução de pH), P solúvel e oxigênio dissolvido (OD). Nos demais parâmetros as tendências são normais, ou seja, maior depuração dos efluentes com as unidades sequenciais.

Na sequência das características de tratamento apresentadas na Tabela 1 são apresentadas na Figura 3 os dados eletroquímicos queda de tensão livre e corrente elétrica na unidade WCFSS/CCM.

Figura 3 – Parâmetros eletroquímicos da operação da unidade WCFSS/CCM



No comparativo com os resultados obtidos por Xu *et al.* (2017) mostram que os resultados da Figura 3 devem merecer atenção para Resistência da unidade WCFSS/CCM. Especialmente devido ao pouco tempo de operação da unidade (nove semanas) e de uma tensão livre que deveria proporcionar maior densidade de corrente por volume do WC.

Na Tabela 2 pode ser observados os valores de rendimento que caracterizam a unidade WCFSS/CCM

Tabela 2 – Características de desempenho para a unidade WCFSS/CCm em desenvolvimento

Parâmetro	Valor
Densidade de Potência W m ⁻³	0,10
Eficiência Coulômbica (%)	0,15
Potenciais de Eletrodo (mV)	-63,83



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Os dados da Tabela 2 demonstram a necessidade de desenvolvimento para a célula microbiana. Nas pesquisas desenvolvidas por Xu *et al.* (2017) a correlação entre DDP e resistência é muito superior (500 Ω para 589.9 mV). A distância entre eletrodos é menor nesta pesquisa, sendo que a configuração do reator pode distribuir a célula galvânica sobre a superfície do WC, tornando-a mais compacta e com disposição do sítio catódico na horizontal bem na superfície do WC. Isto permite maior disponibilidade de O₂ dissolvido na área óxica da célula.

Outro aspecto é considerar menor distância entre cátodo e ânodo proporcionará uma relação de área de eletrodo entre 5:1 ou 4:1, pois a acepção catódica tornará o processo eletroquímico mais eficiente para o potencial da CCM (CORBELLA, *et al.*, 2015).

É claro que o maior tempo de operação da WCFSS/CCM diminuirá a resistência elétrica por criar sistema radicular mais efetivo no sítio catódico. Também deve ser considerado maior cobertura no sítio anódico, para torna-lo de característica mais anaeróbia.

Perdas de carga não são esperadas significativamente na proposta do sistema aqui apresentado, pois a lâ de vidro não tem a mesma restrição de acolmatação do que membranas aplicadas em trabalhos como os de Van Denhouwe (2013).

Outro aspecto importante foi considerar o efluente do campus universitário com potencial para simular o que será o efluente do hospital universitário. Nos aspectos de parâmetros de carga poluente (COT/NT e P solúvel) as águas residuárias são semelhantes (KERN *et al.*, 2013).

No entanto, por referência da EPA, no trabalho organizado por Verlicchi (2017), o perfil dos poluentes prioritários merecerá tratamento com controle destes contaminantes/poluentes, não recomendando descarte na rede de esgotos urbana.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução dos sistemas WCFV/CCM para WCFSS/CCM trouxe vantagens de controle operacional para o sistema investigado nesta pesquisa, especialmente por evitar vazamentos nos dispositivos de acomodação dos eletrodos de grafite, bem como, potencializar desenvolvimento de novas configurações na disposição dos eletros de forma transversal ou em série dos mesmos (especialmente para melhorar Densidade de Potência W m⁻³ e Eficiência Coulômbica).

O controle de restrição de oxigenação no sítio anódico, com cobertura de material de baixa porosidade (plásticos por exemplo) poderá permitir que o mesmo se torne ainda mais anaeróbio, ao mesmo tempo que o Vetiver tornará o sítio catódico mais redutor com a presença de oxigênio dissolvido. Isto auxiliará que os parâmetros COT, cor absorciométrica m oxigênio dissolvido e fósforo solúvel sejam também reduzidos no sistema combinado WCFSS/CCM + WCFSS.

A simulação de tratamento do efluente hospitalar feita nesta pesquisa inicial com o efluente da caixa equalizadora de campus universitário se mostrou confiável para os parâmetros gerais. A evolução dos trabalhos deverá considerar estudo dos poluentes orgânicos prioritários nesta matriz efluente e também com amostra real do hospital universitário da UNISC para considerar eventuais restrições de eficiência que setores de lavanderia e alas de cirurgia possam trazer, especialmente com a presença do glutaraldeído.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos apoios de bolsa e financeiro a CAPES, FAPERGS e CNPq, com os projetos CNPQ 307257/2015-0 e Edital 02/2017-PqG.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

CORBELLA, C.; GUIVERNAU, M.; VIÑAS, M.; PUIGAGUT, J.; Operational, design and microbial aspects related to power production with microbial fuel cells implemented in constructed wetlands DOI: **10.1016/j.watres.2015.06.005**

DE OLIVEIRA SCHWAICKHARDT, RÔMULO ; Machado, Ênio Leandro ; LUTTERBECK, CARLOS ALEXANDRE . Combined use of VUV and UVC photoreactors for the treatment of hospital laundry wastewaters: Reduction of load parameters, detoxification and life cycle assessment of different configurations. **Science of the Total Environment**, v. 586, p. 1-9, 2017.

EMMANUEL, E., KECK, G., BLANCHARD, J-M., VERMANDE, P. and PERRODIN, Y., Toxicological effects of disinfections using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater, *Environmental International* 30, p. 891-900, 2004.

FERK, F. et al. Genotoxic effects of wastewater from an oncological ward. **Mutation Research**, V. 672, p. 69–75, 2009.

FIJAN, S. et al. Antimicrobial disinfection effect of a laundering procedure for hospital textiles against various indicator bacteria and fungi using different substrates for simulating human excrements. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, V. 57, p. 251–257, 2007.

KERN DI, SCHWAICKHARDT RO, MOHR G, LOBO EA, KIST LT, MACHADO EL (2013) Toxicity and genotoxicity of hospital laundry wastewaters treated with photocatalytic ozonation. **Sci Total Environ** 443:566–572

KÜMMERER, K. Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources – a review, **Chemosphere** 45 p.957-969, 2001,.

KÜMMERER, K., AL-AHMAD, A. and SUNDERMANN, V. M., Biodegradability of some antibiotics, elimination of the genotoxicity and affection of wastewater bacteria in a simple test, **Chemosphere** 40, 2000, p.701-710.

LOGAN, B.E., 2009. Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells. **Nature**, Reviews in Microbiology, 7, 375-381.

LUTTERBECK, CARLOS ALEXANDRE ; Machado, Ênio Leandro ; KÜMMERER, KLAUS . Photodegradation of the antineoplastic cyclophosphamide: A comparative study of the efficiencies of UV/H₂O₂, UV/Fe²⁺/H₂O₂ and UV/TiO₂ processes. **Chemosphere** (Oxford), v. 120, p. 538-546, 2015.

MACHADO, E.L. ; KIST, L. T.; SCHMIDT, R.; HOELTZ, J. M.; DALBERTO, D.; ALCAYAGA, E. L. A. Secondary Hospital Wastewater Detoxification and Disinfection by Advanced Oxidation Processes. **Environmental Technology**, V. 28, p. 1135-1143, 2007

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005 - "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

lançamento de efluentes, e dá outras providências.". - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 430/2011 - "**Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89

APHA/AWWA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF,2012.

VAN DENHOUWE, S. **Combining Constructed Wetlands and Microbial Fuel Cells for Enhanced Wastewater Treatment** Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen Academiejaar, Master in de Milieusanering en het Milieubeheer, 83 p., 2013.

VERLICCHI, P. Hospital Wastewaters Characteristics, Management, Treatment and Environmental Risks ISSN 1867-979X ISSN 1616-864X (electronic) **The Handbook of Environmental Chemistry**, 254 p. 2017

XU, L.; ZHAO, Y; WANG, T.; LIU, R.; & GAO, F.. Energy capture and nutrients removal enhancement through a stacked constructed wetland incorporated with microbial fuel cell **Water Science & Technology** · March 2017 DOI: 10.2166/wst..168, 2017

Realização

 ABES-RS



Correalização

 fepam

 UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375