



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

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



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMA INTEGRADO DE ANAEROBIOSE + WETLAND CONSTRUÍDO DE FLUXO LIVRE COM SUPORTE FLUTUANTE + O<sub>3</sub> NO TRATAMENTO DE EFLUENTES URBANOS

### Ana Cristina Rabuske

Engenheira Ambiental– Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

email: rabuske.anacristina@gmail.com

### Mauricio Francisco Daltoe

Engenheiro Ambiental–Mestrando PPGTA - Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC.

email: mauriciofranciscodaltoe@gmail.com

### Gustavo S. Colares

Engenheiro Ambiental – Doutorando PPGTA -Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

email: gutuscs@hotmail.com

### Evellyn Silva Sfolha.

Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental – Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.

e-mail: evysfolha@hotmail.com

### Ênio Leandro Machado<sup>(1)</sup>

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

**Endereço<sup>(1)</sup>:** 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:** *Wetlands* construídos são considerados como alternativa de saneamento sustentável com resultados favoráveis nos cálculos para pegada ecológica. Neste aspecto, uma parte desta avaliação foi feita neste trabalho com avaliação dos gases de efeito estufa, considerando análises de Carbono Orgânico Total - COT e Nitrogênio Total –NT. Para tanto foram considerados CO<sub>2</sub>-C; CH<sub>4</sub>-C e NO<sub>2</sub>-N. O processo desta avaliação considerou o sistema integrado Reator Anaeróbio + *Wetland Construído de Fluxo Livre Flutuante* (WCFLF) + O<sub>3</sub>. A integração do sistema envolveu uso das macrófitas *Hymenachne grumosa* e *Pistia Stratiotes* o qual foi monitorado visando à adequação de potencial reuso das águas residuárias. Além disto, foi aplicado a ozonização em reator de unidade de bancada com difusor de ar a partir de bomba pneumática com taxas de aplicação de 80 mg O<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> efluente<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> em regime de batelada, com tempo de detenção hidráulica de até 2 horas e com amostragens a cada 20 minutos. A qualidade do efluente final foi comparada com a norma ABNT NBR 13969/97, especialmente para aplicação em unidades descentralizadas de tratamento de esgoto urbano visando reutilização. Os parâmetros de monitoramento consideraram principalmente Cor Absorciométrica ( $\lambda$ s 420 nm), Turbidez, Coliformes totais, *Escherichia Coli*, COT, CI, CT, N-NH<sub>3</sub>, Nitrogênio Total e Fósforo Solúvel. Os resultados indicaram que o efluente pós-ozonização tem enquadramento como água de reuso Classe IV (em função da microbiologia) de acordo com a ABNT 13969, podendo ser aplicado em reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Melhorias de configuração são recomendadas para menor necessidade de manutenção na operação e enquadramento como Classe III. Para o fluxo de referência de 400 L os valores de Balanços de CO<sub>2</sub>-C, CH<sub>4</sub>-C e NO<sub>2</sub>-N (mg m<sup>-2</sup> semana<sup>-1</sup>) foram de 17622,1; 6263,44 e 47,34, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Wetlands Construídos; Fluxo Livre Flutuante; Hymenachne grumosa; Pistia Stratiotes; Ozonização.*

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

## GREENHOUSE EFFECT GASES IN INTEGRATED SYSTEM OF ANAEROBIOSE + CONSTRUCTED WETLAND FREE FLUX WITH FLOATING SUPPORT + O<sub>3</sub> IN THE TREATMENT OF URBAN EFFLUENTS

**Abstract:** Constructed wetlands are considered as a sustainable sanitation alternative with favorable results in the footprint calculations. In this aspect, a part of this evaluation was done in this work with evaluation of greenhouse gases, considering Total Organic Carbon - TOC and Total Nitrogen - NT analyzes. CO<sub>2</sub>-C; CH<sub>4</sub>-C and NO<sub>2</sub>-N. The process of this evaluation considered the integrated Anaerobic Reactor + Floating Free Flow Constructed System (CWFFF) + O<sub>3</sub>. The integration of the system involved the use of the macrophytes *Hymenachne grumosa* and *Pistia Stratiotes*, which was monitored for the appropriateness of potential reuse of the wastewater. In addition, it was applied to the ozonation in a bench-top reactor with air diffuser from a pneumatic pump with rates of 80 mg O<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> effluent<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> in batch mode, with hydraulic detention time of up to 2 hours and with samplings every 20 minutes. The quality of the final effluent was compared to the standard ABNT NBR 13969/97, especially for application in decentralized urban sewage treatment units for reuse. The monitoring parameters considered mainly Absorptiometric Color ( $\lambda = 420$  nm), Turbidity, Total Coliforms, *Escherichia Coli*, TOC, IC, TC, N-NH<sub>3</sub>, Total Nitrogen and Soluble Phosphorus. The results indicated that the post-ozonation effluent is classified as Class IV (according to microbiology) reuse water according to ABNT 13969, and can be applied in reuse in orchards, grains, fodder, cattle pastures and other crops through runoff or by a point irrigation system. Configuration enhancements are recommended for less maintenance in operation and framing as Class III. For the reference flow of 400 L the values of CO<sub>2</sub>-C, CH<sub>4</sub>-C and NO<sub>2</sub>-N (mg m<sup>-2</sup> week<sup>-1</sup>) were 17622.1; 6263.44 and 47.34, respectively.

**Keywords:** Constructed Wetlands; Free Floating Flow; *Hymenachne lumpy*; *Pistia Stratiotes*; Ozonation

### 1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento sustentável do uso das águas é um dos vários segmentos das tecnologias limpas para o constante desenvolvimento do gerenciamento ambiental. E para este desenvolvimento os parâmetros associados com pegada ecológica (CHEN, 2015) irão agregar cada vez mais itens como pegada de CO<sub>2</sub>eq, pegada hídrica e de energia (PENRU, *et al.*, 2016).

Mander, *et al.* (2014) desenvolveram trabalho com referência de banco de dados com 158 artigos associando cálculos de CO<sub>2</sub> eq direcionados para correlação com análises de carbono orgânico total e nitrogênio total, possibilitando associar valores de correlação significativa entre COT e CH<sub>4</sub> - C e entre os valores de emissão de NT com N<sub>2</sub>O- N para três tipos principais de WCs estudados. Foram avaliados *wetlands* construídos de fluxo livre flutuante (WCFLF), bem como de fluxos subsuperficial e vertical. Zonas climáticas temperada, boreal, quente, mediterrânea e tropical foram estudadas, trazendo maior potencial de aplicação para as expressões de cálculos das emissões de gases de efeito estufa em outros sistemas de *wetlands* construídos com configurações semelhantes. Estudar estes aspectos de pegada ecológica trará ainda mais benefícios de atendimentos das resoluções que evoluem no critério de qualidade ambiental quanto ao tratamento

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

de águas residuárias. Isto considera a Resolução 355/2017 do CONSEMA-RS, bem como a CONAMA 430.

Claro que com o perfil de tecnologias limpas para o tratamento de efluentes são ressaltados aspectos do objetivo principal do tratamento de esgoto, e que enquadra uma das principais demandas no Brasil para a questão ambiental, que é a de corrigir as suas características indesejáveis, de tal forma que seu uso ou a sua disposição final possa ocorrer de acordo com as regras e critérios definidos pelas autoridades legislativas. Por esta razão o tratamento inclui a redução da concentração de pelo menos um dos quatro constituintes mais importantes do esgoto: os sólidos em suspensão; o material orgânico (biodegradável); os nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo); e os organismos patogênicos (SALIBA e VON SPERLING, 2017).

Em alguns casos pode haver necessidade de se corrigir também a concentração de outros constituintes, como compostos inorgânicos e a cor (se a destinação final do processo for a reutilização deste efluente como água de reuso). Esgotos com grandes frações de água residuárias industriais podem requerer um tratamento especializado, dependendo dos constituintes particulares de sua composição, como metais pesados, pesticidas, compostos de enxofre, entre outros (TRIPATH *et al.*, 2011).

A partir dos aspectos anteriormente descritos, a combinação de tratamento de *wetlands* construídos, especialmente com configuração de menor impacto ambiental para construção e manutenção, vem sendo pesquisada com a ozonização. A referência principal na literatura vem para as pesquisas desenvolvidas por Sharif (2013), onde taxas de aplicação de O<sub>3</sub> (mg/mg COT solúvel) são aplicadas em 30 segundos de tempo de contato em *wetlands* construídos que lembram pantanais localizados nos EUA, especificamente em Tucson. Portanto os estudos tem carência de desenvolvimento para sistemas mais compactos e que possam ser pensados para unidades descentralizadas em residências, por exemplo, principalmente se o reuso da água for um dos pontos a serem considerados.

Com base nos aspectos anteriormente citados em um sistema que visa a remediação do efluente gerado pelo campus de Santa Cruz do Sul, da UNISC, montou-se uma unidade integrada, onde se buscou o tratamento biológico de esgotos, baseado na decomposição anaeróbia da matéria orgânica, juntamente com *wetlands* construídos de fluxo livre e ozonização em escala piloto, permitindo verificar a potencialidade deste sistema de atender a resolução CONSEMA 355/2017 e a norma ABNT NBR 13969/1997 que visa o reuso das águas residuárias, bem como aplicar os estudos de Mander, *et al.* (2014) para determinação dos gases de efeito estufa em mg m<sup>-2</sup> semana<sup>-1</sup> no sistema integrado Reator Anaeróbio + *Wetland Construído de Fluxo Livre Flutuante* (WCFLF) + O<sub>3</sub> proposto nesta pesquisa.

## 2. METODOLOGIA

A unidade Reator Anaeróbio + WCFLF + O<sub>3</sub> foi montada na estação de tratamento de efluentes da UNISC-RS, conforme Figura 1. A ETE da instituição opera no tratamento das águas residuárias geradas no campus, excluindo os efluentes gerados nos laboratórios de ensino e restaurantes. Conforme a Coordenação Ambiental da Prefeitura do Campus da UNISC, a ETE opera com vazão média variando de 100 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> a 110 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>. O efluente tratado é encaminhado para a rede coletora municipal, e desta, acaba sendo descartado indiretamente pelas galerias e canal pluvial municipal, no Arroio Lajeado. O Arroio Lajeado apresenta vazão média de 588,2 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> (DUPONT, 2010). O volume médio de efluente tratado é da ordem de 220 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> com valores máximos de vazão de 10 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, especialmente no período noturno pós-aula (HORN, 2011). A ETE está localizada em uma área mais afastada dos prédios de ensino e possui cota mais baixa em relação a estes, o que permite que o escoamento dos efluentes até a estação ocorra por gravidade (Figura 1). Em escala real, é constituída pelas seguintes etapas de tratamento: gradeamento, desarenador, tanque equalizador, Reator anaeróbio de fluxo ascendente de

Realização



Correalização



Informações:

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





11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

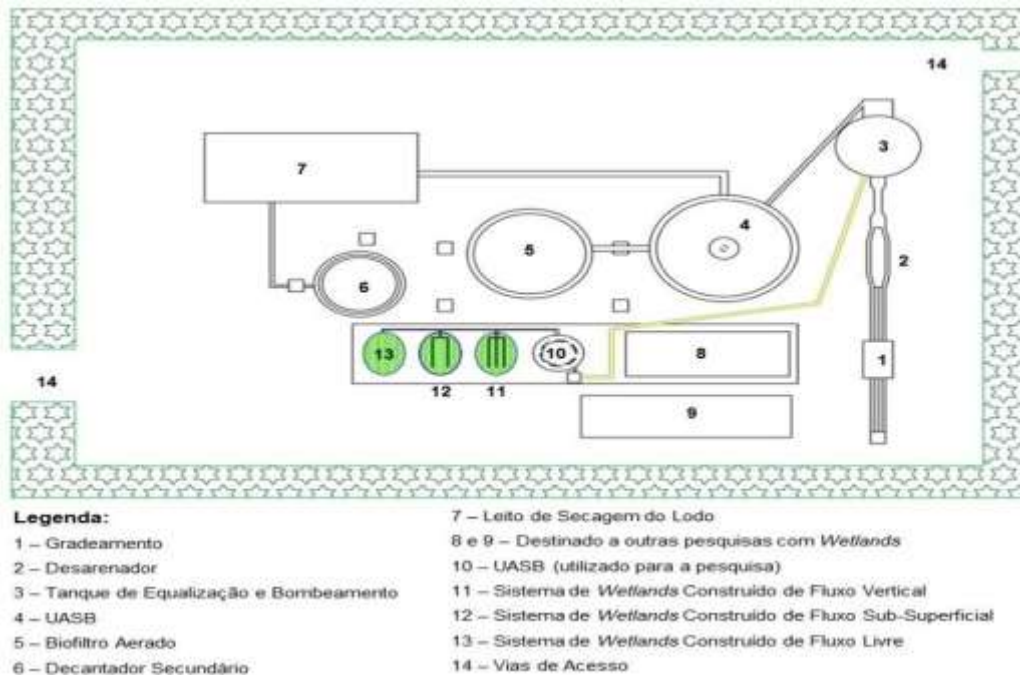
02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

manta de lodo (UASB), biofiltro aerado, decantador e leito de secagem de lodo. Os maiores detalhes dos pontos 10 e 13 podem ser observadas abaixo (Figura 2).

**Figura 1** - ETE UNISC e localização do experimento com *wetlands* construídos.



**Fonte:** Ana Rabuske, 2017

**Figura 2.** Unidades WCFLF e Reator Anaeróbio.



O WCFLF foi concebido com volume útil de 400 L, operado em batelada de 7 dias, com carga volumétrica equivalente de 105,26 m feita durante uma hora e área superficial de

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

4,2 m<sup>2</sup>. Já o reator anaeróbio tem 1600 L de volume útil, tendo sido carregado em batelada, a cada sete dias com velocidade ascensional de 1 m h<sup>-1</sup>. O efluente oriundo do tanque equalizador da ETE UNISC foi utilizado considerando tempo de detenção de no máximo 10 horas. Nos horários de carga o tempo de detenção foi 2 entre duas a 4 horas.

A coleta das amostras foi feita nos pontos anteriores ao número 10 e posterior ao 13 (Figura 1). As amostras foram coletadas após 20 min do tempo de carga inicializar. A coleta e preservação das amostras bem como os procedimentos de análise citados a seguir foram feitos em acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - APHA/AWWA (2012). Foram caracterizados os parâmetros Cor Absorciométrica (420 nm); Coliformes totais (aplicação das placas 3M<sup>TM</sup> Petrifilm<sup>TM</sup>); Condutividade; COT (Carbono Orgânico Total); DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio após cinco dias); Fósforo Solúvel; IC (Carbono Inorgânico); Nitrogênio Amoniacal; pH; STD (Sólidos Totais Dissolvidos); CT (Carbono Total); NT (Nitrogênio Total) e Turbidez.

Já os procedimentos de ozonização foram feitos em escala de bancada com as amostras do ponto 13. Foram aplicados tempos de ozonização de 2 horas, sem o ajuste do pH dos efluentes pós-WCFLF. A vazão ar/O<sub>3</sub> foi de 60 L.h<sup>-1</sup>, com borbulhador de tubo de vidro de 0,2 cm de diâmetro e com taxa de produção de ozônio de 40 mg.h<sup>-1</sup>. O Volume útil de efluente ozonizado foi de 0,5 L. Amostragens a cada 20 minutos foram feitas, sendo desconsideradas as taxas de transferência química e física do ozônio. Foi considerado o controle de todos os parâmetros analíticos somente na amostra de 120 min do tratamento, sendo que durante a ozonização os parâmetros de controle foram pH, turbidez, Cor absorciométrica (420 nm) e STD.

Para avaliação do efeito estufa do processo estudado, foi considerada apenas a etapa de tratamento com o WCFLF, em três ensaios de tratamento. Pois a referência foi o trabalho desenvolvido por Mander, *et al.* (2014), considerando a equação da reta para os *wetlands* construídos de fluxos livres pesquisador pelos autores.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desempenho do sistema integrado Reator Anaeróbio + WCFLF + O<sub>3</sub> pode ser observado na Tabela 1.

A resolução CONSEMA 355/2017, bem como, a norma ABNT 13969/97 indicam necessidades e potencialidades do sistema de tratamento proposto. As necessidades estabelecem o controle dos fatores de carga para os sistemas Reator Anaeróbio e o WCFLF. Outro aspecto será temporizar cargas de efluentes para o sistema Reator Anaeróbio + WCFLF. O sistema em batelada perde com o comparativo real de uma residência (ou conjunto de famílias) em vazões de até 2m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> de efluentes gerados em conjuntos de propriedades que representassem unidades de sistemas descentralizados. Isto proporcionará maior aproximação dos compromissos com a 355/2017 do CONSEMA.

Quanto ao Reuso, os compromissos com a ABNT 13969 indicam ainda a melhor condição do efluente tratado para a Classe IV, apesar dos valores apresentados estarem mais aceitáveis no parâmetro *Escherichia coli* (como referencial microbiológico apenas – não oficialmente aceito com a norma) para a Classe III. O controle operacional do sistema descentralizado torna variável a frequência de controle com exigência máxima, uma vez que a Classe II permite o contato direto com usuários e a Classe III deve ter no mínimo controle diário dos microrganismos, agregando se possível, os indicadores operacionais: Cor Aparente, Turbidez e dosagem de ozônio (kit com KI/H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> para desenvolvimento de cor de iodo).

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

**Tabela 1** - Dados de caracterização dos efluentes tratados com o processo Reator Anaeróbio + WCFLF + O<sub>3</sub> a partir do tanque equalizador da ETE UNISC - Unidade de Santa Cruz do Sul.

Parâmetros	Efluente Bruto	Efluente Tratado com Sistema Reator Anaeróbio + WCFLF + O <sub>3</sub>	ABNT 13969/1997 REUSO Classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários:	Limites CONSEMA/RS 355/2017 (200 ≤ Q < 500)
DBO <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	142,35	66,6	-	100
COT (mg L <sup>-1</sup> )	59,5	30,1	-	-
IC (mg L <sup>-1</sup> )	91,1	70,2	-	-
CT (mg L <sup>-1</sup> )	150,6	92,4	-	-
Fósforo Total Solúvel/Coloide I (mg L <sup>-1</sup> )	0,9	0,74	-	4***
STD (mg L <sup>-1</sup> )	596	372	-	-
N-NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	53,6	27,2	-	20**
N- Total (mg L <sup>-1</sup> )	84,3	51,87	-	-
pH	7,4	8,8	-	Entre 6-9
Turbidez (UT)	97,7	9,4	<10	-
Coliformes totais/ <i>Escherichia coli</i> (UFC/100mL)	>10 <sup>6</sup> / <i>&gt;10<sup>6</sup></i>	36000/ <18	< 500 NMP/100 mL.	10 <sup>6</sup> *
Condutividade (µScm <sup>-1</sup> )	1081	974	-	-
Cor Absorciométrica (λ = 420 nm)	0,767	0,07	-	Não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo hídrico receptor

Limite para NMP/100 mL. \*\* Q < 1.00

Assim, o reuso recomendado seria para a Classe IV em cultivos principalmente de pomares, cereais, forragens, pastagens para gados, e outros cultivos, sendo através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L são as exigências. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes

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

da colheita. Valores de oxigênio dissolvido foram acima de  $4,0 \text{ mg L}^{-1}$  após ozonização do efluente do WCFLF.

Já as avaliações do comportamento das frações gasosas do WCFLF podem ser inicialmente relacionadas com os dados da Tabela 2. Esta tabela traz o detalhamento dos balanços de COT, CI, CT e NT.

**Tabela 2** - Variações dos parâmetros COT, IC, TC e TN analisados no Sistema UASB WCFLF + O<sub>3</sub>

Ensaio 1 - 26/10/2017				
	COT ( $\text{mg L}^{-1}$ )	IC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	TC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	TN ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Bruto	59,53	91,15	150,7	83,78
UASB	44,46	133,8	178,2	108,7
WCFLF	33,99	89,66	123,6	79,44
Pós O3 WCFLF	18,69	45,17	63,86	31,68
Ensaio 2 - 10/11/2017				
	COT ( $\text{mg L}^{-1}$ )	IC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	TC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	TN ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Bruto	83,41	90,31	173,7	67,19
UASB	40,93	125,3	166,2	99,46
WCFLF	24,03	76,23	100,3	63,25
Pós O3 WCFLF	22,20	70,29	92,49	51,87
Ensaio 3 - 17/11/2017				
	COT ( $\text{mg L}^{-1}$ )	IC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	TC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	TN ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Bruto	101,1	80,54	181,6	62,46
UASB	47,87	122,4	170,3	113,9
WCFLF	32,48	101,8	134,3	85,48
Pós O3 WCFLF	30,11	86,34	116,5	77,23

Os valores de COT reduzem mais significativamente até a etapa WCFLF, sendo o consumo de IC devido a ação redutora do bicarbonato nas reações do radical hidroxila derivado da ozonização (TRIPATH, 2011). Já as reduções de NT com a ozonização estão associadas com o *stripping* em meio alcalino que o borbulhamento proporciona, pois o meio aumenta o pH ficando próximo a 9. Neste caso, o que estiver próximo com íon amônio irá para a forma de NH<sub>3</sub>, se tornando passível de eliminação pela corrente de ar. Isto confirmam as observações das pesquisas de Luo *et al.* (2015), onde reduções de N-NH<sub>3</sub> também foram observadas para efluentes da produção de minérios radioativos.

Os resultados de controle dos gases de efeito estufa consideraram o período semanal dos ensaios nas expressões desenvolvidas por Mander, *et al.* (2014). Os dados podem ser observados na Tabela 3.

Apesar da representatividade das equações da reta serem baixas, pois consideram diferentes sistemas de WCs, com macrófitas diferentes, o perfil destes dados podem ser mais diretos para controlar futuros estudos de determinação destes gases para construção de expressões mais próximas do operacional de cada ETE a ser estudada.

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

**Tabela 3** – Principais indicadores de efeito estufa no Sistema UASB WCFLF + O<sub>3</sub> com referência nos estudos de Mander, *et al.* (2014).

Ensaio 1 - 3 – Balanço CO <sub>2</sub> -C (mg m <sup>-2</sup> semana <sup>-1</sup> )	
Y = 5,4 + (5869/x) R <sup>2</sup> = 0,62	
Entrada -WCFLF	17622,1
Ensaio 1 - 3 – Balanço CH <sub>4</sub> -C (mg m <sup>-2</sup> semana <sup>-1</sup> )	
Y = 0,11x+1,00 R <sup>2</sup> = 0,62	
Entrada -WCFLF	6263,44
Ensaio 1 - 3 – Balanço NO <sub>2</sub> -N (mg m <sup>-2</sup> semana <sup>-1</sup> )	
Y = 0,001X+0,011 R <sup>2</sup> = 0,56	
Entrada -WCFLF	47,34

Parâmetros como temperatura da água / solo / ar, umidade no solo ou no material do filtro, carga poluente, presença de plantas aerênquimas, regime hidrológico pulsante (carregamento intermitente) e lençol freático mais profundo são extremamente influentes sobre o efeito estufa nos WCs.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito de pegada ecológica é muito importante para o desenvolvimento de tecnologias limpas para remediação de águas residuárias, mesmo que seja considerada uma operação de fim de tubo. Os parâmetros de controle dos principais gases de efeito estufa em um *wetland* construído serve para maior controle de sustentabilidade, potencial de recuperação de energia e reuso de água com maior qualidade. A proporção de CO<sub>2</sub>-C, CH<sub>4</sub>-C e NO<sub>2</sub>-N foi verificada como representativa nas cargas em batelada do sistema WCFLF operado e concebido neste trabalho. Especialmente carga poluente, presença de plantas aerênquimas e regime hidrológico pulsante (carregamento intermitente) serão variados para verificar eficiência dos itens anteriormente citados neste trabalho.

A Classe IV considera o reuso para pomares, cereais, forragens e pastagens para gados, bem como, outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Os Coliforme fecais devem ser inferior a 5 x 10<sup>3</sup> NMP/100 mL e oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L. As aplicações devem ser controladas para interrupção pelo menos 10 dias antes da colheita.

Em quesitos de projeto o trabalho proporcionou indicar:

- A configuração Reator Anaeróbio + WCFLF + O<sub>3</sub> é possível de ser aplicada, com adequação dos fatores de carga para o reator UASB, bem como seu regime de operação com frequente descarte de lodo (UASB como sistema positivo no solo, assim como com dispositivo de drenagem de lodo a cada três meses). O lodo pode ser destinado para composteira, desde que previamente tratado com cal.

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

- Os efluentes deverão ser controlados com cargas diárias por temporizador (400 L em sete dias) ajustando assim o tempo de detenção hidráulico e fator de carga.

### **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.

## **5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES**

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementares e disposição final dos efluentes de tanques sépticos: procedimentos. Rio de Janeiro, 1997.

CHEN, H-S. Establishment and Applied Research on a Wetland Ecosystem Evaluation Model in Taiwan Sustainability, 7, 15785–15793; doi:10.3390/su71215785, 2015.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, 13 de Maio de 2011**. Dispõe sobre as 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.

CONSEMA. **CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - Resolução n. 355/2017**. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>. Acesso em: 5 de maio de 2017.

DUPONT, A. **Avaliação da eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil**. 2010. 159 f. Dissertação (Programa de PósGraduação em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2010.

FLAMM, D. L. **Analysis of ozone at low concentrations with boric acid buffered potassium iodide**. Environ. Sci. Technol., 11 (10), p 978–983, 1977

LUO, X.; YAN, Q.; WANG, C.; LUO, C.; ZHOU, N.; JIAN, C. **Treatment of Ammonia Nitrogen Wastewater in Low Concentration by Two-Stage Ozonization**. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015. p.11975-11987.

MANDER Ü.; DOTRO, G.; EBIE, Y.; TOWPRAYOON, S.; CHIEMCHAI SRI, C.; NOGUEIRA, S.F.; JAMSRANJAV, B.; KASAK, K.; TRUU, J.; TOURNEBIZE, J.; MITSCH W. J. Greenhouse gas emission in constructed wetlands for wastewater treatment: A review <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.006> , 2013.

PENRU, Y; ANTONIUCCI, D; AMORES BARRERO, M. J.; CHEVAUCHÉ, C. Water footprint calculation: application to urban water cycle. **Int J Interact Des Manuf** 10:213–216 DOI 10.1007/s12008-016-0327-2, 2016.

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

SHARIF F. Use of **Ozonation and Constructed Wetlands to Remove Contaminants of Emerging Concern from Wastewater Effluent** A Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, August, 228 p., 2013

TRIPATHI, S.; TRIPATHI, D. M.; TRIPATHI, B. D. Removal of Organic Content and Color from Secondary Treated Wastewater in Reference with Toxic Potential of Ozone During Ozonation. **Hydrology Current Research, 2011**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7587.1000111>. Acesso em : 20 de Novembro de 2017.

Realização



Correalização



Informações:

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