

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DA ÁGUA EM PEQUENA PROPRIEDADE RURAL, UTILIZANDO BIOENSAIOS.

Geani Mohr¹
Eduardo A. Lobo²

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade aguda do efluente de um sistema de tratamento de água em pequena propriedade rural, utilizando *Daphnia magna* Straus como organismo-teste. Os processos empregados no tratamento foram: tratamento primário (reatores anaeróbios), tratamento secundário/terciário (*Wetlands* construídos - WC's) e tratamento final (sistema de desinfecção Ultra Violeta - UV). Entre os meses de dezembro e junho de 2012, foram coletadas 30 amostras de cinco fases distintas (Bruto - P1, Água da Chuva - P2, Reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) - P3, WC's-P4 e desinfecção com UV - P5). Os resultados indicaram toxicidade aguda em P1, com uma CE(I)50% 48h de $25,8 \pm 23,64\%$ (n = 6; CV = 109,2%), correspondendo a uma amostra altamente tóxica. Nos pontos P2 e P3, as amostras apresentaram uma CE(I)50% 48h de $5,1\% \pm 3,5\%$ (n = 6; CV = 145,7%) e $36,7 \pm 23,9\%$ (n = 6; CV = 153,5%), correspondendo a uma amostra extremamente tóxica e altamente tóxica, respectivamente. Os efluentes dos pontos P4 (n = 6) e P5 (n = 6) não apresentaram toxicidade. Desta forma, os resultados demonstraram a eficiência da capacidade de detoxificação dos processos WC's e UV.

Palavras-Chave: Propriedade rural. Tratamento da água. *Wetlands* construídos. Desinfecção UV. Ecotoxicologia.

ABSTRACT

This study aimed to assess the acute toxicity of the effluent of a water treatment system in small rural farm, using *Daphnia magna* Straus as test organisms. The processes employed in water treatment were: primary treatment (anaerobic reactors), secondary and tertiary treatment (Constructed Wetlands - CW's) and final treatment (Ultra Violet disinfection system - UV). Between the months of December and June 2012, 30 samples were collected from five distinct phases (Raw - P1, Rainwater - P2, Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB) - P3, CW's - P4 and after disinfection with UV lamps - P5). The results indicated acute toxicity in P1, with an EC(I)50% 48h of $25.8 \pm 23.64\%$ (n = 6; CV = 109.2) corresponding to a sample highly toxic. At points P2 and P3, samples showed an EC(I)50% 48h of $5.1\% \pm 3.5\%$ (n = 6, CV = 145.7%) and $36.7 \pm$

¹Aluno do Curso de Ciências Biológicas da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC <mohr.geani@yahoo.com.br>

² Professor/Pesquisador - Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC <lobo@unisc.br>

23.9% (n = 6, CV = 153.5%), corresponding to a sample extremely toxic and highly toxic, respectively. The effluent from points P4 (n = 6) and P5 (n = 6) showed no toxicity. Thus, the results demonstrated the efficiency of detoxification capacity of CW's and UV processes.

Keywords: Rural farm. Water treatment. Constructed wetlands. UV disinfection. Ecotoxicology.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a coleta e tratamento de esgotos não abrangem as zonas rurais, deixando por conta do proprietário rural a destinação dos dejetos, que quase sempre se dá por meio de fossa negra. Fica evidente, portanto, a necessidade de aplicar técnicas alternativas e economicamente viáveis, principalmente em locais que geram fontes difusas de poluição, tais como unidades residenciais familiares e/ou pequenas coletividades, tanto urbanas quanto rurais, as quais não têm capacidade para suportar tecnologias que operam com certo grau de complexidade e que requerem mão de obra especializada (PHILIPPI *et al.*, 2007).

Atualmente existem várias tecnologias que podem ser utilizadas em uma estação de tratamento simplificada como, por exemplo, o uso de sistemas naturais que engloba uma infiltração rápida no solo, o escoamento superficial no solo, as lagoas de estabilização, as lagoas rasas contendo plantas flutuantes e os alagados (*Wetlands*), naturais ou construídos (KADLECET *al.*, 2000).

O sistema de *Wetlands* construídos para tratamento de efluentes utiliza tecnologias não convencionais, combinando eficiência com baixos custos de implantação e operação. Apesar de não requerer o mesmo grau de complexidade operacional das estações convencionais de tratamento de esgotos, os sistemas simplificados apresentam- quando projetados, construídos e operados sob a óptica da engenharia sanitária - o mesmo grau de eficiência. As alternativas mais empregadas passam pelas etapas de tratamento preliminar/primário, seguido de secundário e terciário (PHILIPPI *et al.*, 2007).

Por outro lado, o biomonitoramento de caráter ecotoxicológico constitui-se numa ferramenta de indiscutível importância para avaliar efeitos biológicos de corpos d'água complexos, bem como para a avaliação da eficiência de sistemas de tratamento

(BRENTANO; LOBO, 2004). Segundo Zagatto e Bertoletti (2006), o biomonitoramento ecotoxicológico estuda os impactos potencialmente deletérios de substâncias ou compostos químicos que agem como poluentes sobre os organismos vivos, possibilitando a definição de padrões de qualidade da água, em consonância com a resolução 129 do Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA (RS, 2006), que dispõe sobre a definição de critérios e padrões de emissão para toxicidade de efluentes líquidos lançados em águas superficiais.

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a toxicidade aguda do efluente de um sistema de captação e tratamento de água em uma pequena propriedade rural localizada no Estado do Rio Grande do Sul, RS, Brasil, através do monitoramento ecotoxicológico.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição do Processo - Unidade Experimental

A propriedade rural escolhida para a instalação de um sistema de captação e tratamento de água encontra-se no município de Vera Cruz, RS, que apresenta como meio de subsistência atividades relacionadas à agricultura familiar e plantação de tabaco.

Com base em Otterpohl *et al.* (1997), o esgoto sanitário gerado nas residências pode ser segregado da seguinte forma: água negra - efluente proveniente dos vasos sanitários, incluindo fezes, urina e papel higiênico; água cinza - águas servidas, excluindo o efluente dos vasos sanitários; água amarela - somente a urina; e água marrom- somente as fezes.

A caracterização destes diferentes tipos de águas residuárias é de fundamental importância para o sucesso dos projetos de reuso, pois facilita a escolha do tratamento mais adequado, atendendo aos requisitos de qualidade exigidos para o reuso que se deseja.

Desta forma, na propriedade rural selecionada foi implantado um sistema de tratamento correspondente a três tipos de água: a primeira refere-se à linha de água azul (que corresponde a uma nova caracterização, já que consiste em captar água da chuva através do telhado e aproveitá-la diretamente no tanque e na máquina de lavar roupa,

lavar pisos e veículos); a segunda linha é a de água cinza (proveniente da máquina de lavar roupas, do tanque e do chuveiro) e a terceira linha é caracterizada pela água negra (proveniente do vaso sanitário). A segunda e a terceira linha foram encaminhadas para o processo de tratamento com o objetivo futuro de reaproveitamento da água para fins não potáveis.

A estação experimental de tratamento e reuso de esgoto doméstico utilizada nesta pesquisa consiste em um sistema composto por um banheiro e uma lavanderia, dois reatores anaeróbios, quatro *Wetlands* construídos sequencialmente e um sistema de lâmpadas de radiação ultravioleta (UV) (Figura 1).

Os processos empregados foram: tratamento primário (dois reatores UASB); tratamento secundário/terciário (sistema do tipo *Wetlands* construídos (WC's) com regime de fluxo horizontal, sendo quatro leitos, com a macrófita *Hymenachne grumosa* (Figura 2), e tratamento final (sistema de desinfecção UV, utilizando energia solar como fonte de alimentação ao sistema). O efluente gerado segue por ação da gravidade para os reatores anaeróbios e posteriormente para o sistema de WC's, sendo direcionado a uma caixa de passagem de fibra de vidro com, de volume de 250 litros, onde através de uma bomba é levado para o sistema de desinfecção por lâmpadas UV para somente então ser reutilizado.

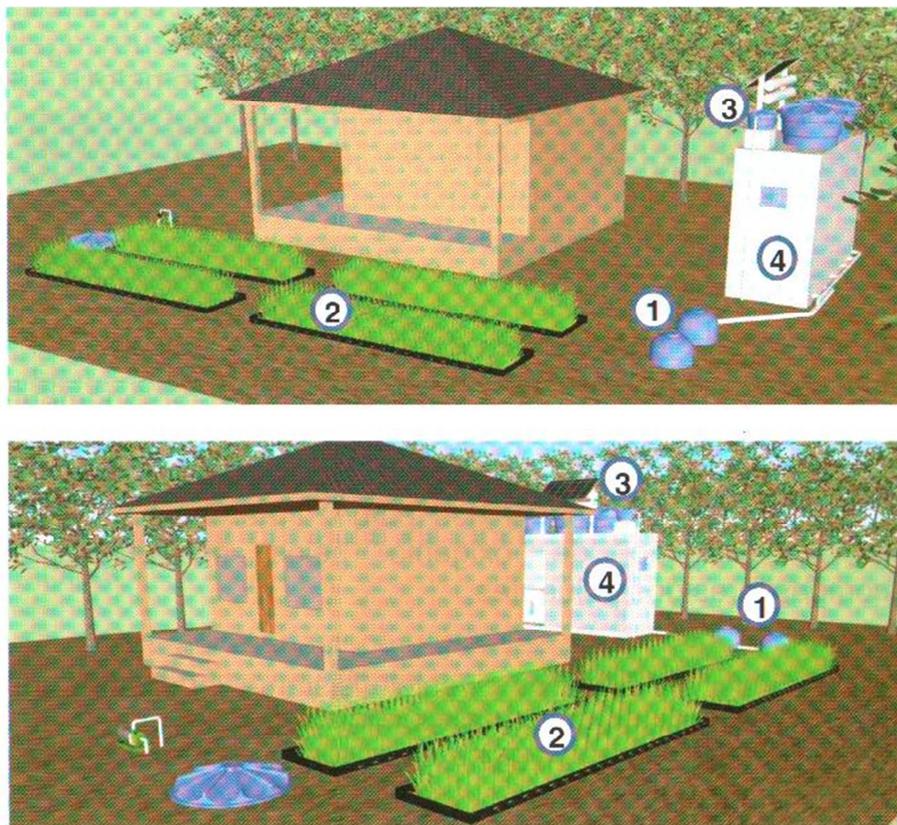


Figura 1 - Maquete da Estação Experimental de tratamento e reuso (1: Sistema Biológico - UASB); 2: WC's; 3: Sistema de Desinfecção (UV); . 4: Reutilização). Retirado de Kohler *et al.* (2012).



Figura 2 - *Wetlands* construídos destacando a macrófita *Hymenachne grumosa*.

2.2 Metodologia de Amostragem

Ao todo, 30 amostras foram coletadas mensalmente entre os meses de dezembro de 2011 e junho de 2012, de cinco fases distintas (Bruto - P1, Água da Chuva - P2, Saída do reator UASB - P3, Saída do *Wetlands* - P4 e após a desinfecção através de

lâmpadas UV - P5). Realizaram-se testes ecotoxicológicos com a espécie *Daphnia magna*, baseado na mortalidade e/ou imobilidade dos organismos testados, calculando-se a CE (I)50% 48h, Concentração Efetiva Inicial Mediana, concentração da amostra no início do ensaio que causa efeito agudo a 50% dos organismos em 48h.

2.3 Metodologia de Cultivo e Teste

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, sendo que os procedimentos da rotina de cultivo e testes para *Daphnia magna* seguiram a norma ABNT 12713 (2004). A sensibilidade dos organismos foi testada mensalmente, tendo o dicromato de potássio como substância de referência.

Para ensaios de toxicidade aguda, utilizou-se como bioindicador o organismo-teste *Daphnia magna* (Figura 3). É um microcrustáceo planctônico, de 5,0 a 6,0 mm de comprimento, que atua como consumidor primário na cadeia alimentar aquática, alimentando-se por filtração de material orgânico particulado em suspensão.



Figura 3 - *Daphnia magna*. Aumento 40x

Os testes ecotoxicológicos foram realizados expondo os neonatos (2 a 26 h de idade) a soluções contendo o efluente. A partir da amostra foram preparadas cinco diluições e um controle, sendo que as diluições foram realizadas com precisão volumétrica, utilizando-se progressão geométrica de razão $\frac{1}{2}$ (Figura4). No controle negativo e como diluente foi utilizado o meio ISO, também descrito na NBR 12713 (ABNT, 2004).

Baseando-se na imobilidade dos organismos testados foi calculada a porcentagem de imobilidade por concentrações e estimada a CE(I)50 48h, calculada utilizando o método estatístico Trimmed Spearman-Kärber (Hamilton, 1979) para dados não paramétricos.



Figura 4 - Análise ecotoxicológica, cinco diluições mais o controle.

A partir dos resultados das determinações da CE(I)50 48h, foi utilizada uma escala de toxicidade relativa, conforme mostra a Tabela 1 (Lobo *et al.*, 2006).

Tabela 1 - Escala de toxicidade relativa para CE (I)50 48h (%) com *Daphnia magna*.

Percentil	CE(I)50 48h	Toxicidade relativa
25°	<25%	Extremamente tóxica
50°	25-50%	Altamente tóxica
75°	50-75%	Medianamente tóxica
	>75%	Pouco tóxica

No processamento da informação, empregou-se a estatística descritiva para a tabulação dos dados e sua ilustração gráfica como, por exemplo, gráfico de barras para a visualização e interpretação da distribuição percentual dos resultados dos testes de toxicidade (JOHNSON; BHATTACHARYYA, 1986).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à sensibilidade dos organismos-teste, a CE(I)50 24h média dos testes de sensibilidade ao dicromato de potássio estabeleceu-se em $0,681 \pm 0,121 \text{ mgL}^{-1}$ (Coeficiente de Variação – C.V. = 17,73%), validando assim as condições de realização dos testes, sendo a faixa mínima aceitável de $0,560 \text{ mgL}^{-1}$ e máxima de $0,810 \text{ mgL}^{-1}$.

Os resultados indicaram que o efluente bruto P1 apresentou uma CE (I)50% 48h de $25,8 \pm 23,64\%$ ($n = 6$; CV = 109,2%), correspondendo a uma amostra altamente tóxica. Nos pontos P2 e P3 as amostras apresentaram uma CE (I)50% 48h de $5,0\% \pm 3,5\%$ ($n = 6$; CV = 145,7%) e $36,6 \pm 23,9\%$ ($n = 6$; CV = 153,5%), correspondendo a efluente extremamente tóxica e altamente tóxica, respectivamente. Os efluentes dos pontos P4 ($n = 6$) e P5 ($n = 6$) não apresentaram toxicidade (Figura 5).

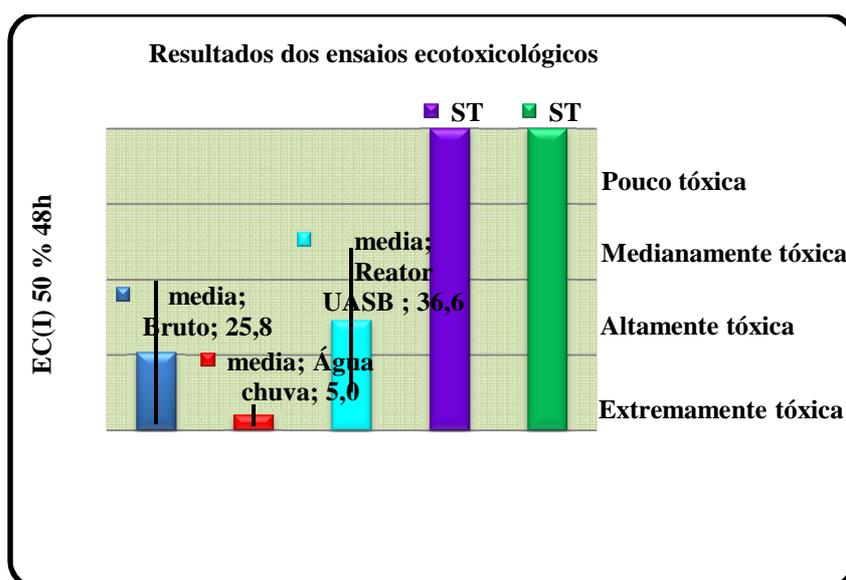


Figura 5 - Resultados dos ensaios ecotoxicológicos.

Com relação ao ponto P3, correspondente ao processo UASB, observou-se que o mesmo foi ineficiente em relação à detoxificação, pois causou toxicidade aguda ao organismo teste, sendo classificada como altamente tóxica. Esta toxicidade é devida provavelmente ao elevado nível de nitrogênio amoniacal detectado no efluente proveniente da estação experimental, uma vez que o efluente é composto basicamente de urina. Acredita-se também que a utilização de produtos químicos na limpeza diária do sanitário e na lavagem de roupas também possa estar contribuindo na toxicidade observada.

Do ponto de vista da ecotoxicologia, os resultados indicaram que o efluente produzido em uma pequena propriedade rural é extremamente tóxico, uma vez que os pontos P1, P3 e P2 apresentaram-se altamente tóxico (P1 e P2) e extremamente tóxico (P3).

Entretanto, quando este efluente foi direcionado aos pontos P4 e P5 (*Wetlands* construídos e sistema de desinfecção UV), houve a completa detoxificação do mesmo, indicando que a integração de diferentes métodos de tratamento de efluentes destaca-se como alternativa promissora na tentativa de minimizar as ineficiências de cada tratamento. Os *Wetlands* são utilizados no tratamento secundário e terciário, especialmente quando se trata de efluentes domésticos, porém torna-se necessário o tratamento primário para impedir a acumulação de sólidos, evitando assim o processo de colmatção (VAN KAICK, 2002). Segundo Souza *et al.* (2000), Zanella *et al.* (2009) e Horn (2011), o uso combinado do reator UASB e *Wetlands* construídos destaca-se como um sistema bastante eficaz para tratamento de efluentes domésticos.

Ainda, os resultados obtidos sugerem que a utilização da macrófita *Hymenachne grumosa* como componente principal nos WC's, foi altamente significativa, uma vez que houve a completa detoxificação do efluente, coincidindo com os resultados de Silveira (2010), que sugere o uso desta macrófita por possuir características desejáveis para o tratamento com *Wetlands* e também pelo seu excelente desenvolvimento.

Os resultados demonstram a eficiência da capacidade de detoxificação dos processos *Wetlands* construídos e desinfecção por UV, representando uma alternativa promissora para a remoção de toxicidade em sistemas de captação e tratamento de água de pequenas propriedades rurais.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12713 - Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladóceras, Crustácea). 2. ed. 2004.

BRENTANO, D. M., LOBO, E. A. Avaliação ecotoxicológica no processo produtivo de um curtume, utilizando *Daphnia magna* Straus como organismo teste. *Revista Brasileira de toxicologia*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 13-18, 2004.

HAMILTON, M. A., RUSSO, R. C., THURSTON, R. V. Trimmed Spearman-Kärber method for calculation of EC50 and LC values in bioassays. *Burlington Research*, v. 7, n. 11, p. 114-119, 1979.

HORN, T. B. *Integração de sistemas Wetlands construídos + fotoozonização catalítica no tratamento de efluentes de campus universitário*. Dissertação (Programa de Pós - Graduação em Tecnologia Ambiental). Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. 157 p., 2011.

JOHNSON, R., BHATTACHARYYA, G. *Statistics: Principles and Methods*. New York: John Wiley & Sons, 578 p., 1986.

KADLEC, R. H., KNIGHT, R. L., VYMAZAL, J., BRIX, H., COOPER, P., HABERL, R. *Constructed Wetlands for Pollution Control: process, performance, design and operation*. *Scientificand Technical Report*, London, n. 8, 2000.

KOHLER, A., MACHADO, E. L., ZENWES, F. V. *Sistema de captação e tratamento de águas em pequenas propriedades visando sua reutilização*. Santa Cruz do Sul: Lupagraf. 12 p. 2012.

LOBO, E. A., RATHKE, F. S., BRENTANO, D. M. *Ecotoxicologia aplicada: o caso dos produtores de tabaco na bacia hidrográfica do Rio Pardinho, RS, Brasil*. p. 41-68. In: ETGES, V. E., FERREIRA, M. A. F. *A produção do tabaco: impacto no ecossistema e na saúde humana na região de Santa Cruz do Sul, RS*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC. 2006.

OTTERPOHL, R., GROTTKER, M., LANG, J. *Sustainable water and waste management in urban areas*. *Water Sci. Tech.*, v. 35, n. 9, p. 121-133, 1997.

PHILIPPI, L. S., SEZERINO, P. H., CAMPOS, R. H. *Sistemas descentralizados de tratamento de esgotos*. Florianópolis: Pandion. 63p. 2007.

RIO GRANDE DO SUL. *Resolução Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) nº 129, de 24 de novembro de 2006*. Secretaria do Meio Ambiente. 2006.

SILVEIRA, D. *Estudos Fenológicos da macrófita *Hymenachne grumosa* (Magnoliophyta - Poaceae) na aplicação de Wetlands construídos para tratamento de efluentes secundários de campus universitário*. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental) 103 f. Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, RS. 2010.

SOUZA, J. T., VAN HAANDEL, A. C., COSENTINO, P. R. S., GUIMARÃES, A. V. A. *Pós - Tratamento de efluente de reator UASB utilizando sistemas "Wetlands" construídos*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n. 1, p. 87-91, 2000.

VAN KAICK, T.S. *Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná*. Dissertação. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba. 116 p., 2002.

ZAGATTO, P. A., BERTOLETTI, E. (Org.). *Ecotoxicologia aquática - princípios e aplicações*. São Carlos: Rima, 478p., 2006.

ZANELLA, L., NOUR, E. A., ROSTON, D. M. *Cyperuspapyrus* em sistema de *wetland* construído como pós - tratamento de esgotos. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. *Anais...* 25^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife, 10 p., 2009.

