

## II-584 - DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO UTILIZANDO O MÉTODO COMBINADO ÁCIDO PERACÉTICO/RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

**Elise Polli**

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO, PR).

**Jeanette Beber de Souza<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela UFOP. Mestre e Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professora do Departamento de Engenharia Ambiental da UNICENTRO.

**Carlos Magno de Sousa Vidal**

Biólogo pela UFSCar. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professor do Departamento de Engenharia Ambiental da UNICENTRO.

**Grasiele Soares Cavallini**

Química pela UEPG. Mestranda em Química Aplicada pela UEPG. Técnica do Laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Ambiental da UNICENTRO.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO - PR 153, km 7, Riozinho - Irati, PR - CEP: 84500-000 - Brasil - Tel: (42) 3421-3210 - e-mail: [jeanettebeber@yahoo.com.br](mailto:jeanettebeber@yahoo.com.br)

### RESUMO

O objetivo principal do tratamento de efluentes é a inativação de organismos patogênicos que ameaçam a saúde humana e, dessa forma, evitar a contaminação de águas receptoras que futuramente poderão ser usadas pela população, minimizando assim riscos potenciais à saúde pública. Neste estudo, utilizou-se o método combinado de desinfecção ácido peracético/ radiação ultravioleta para a desinfecção de efluente de lagoa facultativa precedida por reator anaeróbio de uma ETE que trata esgoto sanitário municipal. Os microrganismos indicadores usados para verificar a eficiência da desinfecção foram coliformes totais e *Escherichia coli*. Verificaram-se as inativações com o método combinado de desinfecção ácido peracético/radiação ultravioleta de 99,9% e total para coliformes totais e *Escherichia coli*, respectivamente para a concentração de 2mgL<sup>-1</sup> de ácido peracético combinado com 60 s de exposição à radiação UV, perfazendo o tempo total de 10 minutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desinfecção, Esgoto sanitário, Ácido Peracético, Radiação UV, método combinado.

### INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas de algumas regiões do Brasil é a precariedade dos sistemas de saneamento, o que contribui para que um grande número de pessoas fique suscetível a contrair doenças veiculadas pela água, como cólera, amebíase, ascaridíase entre outras. Em função disso, o interesse na desinfecção do esgoto sanitário vem aumentando cada vez mais devido à deterioração continuada das fontes de abastecimento para uso humano.

O principal objetivo do tratamento de efluentes sanitários é evitar a contaminação de águas receptoras que posteriormente poderão ser usadas pela população, através da inativação dos organismos que ameaçam a saúde humana. Para CHERNICHARO et al (1999), o risco de contaminação está relacionado ao fato de que o esgoto sanitário contém uma série de organismos patogênicos que são excretados juntamente com as fezes de indivíduos infectados e, nem sempre os processos convencionais de tratamento de esgotos são suficientes para a remoção e/ou inativação desses patogênicos. Sendo assim, a desinfecção dos esgotos deve ser considerada a fim de se reduzir o risco de propagação de doenças infecciosas, quando é provável que ocorra o contato humano com as águas contaminadas.

Segundo GONÇALVES (2003) a decisão pela implantação da desinfecção de esgotos sanitários no fluxograma da ETE, bem como a escolha de qual agente desinfetante empregar não é uma tarefa simples, pois, além dos custos envolvidos na implantação e na manutenção da operação da etapa de desinfecção existe a possibilidade da formação de subprodutos potencialmente tóxicos provenientes do agente desinfetante empregado.

O cloro é o desinfetante mais usado em todo o mundo. No entanto, para desinfecção de efluentes sanitários o cloro pode reagir com a matéria orgânica formando compostos organoclorados e cloraminas conhecidos como cloro residual combinado que é tóxico aos seres aquáticos do corpo receptor, além de possibilitar a formação

de compostos carcinogênicos e mutagênicos como os trihalometanos (THM). Desta forma, como desinfetante de esgotos, o uso do cloro deve estar diretamente relacionado ao processo de descloração antes do seu lançamento em um corpo receptor (SPERLING, 2005).

Mediante essa problemática, o uso de desinfetantes alternativos vem sendo estudado. Dentre eles estão o ácido peracético (APA), a radiação ultravioleta (UV) e o método combinado de desinfecção ácido peracético seguido da radiação ultravioleta (APA/UV).

O ácido peracético é produzido através da reação do peróxido de hidrogênio com o ácido acético. Para KITIS (2003) o ácido peracético é uma alternativa interessante para a desinfecção de esgotos domésticos devido aos atributos de facilidade implementação, largo espectro de atividade mesmo na presença de matéria orgânica, ausência de residual ou subprodutos tóxicos e/ou mutagênicos, desnecessária descloração, baixa dependência do pH, curto tempo de contato e efetividade de desinfecção de efluentes primários e secundários. De acordo com o mesmo autor, as principais desvantagens associadas à desinfecção de esgoto utilizando o ácido peracético são: o aumento do conteúdo orgânico do efluente devido ao ácido acético, advindo daí a potencialidade de recrescimento microbiano; e o custo elevado do ácido peracético em relação ao cloro devido, particularmente a limitada capacidade de produção do ácido peracético em todo o mundo. Em contrapartida o autor avalia que se a demanda pelo ácido peracético aumentar, especialmente na indústria de tratamento de águas residuárias, o seu custo tende a diminuir.

A radiação ultravioleta é um processo físico de desinfecção em que a inativação dos microrganismos ocorre através da absorção da radiação UV pelas proteínas e pelos ácidos nucleicos RNA e DNA dos microrganismos, promovendo alterações fotoquímicas que afetam as condições de reprodução dos mesmos (TOSSETO, 2005).

A radiação UV geralmente é obtida por meio de lâmpadas especiais de vapor de mercúrio ionizado de baixa e média pressão com diversos valores de potência, sendo o comprimento de onda de 254 nm o mais efetivo na inativação de microrganismos (DANIEL, 2001).

A radiação UV apresenta como vantagens a elevada efetividade de desinfecção para grande variedade de microrganismos, especialmente bactérias e vírus usando doses relativamente baixas, aliado à ausência do uso de produtos químicos e da formação de residuais e subprodutos da desinfecção.

O método em que dois ou mais desinfetantes são usados sequencialmente ou simultaneamente visando melhorar a efetividade da desinfecção é reconhecido pela USEPA (1999) como método iterativo ou combinado e representam uma alternativa promissora nas áreas de tratamento de águas e efluentes uma vez que os mesmos podem ser combinados visando obter máxima inativação microbiana e mínima formação de subprodutos da desinfecção.

O objetivo principal deste trabalho foi a realização de ensaios de desinfecção de esgoto sanitário em escala de laboratório utilizando os desinfetantes aplicados individualmente ácido peracético (APA) e radiação ultravioleta (UV) e o método combinado ácido peracético/ radiação ultravioleta (APA/UV) visando a inativação dos microrganismos indicadores *E. coli* e Coliformes Totais (CT).

## METODOLOGIA

Para a pesquisa foi utilizado o efluente final da lagoa facultativa da ETE Rio das Antas, pertencente à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), que possui a capacidade de tratamento de 80L/s e atende 70% da população municipal. As etapas de tratamento que fazem parte da ETE são: grade, desarenador, calha Parshall, reatores anaeróbios (UASB e RALF) e lagoa facultativa.

Previamente aos ensaios de desinfecção foi realizada a caracterização físico-química e bacteriológica do efluente final da lagoa, em que foram analisados os seguintes parâmetros: sólidos suspensos totais (SST), Demanda Química de Oxigênio (DQO), temperatura, pH, turbidez, CT e *E. coli* de acordo com os procedimentos indicados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999).

Para a realização dos exames bacteriológicos foi utilizada a técnica da filtração em membranas que consiste na filtração de um volume conhecido (100 mL) de amostra através de uma membrana estéril com porosidade de

0,45  $\mu\text{m}$ , sendo estas, após filtração, dispostas em placas de Petri contendo o meio de cultura seletivo e diferencial *Chromocult Coliform Agar* da Merck (APHA, 1999).

#### *Ensaio individual de desinfecção com APA*

As dosagens empregadas de ácido peracético foram obtidas a partir de uma solução-mãe de 1000 mg/L preparada a partir do produto comercial PROXITANE® 1512 constituído por ácido peracético (15%), peróxido de hidrogênio (23%), ácido acético (16%) e veículo estabilizante.

Foram realizados ensaios de desinfecção com APA em regime de batelada, com concentrações aplicadas de 1 e 2 mg/L e tempo de contato de 9 minutos. Após o tempo de contato foram retiradas alíquotas de amostras para a realização das análises bacteriológicas de *E. coli* e CT, sendo o residual de APA ainda contido na amostra, neutralizado com tiosulfato de sódio a 3%. O restante do efluente com APA, para ambas as concentrações, foi usado para a desinfecção com o método combinado APA/UV.

#### *Ensaio individual de desinfecção com radiação UV*

Nos ensaios de desinfecção com radiação UV, foi utilizado um reator de bancada, em regime de batelada, construído em aço inox com cúpula removível de alumínio. Na cúpula do reator foram acopladas 6 lâmpadas de baixa pressão de vapor de mercúrio (marca *Phillips*) com potência nominal de 15 W cada uma, com interruptores individuais de energia, possibilitando a independência de cada lâmpada e distanciadas entre si em 2,2 cm.

A intensidade de radiação UV foi medida com o auxílio de um radiômetro com sensor que detecta a radiação UV no comprimento de onda de 254 nm.

Para os ensaios de desinfecção com radiação UV foram usadas as 6 lâmpadas do reator ligadas, as quais eram acionadas 30 minutos antes do início do experimento para aquecimento e estabilização.

Quinze litros de esgoto bruto foram adicionados ao reator, formando uma lâmina líquida de 8 cm. O tempo de exposição à luz UV empregado para este ensaio individual foi de 60 s.

#### *Ensaio de desinfecção utilizando o método combinado APA/UV*

De maneira análoga aos ensaios de desinfecção individuais, o ensaio de desinfecção combinada também foi realizado em batelada, com o APA como desinfetante primário nas concentrações de 1 e 2 mg/L e tempo de contato de 9 min e a radiação UV como desinfetante secundário por 60 s de exposição, com as 6 lâmpadas ligadas, perfazendo ao todo o tempo de contato de 10 minutos no ensaio combinado. Da mesma forma, após o ensaio combinado, amostras foram retiradas para a realização dos exames microbiológicos para verificação da inativação.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A caracterização físico-química e microbiológica do efluente antes dos ensaios de desinfecção é apresentada na TABELA 1.

**TABELA 1 - Caracterização físico-química e microbiológica do efluente antes dos ensaios de desinfecção.**

Parâmetro	Unidade
Sólidos suspensos totais	70 mg.L <sup>-1</sup>
DQO	117 mg.L <sup>-1</sup>
Temperatura	25,3 °C
pH	7,5
Turbidez	21 NTU
Coliformes Totais (N <sub>0</sub> )	2,1x10 <sup>6</sup> UFC/100 MI
<i>E. coli</i> (N <sub>0</sub> )	1,2x10 <sup>5</sup> UFC/100 MI

UFC = unidade formadora de colônia

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1 verificou-se que a aplicação do APA resultou em um aumento médio da DQO de 15% a cada 10 mg/L de APA aplicado, como demonstrado na Figura 1.

Os resultados apresentados na Tabela 1 são valores considerados padrões para o tipo de tratamento implantado na estação de tratamento considerada no estudo (VON SPERLING, 2005).

Nas tabelas de 02 a 06 são apresentados os valores das densidades finais (N) de microrganismos obtidos após cada método de desinfecção, a saber, desinfecção com o ácido peracético nas concentrações de 1 mg.L<sup>-1</sup> e 2 mg.L<sup>-1</sup> (TABELAS 2 e 3, respectivamente); desinfecção com a radiação ultravioleta (TABELA 4); desinfecção com o método combinado APA/UV nas concentrações de 1mgL<sup>-1</sup> e 2mgL<sup>-1</sup> (TABELAS 5 e 6, respectivamente).

Todos os exames microbiológicos foram realizados em duplicata e os resultados ora apresentados constituem sua média aritmética.

**TABELA 2 – Resultados da inativação (N) de CT e *E. coli* após os ensaios de desinfecção com APA (1 mgL<sup>-1</sup>) e tempo de contato de 9 min.**

Parâmetro	Resultado
CT	8x10 <sup>5</sup> UFC/100 MI
<i>E. coli</i>	7,5x10 <sup>4</sup> UFC/100 mL

UFC = Unidade formadora de colônia

**TABELA 3 – Resultados da inativação de CT e *E. coli* após os ensaios de desinfecção com APA (2 mgL<sup>-1</sup>) e tempo de contato de 9 min.**

Parâmetro	Resultado
CT	5x10 <sup>4</sup> UFC/100 mL
<i>E. coli</i>	2,34x10 <sup>4</sup> UFC/100 mL

UFC = Unidade formadora de colônia

**TABELA 4 – Resultados da inativação de CT e *E. coli* após os ensaios de desinfecção com a radiação ultravioleta por 60 s e lâmina líquida de 8 cm.**

Parâmetro	Resultado
CT	6x10 <sup>3</sup> UFC/100 mL
<i>E. coli</i>	7,3x10 <sup>2</sup> UFC/100 mL

UFC = Unidade formadora de colônia

**TABELA 5 – Resultados da inativação de CT e *E. coli* após os ensaios de desinfecção com o método combinado (APA/UV) com concentração de APA de 1 mgL<sup>-1</sup> e tempo de contato de 9 min e 8 cm de lâmina líquida e 60 s de exposição UV.**

Parâmetro	Resultado
CT	5,5x10 <sup>3</sup> UFC/100mL
<i>E. coli</i>	5x10 <sup>2</sup> UFC/100 mL

UFC = Unidade formadora de colônia

**TABELA 6 – Resultados da inativação de CT e *E. coli* após os ensaios de desinfecção com o método combinado (APA/UV) com concentração de APA de 2 mgL<sup>-1</sup> e tempo de contato de 9 min e 8 cm de lâmina líquida e 60 s de exposição UV.**

Parâmetro	Resultado
CT	2x10 <sup>1</sup> UFC/100 mL
<i>E. coli</i>	< 1 UFC/100 mL

UFC = Unidade formadora de colônia; <1= menor que o limite de detecção do método.

Para a concentração de APA de 1 mg/L aplicada individualmente foram obtidas inativações de CT e *E. coli* de 0,42 log e de 0,20 log respectivamente. Enquanto que para a dosagem de 2 mg/L de APA (ensaio individual) ligeiras melhorias de inativações foram obtidas para ambos microrganismos, alcançando-se inativações de CT e *E.coli* de 1,62 log e 0,71 log, respectivamente.

Ao se empregar a radiação UV (método individual), em relação ao APA, obteve-se melhoria significativa de inativação tanto de CT de 2,54 log quanto de *E. coli* de 2,22 log.

Ao se empregar o método combinado APA/UV para 1 mg/L de APA e 10 min de tempo de contato total, ou seja, 9 min de contato com o APA + 1 min de exposição à radiação UV, as inativações de CT e *E. coli* foram respectivamente de 2,58 log e de 2,38 log enquanto que para a dosagem de 2mg/L da APA as inativações foram consideravelmente superiores, alcançando-se inativações de 5,02 log para CT e 5,08 log para *E. coli*.

## CONCLUSÃO

O método combinado de desinfecção, também conhecido como desinfecção interativa tem como propósito principal o incremento na inativação de microrganismos, especialmente aqueles de difícil inativação. No presente estudo, foi possível observar melhora significativa na inativação de CT e *E. coli*, ao se empregar o método combinado APA/UV especialmente para a dosagem de APA de 2 mg/L.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo auxílio financeiro para participação no evento 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standart methods for the examination of water and wastewater. 20.ed. Washington: American Public Health Association, 1999.
2. CHERNICHARO (Coord.). PROSAB. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Rio de Janeiro: ABES, RiMa 1999.
3. DANIEL, L.A. (Coord.). PROSAB. Processos de Desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2001. 139 p.
4. GONÇALVES, R. F (Coord.). PROSAB. Desinfecção de efluentes sanitários. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 422 p.
5. KITIS, M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. Environ. Int., v. 30, 2004, p. 47-55.

6. SOUZA, J. B. Avaliação de Métodos para desinfecção de água, empregando cloro, ácido peracético, ozônio e o processo de desinfecção combinado cloro/ozônio. Tese. Doutorado em Hidráulica e Saneamento, São Carlos, 2006.
7. SPERLING, M. V. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 2005. p. 36-37.
8. TOSETTO, M. S.; Tratamento terciário de esgoto sanitário para fins de reúso urbano. Dissertação. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2005.
9. USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) Guidance Manual – Alternative Disinfectants and Oxidants. (1999). Washington, D.C. Report n.815-R-99-014.