



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE ÁCIDO PERACÉTICO E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PARA DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO

Diani Fernanda da Silva Less<sup>1</sup>, Felipe Ramon Less<sup>2</sup>, Lorena Taborda Bonfim<sup>3</sup>, Grasielle Soares Cavallini<sup>4</sup>, Carlos Magno de Sousa Vidal<sup>5</sup>

### RESUMO

Para garantir a qualidade microbiológica dos efluentes lançados nos cursos d'água são empregados os processos de desinfecção, que atuam como agentes inativadores de patógenos nocivos à saúde humana. Atualmente existem vários produtos químicos utilizados como desinfetantes que têm demonstrado bons resultados, tais como peróxido de hidrogênio e o ácido peracético. A fim de comparar a eficiência dos mesmos, realizou-se ensaios de desinfecção em bancada de laboratório, empregando dosagens de 5,0 e 10,0 mg L<sup>-1</sup> dos desinfetantes para os tempos de contato de 5, 10 e 20 minutos. Como microrganismos indicadores da eficiência de inativação, utilizou-se *Escherichia Coli* (*E. coli*) e coliformes totais (CT). Os resultados obtidos demonstraram altos valores de inativação dos microrganismos indicadores, com o uso do ácido peracético na dosagem de 10 mg L<sup>-1</sup> no tempo de contato de 5 minutos, tais condições promoveram a redução de 4 log de inativação para *E. coli*. No estudo, o ácido peracético comprovou ser o desinfetante mais adequado as características do efluente analisado.

**Palavras chave:** tratamento de esgoto sanitário; desinfetantes, microrganismos indicadores.

### COMPARATIVE STUDY USING PERACETIC ACID AND HYDROGEN PEROXIDE FOR SANITARY WASTEWATER DISINFECTION

#### ABSTRACT

Disinfection processes are used to ensure the microbiological quality of effluents discharged into the waterbodies, they are responsible for the inactivation of harmful pathogens to human health. There are several chemicals used as disinfectants which have shown good results, such as hydrogen peroxide and peracetic acid. To test its efficiency, we carried out lab scale tests, using 5.0 and 10.0 mg L<sup>-1</sup> as disinfectants dosages for 5, 10 and 20 minutes as contact times. *Escherichia coli* (*E. coli*) and total coliform were used as indicators microorganisms of the inactivation efficiency. The results showed high values of inactivation for the peracetic acid with the dose of 10 mg L<sup>-1</sup> for the contact time of 5 minutes, these conditions promoted the reduction of 4 log for *E. coli*. In the study, the peracetic acid proved to be the most appropriate disinfectant for the characteristics of the wastewater analyzed.

**Keywords:** sanitary wastewater treatment; disinfectants; indicators microorganisms.

<sup>1</sup> Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia pela Rede BIONORTE. Endereço para correspondência: Rod. Juscelino Kubitschek, Jardim Equatorial, Macapá - AP, Laboratório de Química, Saneamento e Modelagem Ambiental, 68903-419. E-mail: diani.engambiental@gmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local da Amazônia, Universidade Federal do Pará (UFPA).

<sup>3</sup> Engenheira Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).

<sup>4</sup> Professora Adjunta da Universidade Federal do Tocantins (UFT).

<sup>5</sup> Professor Adjunto da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).

## 1. INTRODUÇÃO

Há alguns anos iniciou-se uma política de incentivo ao saneamento básico na tentativa de reverter, ou ao menos amenizar a carência do tratamento dos esgotos sanitários no Brasil, por meio da instalação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) responsáveis por tratar a parcela orgânica dos efluentes domésticos, na maioria dos casos de forma biológica, de forma a evitar a disseminação de contaminantes nos corpos hídricos e no solo, prevenindo posteriores danos à saúde da população (VON SPERLING, 2005).

Segundo o mesmo autor, a implantação de uma efetiva barreira de controle de agentes transmissores de doenças infecciosas, em que o contato humano com esgotos sanitários é provável, os processos de desinfecção são, em geral, a prática mais segura e de menor custo. Gonçalves *et al.*, (2003) e Lapolli *et al.*, (2005) ressaltam que a desinfecção de esgotos sanitários tem por objetivo a inativação seletiva dos microrganismos enteropatogênicos persistentes nos efluentes tratados, que ameaçam a saúde humana e representam riscos de contaminação dos corpos hídricos receptores.

Os processos mais comuns de desinfecção de esgoto sanitário fazem uso

do cloro e derivados como desinfetante, entretanto devido às problemáticas relacionadas à formação de subprodutos potencialmente carcinogênicos como os trihalometanos, e também com os custos que a descloração representa, há um crescente incentivo pela pesquisa de desinfetantes alternativos que substituam a sua utilização, como por exemplo, a utilização de ácido peracético (APA) e peróxido de hidrogênio (HP) (CAVALLINI *et al.*, 2012). Segundo Dias *et al.* (2009), no Brasil as ETE, em sua grande maioria, não apresentam etapa de desinfecção em seu fluxograma, e, quando apresentam, a prática mais decorrente é a cloração.

Nesse sentido no presente estudo, foram realizados ensaios de desinfecção de esgoto sanitário utilizando ácido peracético e peróxido de hidrogênio como desinfetantes alternativos aos derivados de cloro.

Segundo Nogueira & Guimarães (1998), os processos mais eficazes no tratamento de efluentes sanitários e industriais são aqueles denominados como Processos Oxidativos Avançados (POA), provenientes de ação de desinfetantes como ácido peracético e peróxido de hidrogênio, tais processos são baseados na geração do radical hidroxila ( $\bullet\text{OH}$ ), dotado de alto poder oxidante podendo promover

a degradação de vários compostos poluentes em reduzido espaço de tempo.

O ácido peracético trata-se de uma alternativa viável na desinfecção de esgoto sanitário por apresentar facilidade de implementação no tratamento, eficiência na desinfecção mesmo na presença de matéria orgânica heterogênea, ausência de residual ou subprodutos tóxicos e/ou mutagênicos, desnecessária descloração, baixa dependência de pH, curto tempo de contato e efetividade na desinfecção de efluentes primários e secundários (KITIS, 2003; SOUZA e DANIEL, 2005).

Dentre as desvantagens, evidencia-se o aumento do conteúdo orgânico no efluente, proveniente do ácido acético presente na composição do desinfetante e também formado após a decomposição do APA, além do custo mais elevado em relação ao cloro devido à baixa demanda mundial (KITIS, 2003; SOUZA, 2006).

Tratando-se do peróxido de hidrogênio, Mattos *et al.*, (2003) o considera um dos oxidantes mais versáteis do mercado, superior ao cloro, dióxido de cloro e permanganato de potássio. Atualmente é empregado nos processos de branqueamento nas indústrias têxtil, de papel e celulose (FREIRE *et al.*, 2000). O tratamento de águas, esgotos e efluentes industriais empregando-se HP é uma prática comum há pelo menos 20-25 anos

em países desenvolvidos (COOPER *et al.*, 1988; MATTOS *et al.*, 2003).

Neste contexto, o estudo tem como objetivo realizar uma avaliação da eficiência do ácido peracético e o do peróxido de hidrogênio a fim de comparar suas potencialidades na desinfecção de esgoto sanitário, através da inativação dos microrganismos indicadores *E. coli* e coliformes totais (CT).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com o efluente final da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Irati-PR. A ETE em questão, possui tratamento preliminar composto por grade e caixa de areia, tratamento secundário constituído por dois reatores biológicos anaeróbios em paralelo, sendo um Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF) e um Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB, do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), seguido por pós-tratamento utilizando uma lagoa facultativa com chicanas. As amostras de esgoto utilizadas na presente pesquisa foram coletadas na saída da lagoa facultativa no mês de Março e Junho de 2010 para realização dos ensaios de desinfecção.

Em bancada de laboratório foram realizados ensaios com ácido peracético e peróxido de hidrogênio, em regime de batelada, empregando béqueres de vidro de 2 litros dispostos sobre agitadores magnéticos. As dosagens estudadas de APA e HP foram de 5,0 e 10 mg L<sup>-1</sup> para tempos de contato de 5, 10 e 20 minutos.

A dosagem de 5 mg L<sup>-1</sup> foi aplicada ao efluente coletado no mês de Março objetivando testar a eficiência de inativação com tal dosagem, como os resultados obtidos foram insatisfatórios, empregou-se uma dosagem maior, de 10 mg L<sup>-1</sup> no efluente coletado no mês de junho, visando a obtenção de valores maiores de inativação dos microrganismos indicadores. Após os ensaios de desinfecção com cada par dosagem e tempo de contato, foram retiradas amostras para obtenção dos parâmetros biológicos.

Para a caracterização do efluente empregado nos ensaios de desinfecção, foram efetuadas análises físico-químicas e exames microbiológicos de acordo com os procedimentos indicados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). As análises físico-químicas realizadas foram: potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos suspensos totais (SST). Para obtenção dos

parâmetros biológicos (*Escherichia coli* e Coliformes Totais) do efluente antes e após os ensaios de desinfecção, empregou-se a técnica de membrana filtrante.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontra-se a caracterização do efluente final da lagoa facultativa utilizado na presente pesquisa.

São apresentadas na Tabela 2 as densidades iniciais (N<sub>0</sub>) e finais (N) de Coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*) após a aplicação da concentração de 5 mg L<sup>-1</sup> e 10 mg L<sup>-1</sup> de APA e HP, para os três diferentes tempos de contato.

Os números finais (N) de microrganismos indicadores foram quantificados a partir de cada par dosagem-tempo de contato. O número inicial (N<sub>0</sub>) de microrganismos presente no efluente final da lagoa foi similar para as duas amostras coletadas, como pode ser visualizado na Tabela 2.

**Tabela 1.** Caracterização do efluente da lagoa facultativa nos meses de Março e Junho.

Parâmetros	Meses de coleta	
	Março	Junho
pH	7,8	7,7
Turbidez	32,1 uT	11,0 uT
DQO	39 mg/L	60 mg/L
SST	75 mg/L	76 mg/L

**Tabela 2.** Densidades iniciais ( $N_0$ ) e densidades finais (N) dos microrganismos indicadores CT e *E. coli*, após os ensaios de desinfecção com ácido peracético e peróxido de hidrogênio na concentração de 5 mg/L e 10 mg/L.

$N_0$ (efluente bruto)			CT	<i>E. coli</i>	Nova Dosagem	CT	<i>E. coli</i>
			(UFC/100 mL)	(UFC/100mL)		(UFC/100 mL)	(UFC/100mL)
			$4,9 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$		$5 \times 10^5$	$1 \times 10^4$
N	5 mg L <sup>-1</sup> APA	5 min	$3,0 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$	10 mg L <sup>-1</sup> APA	$1,1 \times 10^3$	<1
		10 min	$2,2 \times 10^5$	$7,0 \times 10^4$		$1,3 \times 10^3$	<1
		20 min	$1,3 \times 10^5$	$7,0 \times 10^4$		$1,3 \times 10^3$	<1
	5 mg L <sup>-1</sup> HP	5 min	$4,0 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$	10 mg L <sup>-1</sup> HP	$2,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^4$
		10 min	$7,0 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$		$1,8 \times 10^4$	$1,0 \times 10^4$
		20 min	$1,0 \times 10^4$	$5,0 \times 10^4$		$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^4$

$N_0$ =densidade inicial dos microrganismos indicadores (efluente bruto da lagoa); N=densidade final dos microrganismos indicadores após o ensaio de desinfecção; UFC= unidade formadora de colônia.

A partir das densidades iniciais e finais de *E. coli* e CT sobreviventes à ação dos desinfetantes, foram construídos gráficos de inativação dos microrganismos indicadores

relacionando Log N/ $N_0$  em função dos tempos de contato para APA e HP respectivamente na concentração de 5 mg L<sup>-1</sup> apresentados nas Figuras 1 e 2.

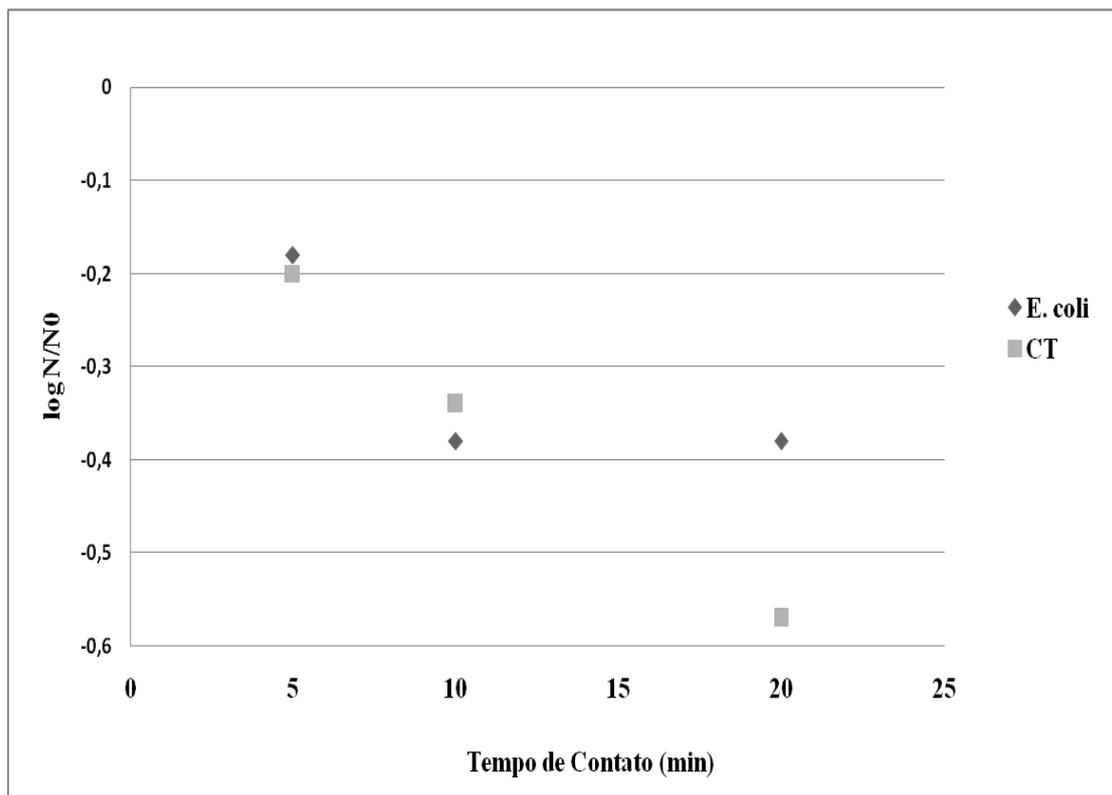


Figura 1. Inativação de *E. coli* e CT para a concentração de 5,0 mg L<sup>-1</sup> de ácido peracético.

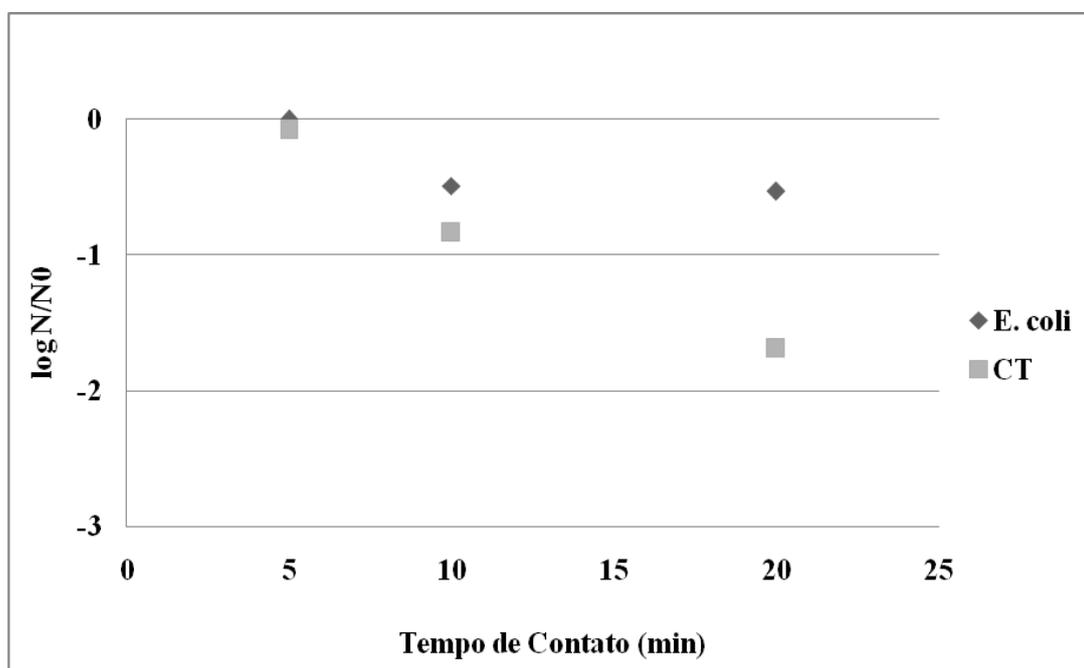


Figura 2. Inativação de *E. coli* e CT para a concentração de 5 mg L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrogênio.

Nos ensaios realizados com ácido peracético na dosagem de  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , a eficiência da desinfecção para *E. coli* não foi efetiva para nenhum tempo de contato, para CT atingiu o valor máximo de 0,57 log de inativação no tempo de contato de 20 minutos (Figura 1). Como pode ser visualizada na Tabela 1, a DQO remanescente no efluente final da ETE, aliada ao alto valor da turbidez e dos sólidos suspensos totais comprometeu o processo de desinfecção ocasionando competição entre as reações de oxi-redução da matéria orgânica, promovida pela adição de ácido peracético ao efluente, e de

inativação dos organismos indicadores (DIAS *et al.*, 2009).

Utilizando peróxido de hidrogênio como agente desinfetante na dosagem de  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , a resposta de inativação dos microrganismos indicadores não foi satisfatória apresentando valor máximo de 1,69 log para CT no tempo de contato de 20 minutos, conforme mostrado na Figura 2.

As Figuras 3 e 4 apresentam a inativação dos microrganismos indicadores *E. coli* e CT utilizando ácido peracético e peróxido de hidrogênio na concentração de  $10 \text{ mg L}^{-1}$ .

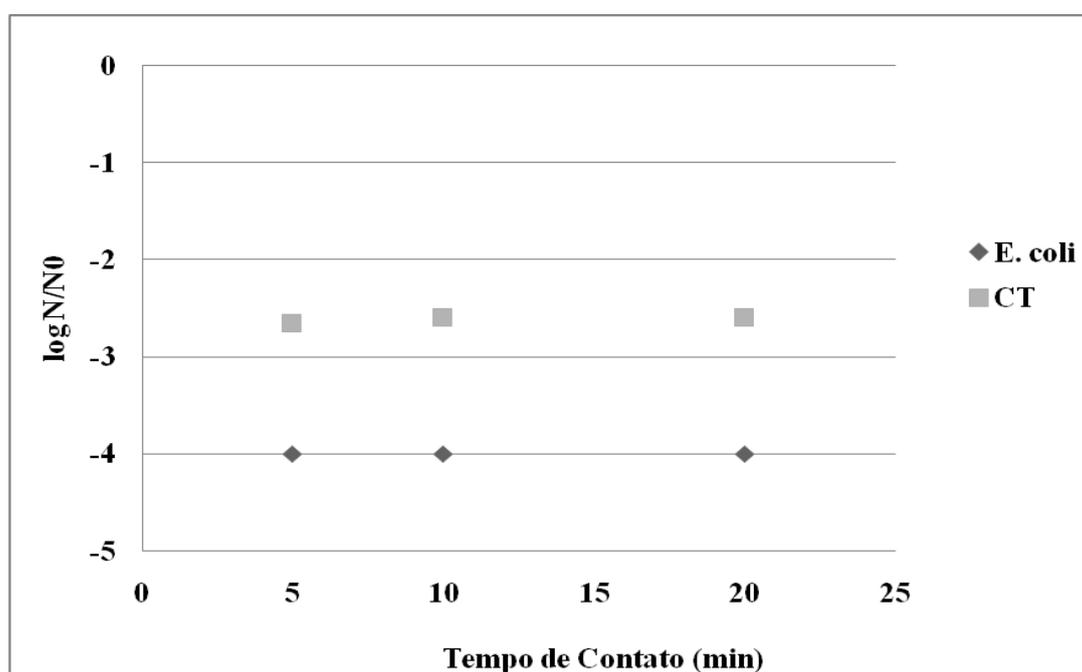
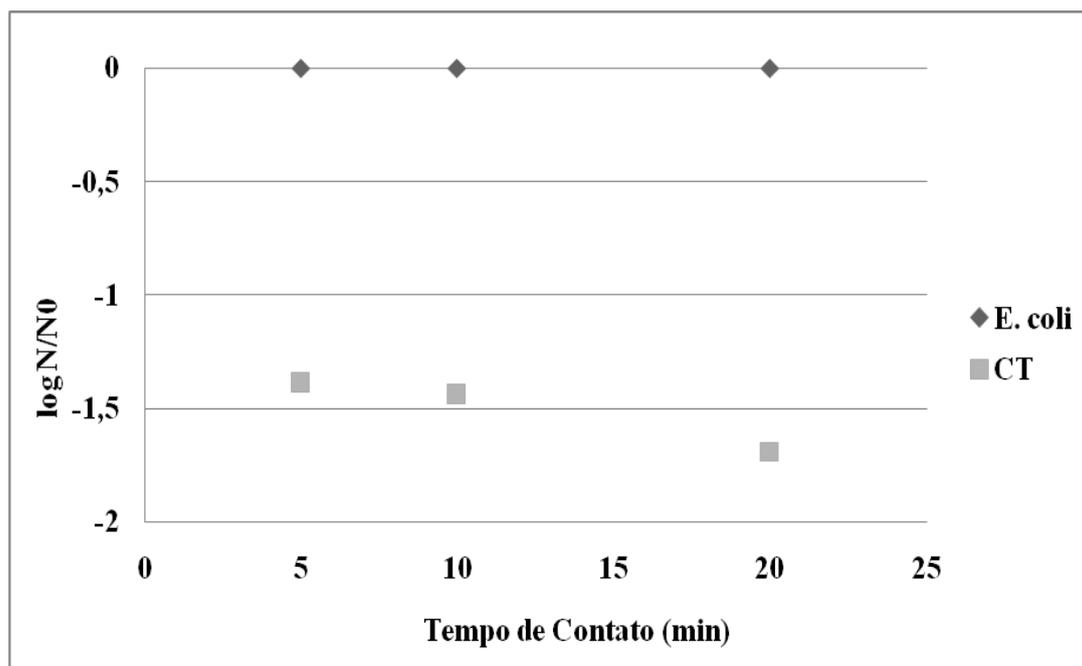


Figura 3. Inativação de *E. coli* e CT para concentração de  $10,0 \text{ mg L}^{-1}$  de ácido peracético.



**Figura 4.** Inativação de *E. coli* e CT para concentração de 10,0 mg L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrogênio.

A dosagem de 10mg/L de APA demonstrou-se altamente satisfatória para a inativação de *E. coli*, atingindo 4 log de inativação independente do tempo de contato utilizado (Figura 3). A efetividade da dosagem, deve-se ao fato do efluente final do mês de junho ter apresentado elevada redução no valor da turbidez, decaindo de 32,1 para 11 uT, como pode ser observado na Tabela 1.

Resultados análogos de inativação de *E. coli* utilizando um efluente final proveniente da mesma ETE foram obtidos por Dias *et al.* (2009), apresentando valor médio de 5,15 log de inativação para a concentração de 10mg L<sup>-1</sup> de APA. A maior inativação alcançada pelos referidos

autores, justifica-se pelo fato do efluente ter apresentado menor valor de SST de 42,0 mg L<sup>-1</sup>, praticamente a metade do resultado obtido na atual pesquisa de 76,0 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 1).

O valor de inativação de CT foi consideravelmente aceitável, permanecendo em 2,6 log para 5, 10 e 20 minutos. Classifica-se o resultado como adequado, por tratar-se de um microrganismo indicador mais generalista (mais resistente) quando comparada a *E. coli*, que realmente comprova a presença de contaminação fecal no efluente.

A efetividade da inativação da *E. coli* logo nos primeiros 5 minutos de desinfecção utilizando APA contribuiu para o sucesso da desinfecção, viabilizando

a construção de um tanque de contato com menores dimensões justificado pelo baixo tempo necessário para atingir eficiente inativação. Conforme demonstrado na Figura 4, na utilização da dosagem de 10 mg L<sup>-1</sup> de HP não ocorreu inativação de *E. coli* em nenhum dos tempos de contato. Quanto aos coliformes totais, esses apresentaram redução insuficiente, chegando ao valor máximo de 1,69 log de inativação no tempo de contato de 20 minutos.

Os resultados ineficientes de inativação tanto de *E. coli*, como de CT para as diferentes dosagens e tempos de contato empregados no experimento utilizando HP, podem ser explicados pela presença de matéria orgânica no efluente final da lagoa facultativa, alta turbidez e quantidade elevada de SST. A carga orgânica persistente no efluente dificultou as reações de inativação.

Sugere-se utilizar peróxido de hidrogênio como desinfetante de esgoto sanitário, quando o sistema de operação da ETE possuir tecnologias com alta capacidade de remoção de material orgânico ou ainda, utilizar etapa de coagulação seguida de floculação/flotação antes da adição do desinfetante. A aplicação de uma dosagem maior de HP, também é indicada para obtenção de

resultados mais eficientes de inativação de microrganismos patogênicos.

Visando a implantação de uma etapa específica de desinfecção do efluente final da ETE, empregando os desinfetantes analisados no estudo com base resultados obtidos, a utilização do ácido peracético na concentração de 10 mg L<sup>-1</sup> é a alternativa mais adequada por apresentar excelentes resultados de desinfecção para as características do efluente utilizado na pesquisa.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo realizado comprovou a alta eficiência do ácido peracético na concentração de 10 mg L<sup>-1</sup> para os tempos de contato empregados. Atingiu-se o valor máximo de 4 log de inativação para *E. coli* no tempo de contato de 5 minutos.

O peróxido de hidrogênio mostrou-se menos eficiente em relação ao ácido peracético para as condições investigadas no estudo.

Sendo assim, a utilização de ácido peracético demonstrou grande potencialidade para desinfecção de esgoto sanitário, devido ao elevado poder de inativação de microrganismos indicadores de contaminação fecal obtidos pelo presente estudo.

## 5. REFERÊNCIAS

- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 19. ed., Washington, 1998.
- CAVALLINI, G. S. et al. Utilização do ácido peracético na desinfecção de esgoto sanitário: uma revisão. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina**, v. 33, n. 1, p. 27-40, jan./jun. 2012.
- COOPER, W. J.; ZIKA, R. G.; PETASNE, R. G.; PLANE, J. M. C. Photochemical formation of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in natural waters exposes a sunlight. **Environmental Science Technology**, n. 22, p.1156-1160, 1988.
- DIAS, L. H. M. et al. Modelo experimental de desinfecção de esgoto sanitário usando ácido peracético. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 3, n. 2, p. 5-14, 2009.
- FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T.; DURÁN, N. Novas tendências para o tratamento de efluentes industriais contendo espécies organocloradas. **Revista Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 504-511, 2000.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.). 2003. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP - ABES/RIMA, 2003. 422 p.
- KITIS, M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. **Environment International**, n. 30, v. 1, p. 47-55, 2004.
- LAPOLLI, F. B., et al. Desinfecção de efluentes sanitários através de dióxido de cloro. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n. 3, p. 200-208, jul./set. 2005
- MATTOS, I. L.; SHIRAISHI, K. A.; BRAZ, A. D.; FERNANDES, J. R. Peróxido de hidrogênio: importância e determinação. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 374-380, maio/junho 2003.
- SOUZA, J. B.; DANIEL, L. A. Comparação entre hipoclorito de sódio e ácido peracético na inativação de *E. coli* e *C. perfringens* em água com elevada concentração de matéria orgânica. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 111-117, 2005.
- SOUZA, J. B. **Avaliação de métodos para desinfecção de água empregando cloro, ácido peracético, ozônio e o processo de desinfecção combinado ozônio/cloro**. 2006. 190 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG 2005. 452 p.