



## II-387- DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO EMPREGANDO ÁCIDO PERACÉTICO

**Leandro Henrique Martins Dias**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (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**

Licenciada em 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.

**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.

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

### RESUMO

A desinfecção de esgotos sanitários tem como objetivo a inativação de microrganismos patogênicos visando minimizar a proliferação de doenças de veiculação hídrica. No presente estudo investigou-se o uso do ácido peracético (APA) como agente desinfetante do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Rio das Antas, da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), situada no município de Irati, PR. Os microrganismos indicadores empregados para verificar a eficiência da desinfecção foram coliformes totais e *Escherichia coli*. Verificou-se efetiva inativação de coliformes totais e *Escherichia coli* para as concentrações aplicadas de APA de 5,0 e 10,0 mg.L<sup>-1</sup> e para tempos de contato de 10 e 20 minutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de Esgoto; Desinfecção; Ácido Peracético; *Escherichia coli*; Coliformes Totais.

### INTRODUÇÃO

O tratamento dos esgotos sanitários tem como principal objetivo a remoção de matéria orgânica e de sólidos dos efluentes. No entanto, o interesse na desinfecção dos esgotos tem se tornado cada vez maior devido às precárias condições de qualidade (e de quantidade) que as fontes de água usadas para diversos fins, como, consumo humano, atividades industriais, irrigação, pesca, recreação e balneabilidade vêm apresentando nos dias atuais.

A desinfecção de esgotos sanitários não tem o objetivo de esterilizar completamente os microrganismos presentes no efluente, mas sim promover a inativação de possíveis patogênicos provenientes do organismo humano, minimizando com isso o risco da proliferação de doenças de veiculação hídrica. Ou seja, o objetivo da desinfecção de esgotos é garantir a qualidade microbiológica do efluente e, com isso, reduzir o risco de que doenças infecciosas transmitidas pela água, como o cólera, a hepatite, a amebíase, a ascaridíase, entre outras, possam atingir a população situada à jusante do corpo d'água receptor do efluente final da ETE, tendo em vista os usos múltiplos da maioria desses.

Na literatura científica da área, vários autores e organizações internacionais de proteção ambiental [CAMPOS (1993); BITTON (1994); USEPA (1999); DANIEL (2001); GONÇALVES (2003)] destacam a importância da prática da desinfecção de esgotos sanitários, alegando ser esta a última barreira sanitária proporcionada pela ETE. Ainda, CAMPOS (1993) aborda que a desinfecção deve ser implantada em todos os locais onde haja risco à saúde humana, principalmente devido ao fato de se tratar de uma prática vantajosa em termos econômicos face aos benefícios gerados.



Por sua vez, segundo GONÇALVES (2003) a decisão pela implantação da desinfecção de esgotos sanitários no fluxograma de uma 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 da desinfecção (construção dos tanques de contato, ou outras unidades de desinfecção, bem como aumento do consumo de energia elétrica) existe a possibilidade da geração de subprodutos potencialmente tóxicos provenientes do agente desinfetante empregado.

Segundo CAMPOS (1993) a desinfecção de esgotos sanitários deve ter cada caso estudado em particular, uma vez que os mecanismos de desinfecção são complexos e dependem das propriedades físico-químicas do desinfetante, da natureza do microrganismo e das características do efluente a ser desinfetado, como pH, turbidez, cor, DBO, DQO etc.

No Brasil, as ETEs, em sua grande maioria, não apresentam etapa de desinfecção em seu fluxograma, e, quando apresentam, a prática mais corrente é a da cloração.

O cloro é o desinfetante mais largamente empregado em todo o mundo, utilizado há mais de um século para desinfecção da água de abastecimento, e também bastante utilizado como desinfetante de esgotos. No entanto, como desinfetante de esgotos seu uso está diretamente relacionado à necessidade da descloração antes de seu lançamento em corpo receptor, pois, o cloro residual é tóxico à vida aquática, além de possibilitar a geração de compostos perigosos e substâncias potencialmente carcinogênicas e mutagênicas como trihalometanos e outros organoclorados (VON SPERLING, 2005). Essa etapa adicional de descloração encarece o processo, restringindo assim o seu uso.

Diante dessa problemática, o uso de desinfetantes alternativos ao cloro vêm sendo estudados. Dentre eles o ácido peracético que é um desinfetante com largo espectro de atividade antimicrobiana mesmo na presença de matéria orgânica [BALDRY, FRENCH e SLATER (1991); SOUZA e DANIEL (2005)]. Seu uso já é praticado em indústrias alimentícias, na agricultura, na medicina para esterilização de equipamento cirúrgicos, e, mais recentemente vem sendo empregado na desinfecção de águas de abastecimento e águas residuárias, devido às suas características desinfetantes, oxidantes e de baixo potencial de geração de resíduos tóxicos ao corpo receptor.

Produzido a partir da reação de peróxido de hidrogênio e ácido acético, o APA apresenta como vantagem a fácil implantação em estações de tratamento, pois tem grande similaridade de uso e manuseio com o cloro, além de oxidar a matéria orgânica e aumentar o oxigênio dissolvido no efluente final.

KITIS (2003) realizou revisão bibliográfica sobre o uso do APA na desinfecção de esgotos sanitários e também destacou como atributos positivos o largo espectro de atividade, a ausência de resíduos e subprodutos tóxicos ou mutagênicos, a ausência da descloração, a baixa dependência do pH e a boa efetividade desse desinfetante para efluentes primários e secundários. As principais desvantagens citadas foram: o aumento do conteúdo orgânico no efluente, devido ao ácido acético que está presente na mistura do desinfetante e também é formado após a decomposição do APA, além do custo mais elevado em relação ao cloro. No entanto, o autor atribuiu o custo mais alto à escassa produção mundial do produto e considerou que, se sua demanda aumentar, especialmente devido à indústria de tratamento de efluentes, seu custo deverá ser reduzido, e nesse caso, as vantagens de ordem ambiental associadas ao APA deverão torná-lo competitivo ao cloro.

Em relação à toxicidade residual do APA bem como à possibilidade de formação de subprodutos da desinfecção, SOUZA e DANIEL (2007) realizaram revisão bibliográfica sobre o assunto e apresentaram que o APA não é classificado como carcinogênico por instituições internacionais tais como a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), a EPA, o Programa Nacional Americano de Toxicologia, dentre outras. Segundo essas instituições o APA não é considerado carcinogênico (BLOCK, 2001). De acordo com a revisão realizada o APA é considerado inócuo e não produz resíduos tóxicos.

COSTA (2007) avaliou a eficiência de desinfecção bem como o potencial tóxico dos desinfetantes: cloro, ácido peracético, radiação UV e ozônio na desinfecção de esgotos sanitários e observou que todos os desinfetantes empregados foram capazes de produzir efeitos deletérios aos organismos testes: *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia silvestrii*, *Chironomus xanthus*, *Dario rerio* e *Alium cepa*. No entanto, o cloro foi o desinfetante mais tóxico seguido pelo ozônio, ácido peracético e radiação UV. A autora recomenda, inclusive, a revisão da utilização do cloro para desinfecção de esgotos sanitários sem prévia descloração, em face da eficiência



satisfatória de inativação de bactérias proporcionada por outros agentes desinfetantes potencialmente menos tóxicos como o APA e a radiação UV.

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar a eficiência do ácido peracético na inativação dos microrganismos indicadores, coliformes totais e *Escherichia coli* presentes em esgoto sanitário.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado com efluente proveniente da lagoa facultativa (efluente final) da ETE Rio das Antas, pertencente à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) situada no município de Irati, PR.

Esta ETE possui tratamento preliminar composto por gradeamento e caixa desarenadora, tratamento secundário biológico constituído por dois reatores anaeróbios em paralelo, sendo um Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF) e um *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), seguido por lagoa facultativa com chicanas.

Para os ensaios de desinfecção com ácido peracético foram efetuadas coletas de efluente na saída da lagoa facultativa nos meses de abril e junho de 2008.

Os ensaios de desinfecção foram realizados em bancada de laboratório, em regime de batelada, empregando béqueres de vidro de 2 L de capacidade, dispostos sobre agitadores magnéticos.

As dosagens de APA empregadas foram de 1,0; 5,0 e 10,0 mg.L<sup>-1</sup> e os tempos de contato de 5, 10 e 20 minutos. Após cada par dosagem-tempo de contato foram retiradas amostras para a realização dos exames microbiológicos, sendo o residual de APA ainda presente na amostra, neutralizado com tiosulfato de sódio.

As dosagens empregadas de ácido peracético foram retiradas de uma solução-mãe preparada a partir do PROXITANE® 1512. O produto é uma mistura em equilíbrio contendo ácido peracético (15%), peróxido de hidrogênio (23%), ácido acético (16%) e veículo estabilizante.

Foram feitas cinco diluições do efluente final da lagoa, antes e depois do ensaio de desinfecção para verificar a eficiência de inativação dos microrganismos. As diluições foram dessa ordem para permitir ou facilitar a quantificação das bactérias, e também dar mais segurança aos resultados. Os exames microbiológicos foram realizados em duplicata e os resultados ora apresentados constituem sua média aritmética.

Para os exames microbiológicos foi utilizada a técnica da filtração em membranas que consistiu na filtração de um volume conhecido (100 mL) de amostra, através de uma membrana estéril com porosidade de 0,45 µm, sendo as mesmas dispostas em placas de Petri contendo o meio de cultura seletivo e diferencial *Chromocult Coliform Agar* (Merck), conforme indicado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Os ensaios de desinfecção, bem como os exames microbiológicos foram realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta dos efluentes da lagoa, os mesmos foram caracterizados e apresentaram os seguintes valores médios: pH de 7,57; turbidez de 19,8 uT; DQO de 121 mg.L<sup>-1</sup> e Sólidos Suspensos Totais (SST) de 42 mg.L<sup>-1</sup>. Estes valores foram considerados usuais (padrão) para o tipo de tratamento implementado na ETE, de acordo com VON SPERLING (2005).

Na Tabela 1 estão apresentadas as densidades finais (N) de Coliformes Totais (CT) e *Escherichia coli* após as concentrações aplicadas de APA de 1,0; 5,0 e 10,0 mg.L<sup>-1</sup> nos tempos de contato de 5, 10 e 20 minutos, bem como as densidades iniciais (No) dos mesmos microrganismos no efluente da lagoa da ETE.

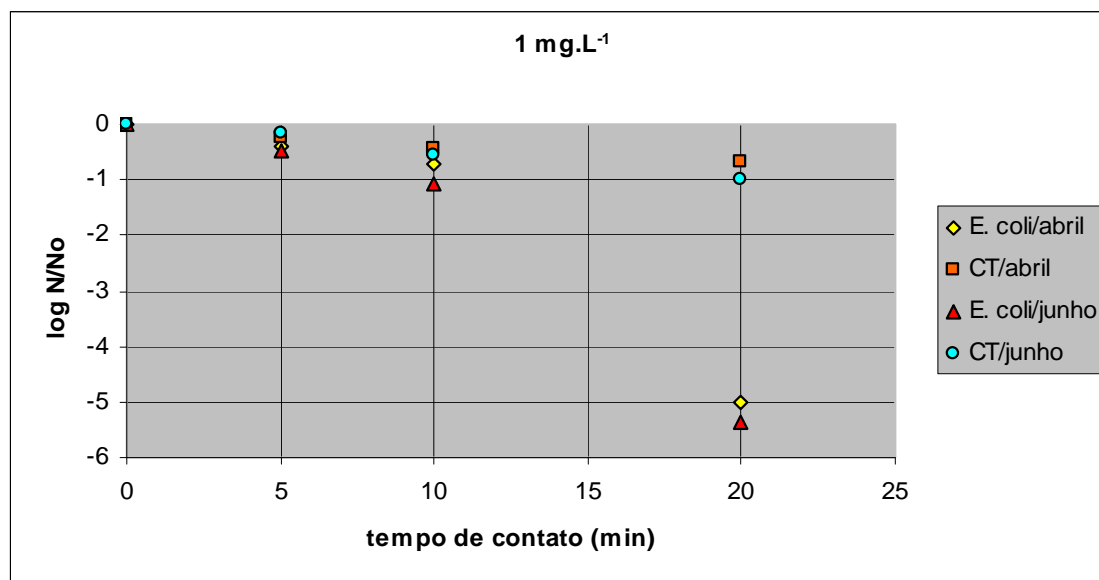


**Tabela 1: Densidades iniciais dos microrganismos indicadores CT e *E. coli* (No) e após os ensaios de desinfecção (N).**

		Abril		Junho	
		CT (UFC/100 mL)	<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)	CT (UFC/100 mL)	<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)
No		$7,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$	$1,1 \times 10^6$	$2,3 \times 10^5$
N	1 mg.L <sup>-1</sup>	5	$3,9 \times 10^5$	$4,1 \times 10^4$	$8,0 \times 10^5$
		10	$2,6 \times 10^5$	$2,1 \times 10^4$	$3,2 \times 10^5$
		20	$1,5 \times 10^5$	<1	$1,2 \times 10^5$
	5 mg.L <sup>-1</sup>	5	$1,0 \times 10^4$	<1	$2,0 \times 10^4$
		10	$2,0 \times 10^3$	<1	<1
		20	$2,0 \times 10^4$	<1	<1
	10 mg.L <sup>-1</sup>	5	$1,0 \times 10^5$	<1	<1
		10	<1	<1	<1
		20	<1	<1	<1

No= densidade inicial de microrganismos (efluente da lagoa); N= densidade final de microrganismos; UFC= unidade formadora de colônia.

Para cada par dosagem-tempo de contato, foram quantificados o número final (N) de microrganismos indicadores. O número inicial (No) de microrganismos presentes no efluente final da lagoa foi variável conforme a amostra coletada. A partir das densidades sobreviventes de *E. coli* e CT, obtidas experimentalmente, foram construídos os gráficos de inativação log N/No em função do tempo de contato (t) apresentados nas figuras 1, 2 e 3.



**Figura 1: Inativação de *E. coli* e CT para concentração de 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de APA.**

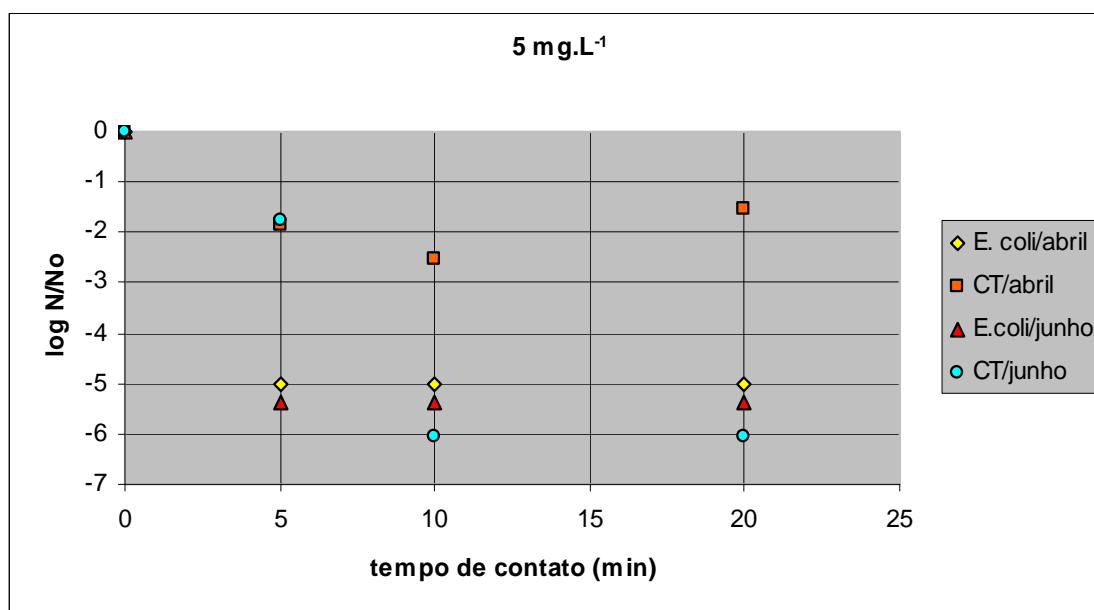


Figura 2: Inativação de *E. coli* e CT para a concentração de 5,0 mg.L<sup>-1</sup> de APA.

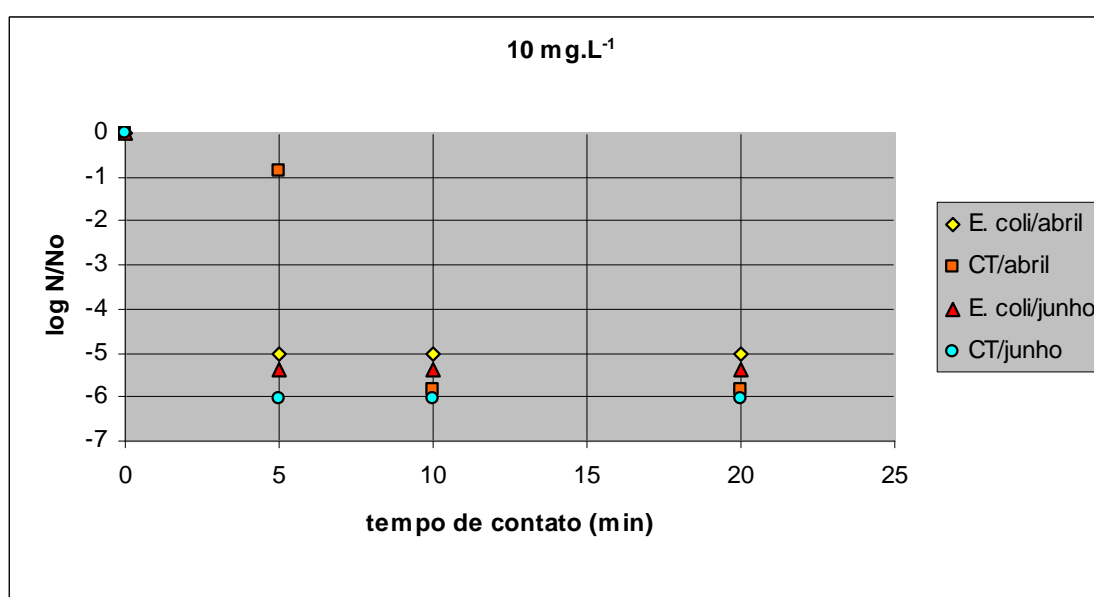


Figura 3: Inativação de *E. coli* e CT para a concentração de 10,0 mg.L<sup>-1</sup> de APA.

Para a concentração de 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de ácido peracético aplicado e tempo de contato de 5 minutos, as inativações de *E. coli* e de coliformes totais foram abaixo de 1,0 log de inativação. Para o tempo de contato de 10 minutos, a inativação de *E. coli* permaneceu baixa, chegando a 1,06 log na amostra de junho, e a de coliformes totais continuou abaixo de 1,0 log. Para 20 minutos de contato, a inativação de *E. coli* foi de 5,02 e 5,36 para os meses de abril e junho, respectivamente, porém as inativações de coliformes totais continuaram abaixo de 1,0 log, verificando assim a baixa eficiência da concentração de 1,0 mg.L<sup>-1</sup> para a inativação de coliformes totais.

A dosagem aplicada de ácido peracético de 5,0 mg.L<sup>-1</sup> foi bastante efetiva para a inativação de *E. coli*, pois foi atingida inativação maior que o limite de detecção do método utilizado, ou seja, 100% dos microrganismos presentes na amostra foram inativados, para todos os tempos de contato empregados. No entanto a inativação de coliformes totais esteve entre 1,0 e 2,0 log de inativação para tempo de contato de 5 minutos para as 2 amostras, mas para os tempos de contato de 10 e 20 minutos, na amostra de abril a inativação foi de 2,54 e 1,54 log respectivamente, e para a amostra de junho obteve-se inativação efetiva de 6,05 log para os dois



tempos de contato, onde 100% dos coliformes totais foram inativados, verificando assim a eficiência de inativação de coliformes para essa dosagem acima de 10 minutos de contato.

Para a concentração de  $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de ácido peracético aplicado, obteve-se efetiva inativação dos dois microrganismos estudados, *E. coli* e coliformes totais, em todos os tempos de contato, ou seja, inativações maiores que 5,02 log foram obtidas. Com exceção dos coliformes totais que no tempo de contato de 5 minutos apresentou inativação de 0,84 log na amostra de abril para esta dosagem.

A variabilidade observada nos resultados de inativação tanto de *E. coli* como de CT para as diferentes dosagens e tempos de contato empregados no experimento com APA pode ser explicada pela presença de matéria orgânica no efluente final da lagoa, tendo em vista que a configuração e o fluxograma da ETE do estudo, em sua operação regular, promove remoção de matéria orgânica de aproximadamente 70% (VON SPERLING, 2005).

Assim, a matéria orgânica presente no efluente pode, realmente, causar competição entre as reações de oxidação e de inativação quando o ácido peracético é aplicado ao efluente.

SOUZA e DANIEL (2005) observaram problema semelhante com a adição de cloro à água com elevada concentração de matéria orgânica.

No entanto, BALDRY, FRENCH e SLATER (1991) verificou que a presença de matéria orgânica na forma de levedura afetou negativamente muito mais a eficiência do cloro do que a do ácido peracético.

Vale ressaltar que o ácido peracético é um forte desinfetante que apresenta potencialidade de concorrer com o cloro na desinfecção de esgotos, porém, para o seu uso em larga escala, estudos sobre a toxicidade de seu residual à vida aquática devem ser realizados a fim de garantir segurança à vida aquática.

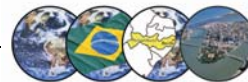
## CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu concluir que: as inativações de *E. coli* e coliformes totais através da aplicação de ácido peracético foram efetivas para as concentrações de 5,0 e  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  nos tempos de contato de 10 e 20 minutos, possibilitando o uso desse produto como agente alternativo para desinfecção de esgotos sanitários.

Recomenda-se, entretanto, a realização de análises ecotoxicológicas do efluente desinfetado com ácido peracético antes de sua implementação em escala real.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19ª ed., Washington, 1998.
2. BALDRY, M. G. C.; FRENCH, M.S., SLATER, D. The Activity of peracetic acid on sewage indicator bacteria and viruses. Water Science Technology, v. 24, n.2, p.353-357, 1991.
3. BITTON, G. Wastewater microbiology. New York: John Wiley & Sons, 1994.
4. BLOCK, S.S. (2001). Disinfection, Sterilization and Preservation. 5 ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 1481 p.
5. CAMPOS, J. R. Uma abordagem sobre a desinfecção de esgotos no Brasil. In: Seminário Internacional sobre desinfecção de águas de abastecimento e residuais em países em desenvolvimento. 1993, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 1993, p.137-167.
6. COSTA, J. B. Avaliação ecotoxicológica de efluente de tratamento secundário de esgoto sanitário após desinfecção com ácido peracético, cloro, ozônio e radiação ultravioleta. 2007. 178 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
7. DANIEL, L. A. (Coord.). Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. 1ª ed. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, ABES, 2001. 139 p.
8. GONÇALVES, R. F (Coord.). Projeto PROSAB. Desinfecção de efluentes sanitários. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 422 p.
9. KITIS, M. (2003). Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. Environment International. Disponível online [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



10. GASI, T. M. T. et al. Aplicação de ácido peracético para desinfecção se efluentes de lodos ativados. IN: 18º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18, Salvador. Anais... 1995.
11. SANCHEZ-RUIZ, C., ROYANO, M. S., MONZÓN, I. T. An evaluation of the efficiency and impact of raw wastewater disinfection with peracetic acid prior to ocean discharge. Water Science Technology , v.32, n.7, p.159-66, 1995.
12. 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 Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 2, pp.111-117, 2005.
13. SOUZA, J. B.; DANIEL, L. A. Potencialidade do uso do ácido peracético para desinfecção de água e de efluentes. In: 24º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, Belo Horizonte. Anais... 2007.