



RBMA&S

Revista Brasileira de Meio Ambiente
& Sustentabilidade



Artigos

DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO UTILIZANDO ÁCIDO PERÁCETICO

Adriana de Souza Ribeiro Feitosa¹

Amanda Ribeiro Feitosa²

Pryscilla Martins de Andrade³

Núbia Natália de Brito⁴

RESUMO

O processo de desinfecção de esgotos sanitários visa à diminuição de micro-organismos patogênicos de veiculação hídrica e consequentemente uma melhora nos índices de saúde pública. Neste trabalho investigou-se a utilização de Ácido Peracético (APA) na desinfecção de esgoto sanitário pós-processo terciário de tratamento. Os micro-organismos utilizados como indicadores de contaminação foram: Coliformes totais (CT) e Escherichia coli (E. coli) analisados pela técnica do Colilert. Foi possível observar inativação para CT e E. coli para a concentração aplicada de 12 mg L⁻¹ de APA em um tempo de contato de 20 minutos, apresentando potencial para eficiente desinfecção.

Palavras-chave: Contaminação fecal. Tratamento de esgoto. Coliformes.

¹ Especialista em Gestão e Química do Meio Ambiente. Graduada em Farmácia/Bioquímica. Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) –SANEAGO-GO. E-mail: adriana@saneago.com.br

² Graduada em Farmácia. Faculdade de Farmácia- Universidade Federal de Goiás. E-mail: amanfeitosa@gmail.com

³ Mestre em Química. Graduação em Química, Instituto de Química- Universidade Federal de Goiás. E-mail: pryscilla.m.a@gmail.com

⁴ Doutora em Engenharia Agrícola na Área de Água e Solo. Profa do Instituto de Química- Universidade Federal de Goiás. E-mail: nubiabrito@ufg.br

DISINFECTION OF SANITARY SEWAGE USING PERACETIC ACID

ABSTRACT

The sanitary sewage disinfection process aims to decrease pathogenic microorganisms in water transmission consequently an improvement in public health indexes. In this paper the use of peracetic acid (PAA) in the disinfection of sanitary sewage after the tertiary treatment process was investigated. The microorganisms used as indicators of contamination were total coliforms (TC) and *Escherichia coli* (*E. coli*) analyzed by the colilert technique. It was possible to observe inactivation for TC and *E. coli* for the applied concentration of 12 mg L⁻¹ of PAA in a contact time of 20 minutes, presenting potential for efficient disinfection.

Keywords: Fecal contamination. Sewage treatment. Coliforms.

1 INTRODUÇÃO



No tratamento de esgoto sanitário diversas operações são realizadas com o objetivo de remoção máxima da matéria orgânica e sólidos suspensos antes do lançamento em corpos hídricos. A desinfecção tem se tornado também uma etapa extremamente importante na inativação de micro-organismos patogênicos causadores de doenças de veiculação hídrica e que afetam diretamente a saúde pública, tendo em vista os usos múltiplos das águas dos mananciais a jusante do descarte de esgoto sanitário.

Os benefícios que um bom saneamento traz a população são inúmeros ao longo do tempo, para isso a desinfecção é uma etapa na ETE fundamental para minimização de impacto ambiental, social e na saúde, além de proporcionar qualidade na água a ser usada. Diante disso, o estudo de desinfetantes alternativos ao cloro tem avançado, e um deles é o Ácido Peracético (APA), produzido a partir da reação de peróxido de hidrogênio e ácido acético. Importante ressaltar que a decomposição

espontânea do APA devido a sua protonação, gera oxigênio molecular e Ácido Acético (SILVA et al., 2020).

Segundo Dias et al. (2009), o Ácido Peracético é um desinfetante com largo espectro de atividade antimicrobiana, mesmo na presença de matéria orgânica, inócuo, com baixo potencial de geração de residuais tóxicos ao corpo receptor e com baixa dependência dos valores de pH. Em estações de tratamento de esgoto tem sido utilizado para reduzir o número de micro-organismos fecais (tanto de origem humana, quanto de origem animal), visando reuso ou adequação aos parâmetros de lançamento em países como Itália, Reino Unido, Estados Unidos e França (ANDREOLI et al., 2013).

O APA vem ganhando destaque também por produzir menos impactos ambientais que os desinfetantes convencionais, tais como: NaOCl e ClO₂, principalmente no que se refere a formação de subprodutos da desinfecção e efeitos tóxicos mutagênicos ou genotóxicos em diferentes organismos indicadores (HENAO et al., 2018).

Assim, a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (2012) já apresenta o Ácido Peracético como alternativa no tratamento de vazão excedente à capacidade das estações de tratamento de águas residuárias, ou rede coletora única de águas pluviais e esgoto sanitário.

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar a eficiência do Ácido Peracético na inativação dos microrganismos indicadores, coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*) presentes em esgoto sanitário da cidade de Goiânia-GO.

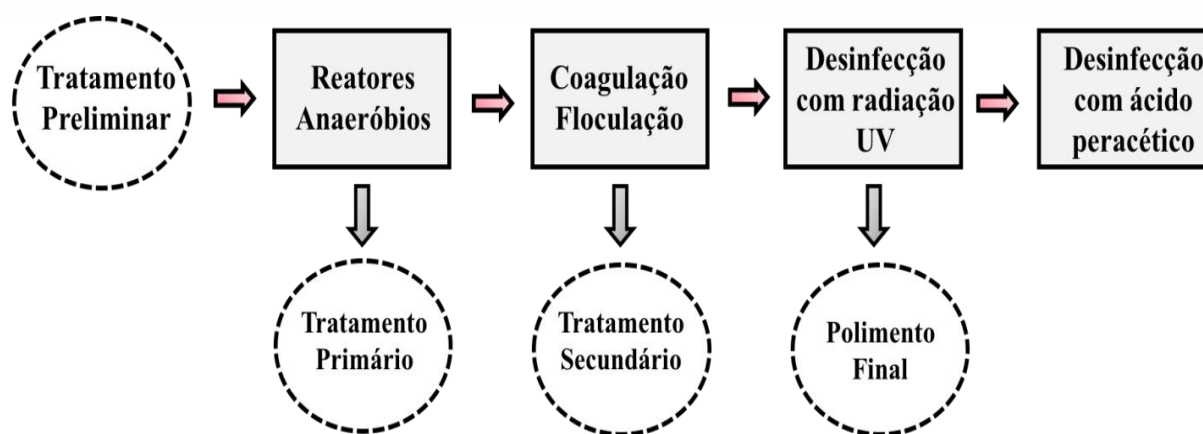
2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em esgoto sanitário pós desinfecção com radiação ultravioleta (efluente final) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE- Teresópolis-GO), pertencente a Companhia de Saneamento de Goiás (SANEAGO).

A ETE possui tratamento preliminar composto por gradeamento, caixa de gordura (óleos e graxas), tratamento secundário biológico constituído por três reatores

anaeróbios- UASB “Upflow Anaerobic Sludge Blanket”, seguido por processo físico-químico via coagulação/floculação (cloreto férrico e polímero aniônico) e desinfecção com radiação ultravioleta (UV-200 Watts). Um esquema dos tratamentos realizados, incluindo a desinfecção final com Ácido Peracético, pode ser visualizado na figura 1:

Figura 1 - Esquema dos tratamentos realizados pela ETE Teresópolis-GO, com inclusão da desinfecção com Ácido Peracético



Fonte: (Autores)

Neste estudo a desinfecção com Ácido Peracético foi realizado após a desinfecção com radiação UV, utilizando dosagem do ácido variável e tempo fixado em 20 minutos de tratamento versus inativação de *E. coli* e coliformes totais.

2.1 MATERIAIS E REAGENTES

Para a caracterização do esgoto sanitário empregado no estudo os ensaios de desinfecção, foram seguidos de análises físico-químicas e exames microbiológicos de acordo com os procedimentos indicados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012). As análises físico-químicas realizadas foram: pH, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), absorvância em 254 nm (filtrado em papel filtro 0,45 µm e não filtrado), acidez total e sólidos suspensos totais (SST).

Para os exames microbiológicos, foi utilizado o método do substrato cromogênico enzimático-técnica do Colilert® com incubação durante 24 horas a 37°C e possível fluorescência sob radiação ultravioleta (265 nm) (APHA, 2012). Os ensaios de desinfecção foram realizados no Laboratório Central da Saneago e no laboratório de tratamento de águas residuárias (Labtar) do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás.

2.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios de desinfecção com Ácido Peracético foram realizados ensaios preliminares em que as concentrações de APA variam de 5 a 40 mg L⁻¹ os resultados mais satisfatórios refere-se as duas amostras que serão denominadas de amostra 1 e 2, respectivamente. Para realização dos ensaios utilizou se o “jar test” com capacidade de 2 litros. As concentrações de APA empregadas variaram de 9 mg L⁻¹ a 22 mg L⁻¹, os parâmetros de mistura foram mantidos em 30 rpm (mistura lenta) durante 20 minutos. Após cada par, dosagem-tempo de contato, foi retirada amostra para a realização dos exames microbiológicos e demais análises, tais como: pH, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), absorvância em 254 nm, acidez total e sólidos suspensos totais (SST).

As concentrações empregadas de Ácido Peracético (2%) foram retiradas de uma solução padrão, preparadas a partir de PROXITANE® 1512. O produto é uma mistura em equilíbrio contendo Ácido Peracético (15%), peróxido de hidrogênio (23%), ácido acético (16%) e veículo estabilizante.

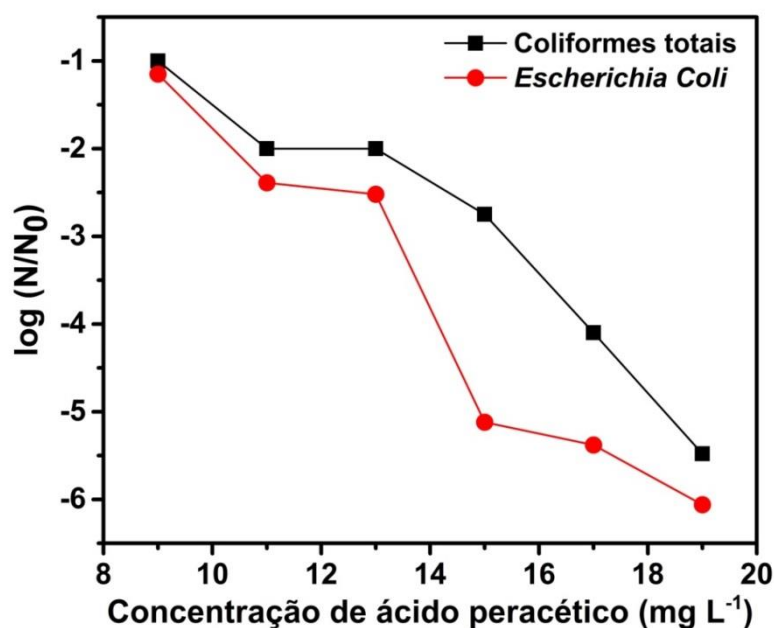
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A desinfecção de esgoto sanitário tem por objetivo a inativação de micro-organismos patogênicos. Um estudo preliminar foi realizado com a amostra 1 afim de verificar as faixas de concentrações de APA em que poderia ocorrer inativação de

coliformes totais, que apresentou inicialmente 24×10^5 NMP, assim como o mesmo valor para *E. coli*.

Conforme pode ser visualizado na figura 2 a melhor concentração de Ácido Peracético na inativação dos micro-organismos coliformes totais (430 NMP) e *E. coli* (18 NMP) foi de 15 mg L^{-1} para um tempo de contato de 20 minutos. Importante ressaltar que geralmente nos primeiros minutos ocorre a desinfecção de forma mais expressiva, mas é necessário um tempo de contato adicional para atender aos requisitos de descarte/reuso. Nessa concentração de APA houve enquadramento na legislação Conama 357 (2005) e Conama 430 (2011), que estipula um máximo de 1000 NMP dos micro-organismos, para descarte em mananciais.

Figura 2 - Concentração de Ácido Peracético (APA) versus inativação de micro-organismos coliformes totais e *E. coli*.



Fonte: (Autores).

Andreoli et al. (2013), usaram APA como agente desinfetante na redução do índice de *E. coli* na foz do rio Brejatuba-PR, quando as dosagens aplicadas se situaram entre 10 e 20 mg L^{-1} ocorreu eficiente redução do patógeno, concentrações essas similares as estudadas neste artigo.

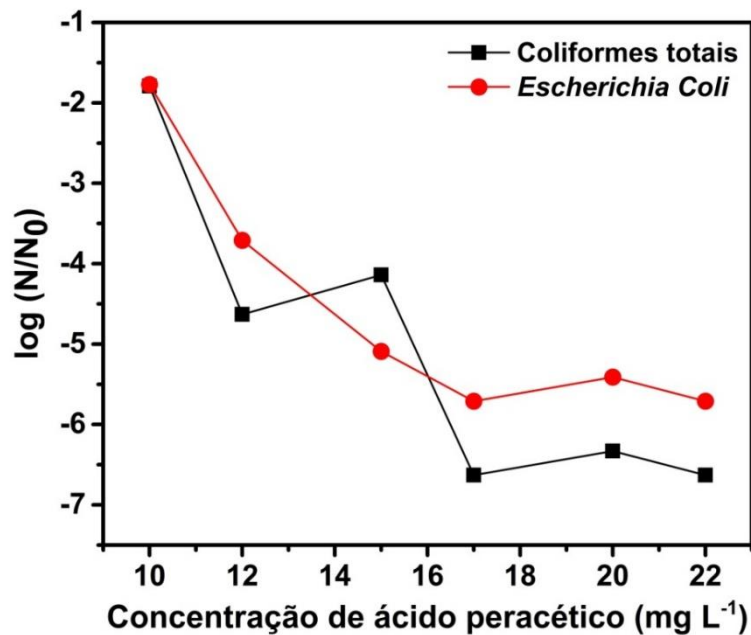
Bonetta et al. (2017), realizaram um estudo para avaliar a eficiência de desinfecção de esgoto sanitário com APA em doses baixas (0,99-2,10 mg L⁻¹) durante 30 minutos de contato, os resultados permitiram concluir que baixas doses de APA melhoram a qualidade microbiológica do efluente, mas não é suficiente, por exemplo para garantir o reuso na agricultura.

Block et al. (2015), observaram na desinfecção utilizando APA em esgoto sanitário misturado com efluente industrial, uma estreita relação com a coloração, de modo que, a cor do efluente entre 1000-3000 mg Pt Co L⁻¹ demandava uma concentração de APA entre 12 e 16 ppm em 15 minutos de tempo de contato. Observaram também que o APA reduz a coloração em até 100 unidades de cor, sendo este um benefício secundário do APA durante a desinfecção.

Dias et al. (2009), verificaram efetiva inativação para coliformes totais e *E. coli* nas concentrações de APA de 5,0 e 10,0 mg L⁻¹, para os tempos de contatos de 10 e 20 minutos, respectivamente.

Com o propósito de buscar a melhor concentração na inativação dos patógenos realizou se outro ensaio com diferentes concentrações de APA focando na desinfecção de *E. coli* (Figura 3). Neste ensaio a optou-se por utilizar a concentração de APA de 12 mg L⁻¹ em um tempo de contato de 20 minutos o que implica em uma menor concentração do reagente químico utilizado e uma inativação de CT e *E. coli* satisfatória menor que 1000 NMP.

Figura 3 - Concentração de Ácido Peracético (APA) versus inativação de micro-organismos coliformes totais e *E. coli*.



Fonte: (Autores).

Importante ressaltar que nem sempre o aumento das concentrações de APA aplicadas ao longo dos tempos de contato, significa necessariamente em melhoria nas eficiências de inativação dos micro-organismos indicadores.

Less et al. (2014), encontraram resultados similares a concentração de APA na desinfecção de *E. coli* em esgoto sanitário, a dosagem foi de 10 mg L⁻¹ de APA e demonstrou-se altamente satisfatória para a inativação de *E. coli*, atingindo 4 log de inativação independente do tempo de contato utilizado. Os autores acreditam que a efetividade da dosagem, deve-se ao fato de o efluente final do mês de junho ter apresentado elevada redução no valor da turbidez, decaindo de 32,1 para 11 UNT.

Biswal et al. (2014), alcançaram remoção de *E. coli* em média de 52% variando de 11% a 100% em esgoto sanitário pós tratamento físico químico e biológico. O nível de desinfecção alcançou 200 UFC/100 mL (mínimo exigido para legislação canadense) com uma concentração de APA variando de 0,9 a 2,0 mg L⁻¹ para 30 a 60 minutos de contato.

Chhetri et al. (2018), observaram que o tratamento convencional de águas residuárias na região do ártico é um desafio, tendo em vista, principalmente o clima frio, assim não existe uma ETE na Groelândia e águas residuais são descartadas nos corpos de água sem tratamento. Diante da problemática propuseram tratamentos físico-químicos e a desinfecção com APA e conseguiram remoção de bactérias heterotróficas de 2,8 e 3,1 log pela aplicação de 6 a 12 mg L⁻¹ de APA, respectivamente.

A análise de DQO é fundamental ao final do processo de desinfecção tendo em vista, o possível aumento do conteúdo orgânico no efluente, devido ao ácido acético e a possibilidade de formação de subprodutos orgânicos.

Na tentativa de entender melhor o processo de desinfecção frente à concentração de APA optou-se por avaliar outras variáveis (amostra 2) que podem interferir no processo de inativação de micro-organismos (Tabela 1):

Tabela 1 - Caracterização física, química e biológica da amostra 2, esgoto sanitário final e pós desinfecção com APA.

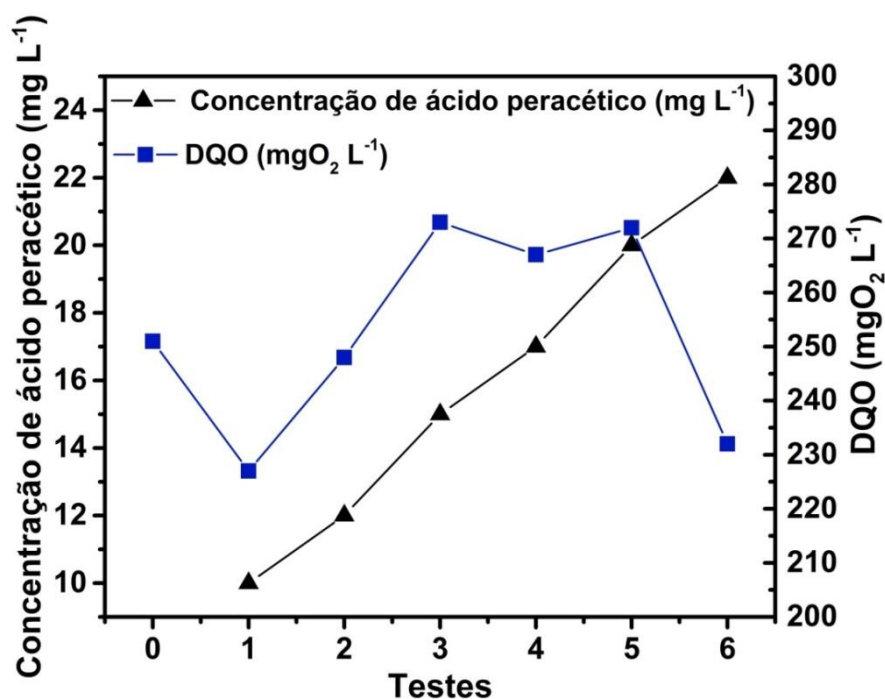
Variáveis	Esgoto sanitário final Amostra 2	Amostra 2 Desinfecção com APA 12 mg L ⁻¹
Valor de pH	7,11	6,96
Sólidos Suspensos Totais (SST) mg L ⁻¹	218,0	105,0
Demanda Química de Oxigênio (mg O ₂ L ⁻¹)	251,0	248,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg O ₂ L ⁻¹)	54,0	51,0
Índice de coliformes totais (NMP)	4,3x10 ⁶	100
Índice de <i>Escherichia coli</i> (NMP)	5,1x10 ⁵	<100
Absorbância 254 (filtrado)	0,745	0,636
Absorbância 254 nm (não filtrado)	0,971	0,936
Acidez total (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	52,20	71,34

Fonte: (Autores)

Importante ressaltar também, que a matéria orgânica presente no efluente final pode também, causar competição entre as reações de oxidorredução e de inativação quando o Ácido Peracético é aplicado ao efluente, fenômeno este que pode causar oscilações nos resultados de inativação microbiana, tendo em vista uma composição sempre heterogênea da amostra em estudo.

Conforme pode ser visualizado, na figura 4 nas concentrações de 10 e 12 mg L⁻¹ a DQO diminuiu em torno de 9,56% e 1,19%, respectivamente, posteriormente os valores de DQO tendem a aumentar (em torno de 8%) com o aumento da aplicação de APA até a concentração de 20 mg L⁻¹.

Figura 4 - Concentração de Ácido Peracético versus valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO), teste com esgoto sanitário final da linha de tratamento e pós desinfecção com APA.



Fonte: (Autores).

Os parâmetros DQO, DBO, pH, SS e absorvância, foram analisados para verificar se a aplicação de APA altera as características do efluente final. Segundo Nguyen et al. (2014), isto é abordado principalmente porque é comum o aumento da DBO de 1 a 3% devido ao carbono orgânico do APA (CH₃CO₂H e CHCO₃H), bem como

uma diminuição dos valores de pH. O valor de pH é um parâmetro fundamental, visto que, em meio alcalino a inativação de micro-organismos geralmente é menor que em condições de pH neutro ou ácido (CAVALLINI et al., 2012).

Importante salientar também que, segundo Cavallini et al. (2012), em estações de tratamento de esgoto a aplicação do APA contribui de forma positiva, aumentando à oxigenação do efluente final. No entanto, a formação de ácidos carboxílicos pode aumentar a quantidade de material orgânico, incluindo o ácido acético, que por ser biodegradável acaba servindo de alimento para as bactérias (decompositoras), podendo contribuir para o recrescimento microbiano ou ainda promover a formação de possíveis subprodutos dependendo da composição do efluente.

Neste estudo foi possível observar que a DQO e DBO permanecem praticamente as mesmas. A relação DQO/DBO ($248/51= 4,9$) quando comparada ao efluente bruto (4,7) permaneceram bem próximas; característica de efluente que passou por tratamentos biológicos ao mesmo tempo em que deixa claro que a aplicação do Ácido Peracético não muda essa condição. No entanto Daniel *et al.*, (2001), observaram que a aplicação de APA oxida a matéria orgânica removendo em média 22,5% de DBO de efluente pós lodo ativado, fato este não observado na pesquisa.

O parâmetro, sólidos suspensos totais apresentou uma remoção de 52% com a adição de Ácido Peracético, possivelmente houve uma maior sedimentação o que corrobora também com a diminuição de micro-organismos (população) que podem estar aderidos no material suspenso. Mcfadden et al. (2017), observaram que o tamanho dos sólidos não interfere na desinfecção com APA, a eficiência diminui quando os valores de pH aumentam acima de 7,5.

Para esse trabalho de pesquisa o valor de pH inicial foi de 7,11 com posterior diminuição para 6,96 e para acidez total a concentração foi de $52,20 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ inicialmente e após a desinfecção $71,34 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$

O valor da absorvância em 254 nm (amostra sem passar pelo papel filtro), indicativa de material carbonáceo com alto grau de aromaticidade e instauração, diminuiu após a adição de APA e pode indicar oxidação de material suspenso. Verificou-se também aumento na absorvância em 254 nm (amostra filtrada em papel

filtro) após a desinfecção com APA. Segundo De Souza e Daniel (2005), o aumento da absorvância neste comprimento de onda após desinfecção com Ácido Peracético, é compreensível, visto que o mesmo se decompõe em ácido acético, que contém carbono em sua composição. Isso seria uma desvantagem na desinfecção com Ácido Peracético, tendo em vista a possibilidade de recrescimento microbiano, dito anteriormente.

Zhang et al. (2019), estudaram o recrescimento das bactérias: *Gram negative Pseudomonas aeruginosa* PAO1 e *Gram-positive Bacillus sp.* Após a desinfecção com APA na presença e ausência de matéria orgânica, e observaram que na ausência de matéria orgânica na concentração de 28,5 mg min L⁻¹ não houve recrescimento microbiano. Na presença de matéria orgânica a ação desinfetante diminuiu, mas ainda sim o estudo permitiu concluir que o APA é um forte oxidante para prevenir o crescimento bacteriano na presença ou ausência de matéria orgânica.

Importante destacar que o Ácido Peracético com potencial redox de 1,06 eV 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, bem como, estudos sobre possíveis subprodutos provenientes do processo de desinfecção.

The logo for RBMA&S features the letters 'RBMA&S' in a bold, green, sans-serif font. To the left of the text is a stylized green leaf icon. To the right is a vertical green bar containing the text 'ISSN 2337-764' in white.

4 CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu concluir que: as inativações de *E. coli* e CT, através da aplicação de APA, foram interessantes para a concentração de 12 mg L⁻¹ de APA no tempo de contato de 20 minutos, possibilitando o uso desse produto como agente alternativo para desinfecção de esgotos sanitários.

A concentração de APA usado pode ser devido ao alto valor inicial da turbidez e dos sólidos suspensos totais que comprometeu o processo de desinfecção ocasionando competição entre as reações de oxidorredução da matéria orgânica, promovida pela adição de Ácido Peracético ao esgoto sanitário e a inativação dos organismos indicadores.

O Ácido Peracético demonstrou grande potencialidade para desinfecção de esgoto sanitário, devido ao elevado poder de inativação de micro-organismos indicadores de contaminação fecal. Recomenda-se, no entanto, a realização de análises ecotoxicológicas, bem como, uma análise criteriosa da potencialidade de formação de subprodutos do efluente desinfetado com Ácido Peracético, antes de sua implementação em escala real.

AGRADECIMENTOS

À empresa SANEAGO - GO pelo suporte técnico.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. New York, 2012.

ANDREOLI, C. V. et al. 2013. Desinfecção emergencial de galeria pluvial pela aplicação de ácido peracético e sua influência na bacia do rio Brejatuba-Guaratuba- Paraná. São Paulo-Brasil, **Revista Dae**, (193):74-85.

BISWAL, B. S. et al. 2014. Impact of UV and peracetic acid disinfection on the prevalence of virulence and antimicrobial resistance genes in uropathogenic virulence and antimicrobial resistance genes in uropathogenic *Escherichia coli* in wastewater effluents. Washington-Estados Unidos. **Applied and Environmental Microbiology**, 80(12):3656-3666.

BLOCK, P. et al. 2015. Control Strategies for PAA Wastewater Disinfection at WWTPs with Variable Effluent Quality. In: WEFTEC. Water Environmental Federation, 2015, Chicago, p.1-20.

BONETTA, S. et al. 2017. Peraceti acid (PAA) disinfection: Inactivation of microbial indicators and pathogenic bacteria in a municipal wastewater plant. Iowa-Estados Unidos. **Water**, 9(427):1-10

CAVALLINI, G. S. et al. 2012. Utilização do ácido peracético na desinfecção de esgoto sanitário: Uma revisão. Paraná, Brasil. **Revista Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, 33(1): 27-40.

CHHETRI, R. K. et al. 2018. Treatment of Arctic wastewater by chemical coagulation, UV and peracetic acid disinfection. Berlim, Alemanha. **Environmental Science and pollution research**, 25 (33): 32851-32859.

DANIEL, L. A. et al. 2001. **Métodos alternativos de desinfecção da água**. Rede Cooperativa de Pesquisa- PROSAB, 1 Ed, São Carlos-SP:RIMA, 149 p.

DE SOUZA, J. B. DANIEL, L. A. 2005. Comparação entre hipoclorito de sódio e ácido peracético na inativação de E.coli, colifagos e C.Perfringens em água com elevada concentração de matéria orgânica. Rio de Janeiro-Brasil. **Engenharia sanitária e ambiental**, 10 (2): 111-117.

DIAS, L. H. M. et al. 2009. Modelo experimental de desinfecção de esgoto sanitário usando ácido peracético. Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, 3(2):5-14.

HENAO, L. D. TUROLLA, A.; ANTONELLI, M. 2018. Disinfection by-products formation and ecotoxicological effects of effluents treated with peracetic acid: Review. Amsterdã-Holanda. **Chemosphere**, 213: 25-40

LESS, D. F. S. et al. 2014. Estudo comparativo do uso de ácido peracético e peróxido de hidrogênio para desinfecção de esgoto sanitário. São Paulo, Brasil. **Revista de Engenharia Ambiental**, 11(2): 28-37.

MCFADDEN, M. et al. 2017. Comparing peracetic acid and hypochlorite for disinfection of combined sewer overflows: Effects of suspended-solids and pH. Amsterdã-Holanda. **Science of the Total Environment**, 599-600:533-539.

NGUYEN, L.; GRAFFE, A.; CANDY, T. 2014. Peracetic acid as a method of effluent wastewater disinfection in Langley, BC. In: **WEFTEC- Water Environmental Federation**, 2014, Chicago, p.1-9.

SILVA, W. P. et al. 2020. Peracetic acid: Structural elucidation for applications in wastewater treatment. Amsterdã-Holanda. **Water Research**, 168(115143): 1-10.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency - **USEPA**. Guidelines for Water Reuse. 2012. EPA/600/R-12/618. Washington, DC, 450 p.

ZHANG, C. et al. 2019. Inhibition of regrowth of planktonic and biofilm bacteria after peracetic acid disinfection. Amsterdã-Holanda. **Water Research**, 149:640-649.