

## UTILIZAÇÃO DE OZÔNIO PARA REDUÇÃO DA CARGA MICROBIANA EM ÁGUA DE REUSO

Roberta Bassi Soares Jacinto\*, Ricardo Scarparo Navarro\*, Renato Amaro Zângaro\*, Adriana Barrinha Fernandes\*, Carlos José de Lima\*

\*Instituto de Engenharia Biomédica, Unicastelo, Parque Tecnológico de São José dos Campos, Estrada Doutor Altino Bondesan, 500 Distrito Eugênio de Melo, São José dos Campos, CEP: 12247- 016 e Associação Cidade da Ciência Tecnologia e Educação – CITÉ, Rua Machado Sidney, 160/601, Centro - CEP 12245-650, São José dos Campos – SP, Brasil.

e-mail: mljacinto@uol.com.br

**Resumo:** A água é um recurso natural cada vez mais escasso, seja pelo crescimento populacional, consumo desorganizado, pela poluição de seus mananciais ou alterações climáticas. Relacionando a escassez ainda podemos associar problemas de qualidade da água a doenças de veiculação hídrica. Diante deste cenário, a reutilização da água torna-se primordial, disponibilizando-a racionalmente para diversos fins. Atualmente a cloração tem sido usada com sucesso no processo de desinfecção, entretanto desprende especial atenção por desenvolver subprodutos causando riscos potenciais a saúde e ao meio ambiente. No Brasil não há legislação específica tratando sobre o tema, apenas baseia-se sobre NRB13.969:1997 [1] e portaria nº 518,25/03/2004 [2]. Este estudo propõe a utilização do ozônio para a desinfecção de água de reuso como um método alternativo ao cloro, sugerindo protocolo de concentração e tempo de atuação do ozônio em água, demonstrando resultados microbiológicos, dentro da especificação preconizada pela legislação atual, e o ozônio além do seu potencial antimicrobiano, não desenvolve subprodutos, minimizando riscos à saúde e prejuízo ao meio ambiente.

**Palavras-chave:** água de reuso, desinfecção, cloro, ozônio.

**Abstract:** *The water is an increasingly scarce natural resource, either by population growth, consumption disorganized, pollution of their sources or climate change. Relating scarcity can also associate water quality problems to waterborne diseases. In this scene, water reuse becomes paramount, providing it rationally for various purposes. Currently chlorination has been successfully used in the disinfection process, however detaches special attention for developing products causing potential risks to health and the environment. In Brazil there is no specific legislation dealing on the subject, only relies on NRB13.969: 1997 and Ordinance No. 518.25 / 03/2004 [16]. This study proposes the use of ozone for the disinfection of water for reuse as an alternative method to chlorine, suggesting concentration and time of ozone protocols, demonstrating microbiological results, within the specification*

*recommended by the current legislation, and ozone promotes antimicrobial potential, does not develop products, minimizing health risks and damage to the environment*

**Keywords:** *reuse water, disinfection, chlorine, ozone*

### Introdução

A certeza que a água é um recurso natural limitado traz iminente preocupação ao risco da sua escassez quanto a sua utilização. A conferência Rio-92, resultou no documento Agenda 21[3], onde recomenda aos países participantes o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública, com práticas ambientais adequadas. “O papel da água como um bem social, econômico e sustentador da vida, deve se refletir em mecanismos de manejo da demanda a ser implementado por meio de conservação e reutilização da água, avaliação de recursos e instrumentos financeiros” [3].

Atualmente o tratamento das águas de efluentes (águas residuárias) tem papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável de recursos hídricos, tanto para descarregar de forma planejada nos corpos de água, quanto para destino de utilização em indústrias ou irrigação [4].

À medida que aumentar o consumo da água, sendo este, um recurso limitado, o mercado de água de reuso irá crescer [5].

O conceito de reuso da água de efluentes já vem sendo aplicado no setor industrial. Em ambiente urbano essa prática é menos identificada, isso devido à falta de definições de padrões quanto ao reuso potável [5].

Como não há, no Brasil, uma regulamentação específica para água de reuso, atualmente são adotados as duas normas existentes que tratam de reuso de água no Brasil: a Resolução CNRH nº 54/2005 [6] que descreve quatro modalidades para a prática de reuso direto não potável: agrícola, ambiental, industrial e aquíicultura e a Norma NBR 13.969:1997 [1], que mesmo não sendo específica, menciona a definição de classes e indicação de padrões de qualidade da água de reuso, descrevendo como Classe 1- água que requer contato direto, exemplo:

lavagem de carro; Classe 2 - requer pouco contato direto, exemplo: lavagens de piso, manutenção de lagos; Classe 3- reuso em descarga de vasos sanitários e Classe 4 - reuso em pomares, pastagens e outros cultivos.

Os padrões microbiológicos para o lançamento de efluentes nos corpos d'água no Brasil, ou água residuária destinadas a diversos usos, são definidos pela Resolução CONAMA 357/05 [7] que preconiza a presença de coliformes totais e fecais em UFC/100ml, portaria 05/89 [8] onde refere-se a bactérias heterotróficas e de acordo com a classe e utilização da água pela NBR 13.969/97 [1].

A desinfecção da água é uma prática desenvolvida a milhares de anos, embora sem conhecimentos específicos, até que a teoria da presença de microrganismos fosse definida por Louis Pasteur [9].

O processo de desinfecção da água tem como objetivo a destruição de microrganismos, capazes de produzir doenças, sem a necessidade de chegar ao nível de esterilização. Para isso vários desinfetantes podem ser utilizados no processo de desinfecção da água, [8] atualmente o cloro é o desinfetante químico mais utilizado neste processo devido sua capacidade de desinfecção e oxidação e reduzido custo [10].

A desvantagem no processo de desinfecção da água de efluentes através do uso de cloro é a formação de subprodutos tóxicos. A água bruta contém ácidos fúlvicos e húmicos, resultantes da decomposição de folhas de vegetação, a maioria destes ácidos contém radicais que levam a formação de trihalometanos. Estes por sua vez são associados a doenças como o câncer, citados em vários estudos [11].

A resistência de alguns microrganismos a desinfetantes varia consideravelmente. Bactérias não esporuladas são menos resistentes que as formadoras de esporos. O cloro apresenta reduzida inativação de esporos e para alcançar a desinfecção de esporos a concentração utilizada de cloro deve ser maior, aumentando a formação de trihalometanos o que acarreta na necessidade de se realizar a decloração, procedimento que encarece o sistema de tratamento da água [12].

A preocupação com a diminuição da formação de trihalometanos cria a necessidade de desenvolver processos alternativos para o tratamento da água tanto de uso direto quanto indireto, desde que qualquer mudança proposta não acarrete na diminuição qualidade da água e agrida o meio ambiente.

Seguindo o pressuposto que os fatores que influenciam o processo de desinfecção são o tempo de contato, a natureza do desinfetante e a natureza dos microrganismos [12], o ozônio tem sido amplamente utilizado como agente desinfetante, demonstrando eficiência no processo, destacando ampla atuação na indústria de alimentos como agente desinfetante, na medicina e no tratamento de água de abastecimento e de reuso, conferindo vantagens como o aumento do processo de coagulação e floculação, favorecendo a redução da cor, a remoção de substâncias orgânicas não biodegradáveis, minimizando odor, e seu potencial oxidante na eliminação de microrganismos [14] e tendo a vantagem de fácil degradação e a não formação de

subprodutos, independente da concentração utilizada [12].

Facile et al[15] descrevem que na Europa o uso de ozônio para a desinfecção de água de reuso já vem sendo praticado a mais de um século,

Os primeiros resultados desta prática surgiram na França em 1886. A utilização do ozônio, ganhou destaque após a descoberta por Rook em 1974 da formação de subprodutos organoclorados, promovido pelo uso de cloro como desinfetante de águas de abastecimento, podendo chegar a corpos de água, causando contaminação no meio ambiente [12].

O que valoriza a utilização do ozônio em relação aos demais agentes desinfetantes é a maneira de como ocorre a destruição dos microrganismos, que diferentemente do cloro, age diretamente na membrana celular, não precisando de tempo de ação prolongada, não formando resíduos, minimizando os riscos a saúde e mitigando o prejuízo ao meio ambiente [15].

O presente estudo propõe a utilização de ozônio em concentração e tempo definido, como agente desinfetante em água de reuso, demonstrando resultados microbiológicos dentro da especificação preconizada pela portaria 05/89 [8] minimizando risco à saúde e ao meio Ambiente.

## Materiais e métodos

Para o desenvolvimento deste estudo, todas as amostras de água utilizadas, foram coletadas na estação de tratamento de efluentes de uma instituição da cidade de São José dos Campos. As amostras coletadas foram identificadas como: 1) água antes da cloração, 2) água após a cloração e 3) água ozonizada (sem cloração). Especificamente a amostra de água após a cloração foi coletada em um recipiente estéril contendo Tiosulfato de sódio, marca Laborclin, para neutralizar a ação do cloro.

Coletou-se o volume de 500 ml para a mostra de água clorada, e duas vezes o volume de 500 ml para a amostra de água não clorada, sendo um volume de 500 ml utilizado para o processo de ozonização. Alíquotas de 1 ml foram incubados a cada 1 minuto, para as três amostras de água descritas. Para a ozonização da água utilizou-se o equipamento gerador de ozônio marca Life Med (modelo O&L 1.5M) com a dosagem 10, vazão de 1/8 de L/m de oxigênio em 500 mL por 15 minutos a temperatura de 24°C, obtendo como concentração 62 mg/L. O tempo total de coleta foi de 15 minutos. Todas as amostras foram submetidas a análise microbiológica para verificação de bactérias heterotróficas, cada amostra foi inoculada, em bancada próximo ao bico de Bunsen pela técnica de inoculação em profundidade (*pour plate*) recomendada pela legislação americana para contagem de bactérias heterotróficas em água, segundo os métodos descritos no “*Standart Methods*” (*American Public Health Association*, 1998) de acordo com a Norma Técnica L5.201 [2] em meio de cultura Agar trintona extrato de levedura (*Plate Count Agar*, marca Difco) e incubadas por 48 horas a 35 +/- 0,5°C. Todas as análises foram realizadas em duplicatas. Após o período de

incubação as placas com as amostras foram retiradas para a leitura a fim de verificar a presença e quantificar bactérias heterotróficas.

Os resultados foram expressos em unidade formadoras de colônias (UFC/mL).

## Resultados

Os resultados das amostras microbiológicas, tanto da água clorada quanto da água não clorada, indicaram valores numéricos acima de 500 UFC/ml, para bactérias heterotróficas, por todo período da execução, tornando a qualidade microbiológica da água de reuso fora da especificação para 3 das 4 classificações de água de reuso de acordo com a NBR 13.969:1997 [1]. A água não clorada que passou pelo processo de ozonização apresentou redução para 277 UFC a partir de 7 minutos de ozonização, a partir de 8 minutos apresentou 33 UFC, com 9 minutos apresentou 16 UFC, após 10 minutos apresentou 8 UFC, com 11 e 12 minutos manteve 2 UFC. Verificou-se neste experimento que a partir de 13 minutos de ozonização a água não clorada não apresentou UFC, seguindo nesta mesma condição até 15 minutos, sendo o tempo final do procedimento, desta forma estando dentro do limite preconizado para as quatro classificações de água de reuso, assegurando qualidade da água para o retorno aos corpos d'água, minimizando riscos à saúde e danos ao meio ambiente (Fig 1).

De acordo com NBR 13.969:1997 [1] os parâmetros para coliformes totais e fecais para a água de reuso conforme o uso são: classe 1 inferior a 200UFC/100ml; classe 2 inferior a 500 UFC/100ml; classe 3 inferior a 500UFC/100ml e classe 4 inferior a 5000 UFC/100ml e o parâmetro a ser seguido para bactérias heterotróficas é de 500 UFC/ml.

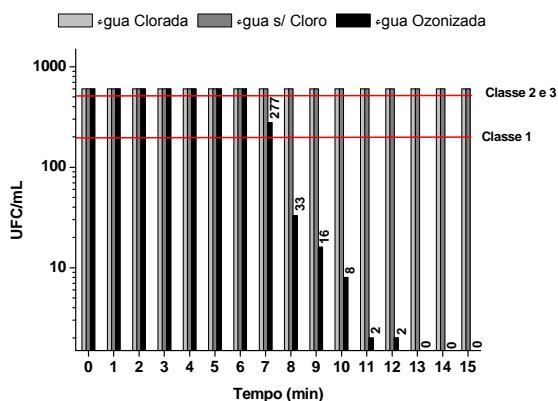


Fig 1. Análise microbiológica das amostras de água clorada, não clorada e ozonizada

## Discussão

O aumento da população e a utilização não racional da água, são tópicos que alavancam preocupação entre órgãos governamentais. A possibilidade de reaproveitar

água tem ganho destaque, uma vez considerado este recurso natural como finito [2].

Atualmente no Brasil, as estações de tratamento de água que adotam o processo de desinfecção, utilizam cloro como agente desinfetante [10], entretanto o uso deste produto é ineficiente na eliminação de alguns microrganismos epidêmicos e em contato com matéria orgânica, promove a formação de subprodutos prejudiciais ao homem e ao meio ambiente [11].

No desempenho para se desenvolver processos alternativos ao cloro para o tratamento de água, destaca-se atualmente a utilização do ozônio, uma vez que este apresenta eficiência na desinfecção e não promove o desenvolvimento de resíduos [8].

Esta afirmação corrobora com o presente estudo pois, tomou como objetivo apresentar um processo de ozonização recomendando concentração e tempo, confirmando desta forma eficiência para o controle microbiológico, indicando redução do número de UFC/mL encontrado na água.

## Conclusão

Frente ao exposto, este estudo propõe protocolo discriminando concentração e tempo de atuação do ozônio para a desinfecção de água de reuso como um método alternativo ao cloro, demonstrando ainda, que os resultados microbiológicos alcançados estão de acordo com a especificação preconizada pela legislação atual e valorizando o conceito de que o ozônio não desenvolve subprodutos, minimizando riscos à saúde e prejuízo ao meio ambiente.

## Referências

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR13969 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. 60. ABNT – São Paulo, 1997.
- [2] Ministério da Saúde, Portaria nº 518 de 25 de Março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências
- [3] AGENDA 21. Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. Rio de Janeiro, 1992. Disponível <http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/capa/> acesso em 29/05/14
- [4] CETESB, Norma Técnica L5.201. Contagem de bactérias heterotróficas: método de ensaio. 1-15, 2006.
- [5] Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9433, 8/01/1997

- [6] CONAMA. Resolução N°. 54 de 2005 – Estabelece critérios gerais para reuso de água potável. CONAMA, novembro, 2005.
- [7] CONAMA. Resolução n.º 357, de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. CONAMA, mar, 2005
- [8] Secretaria de Saúde e do Meio Ambiente – Portaria nº05/89 –SSMA, 1989
- [9] Daniel LA. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. 1ª ed. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001. 155 p.
- [10] Xu P et al. Wastewater disinfection by ozone: main parameters for process design. *Water Research*. 36: 1043-1055. 2002.
- [11] Perry R. Materiais Orgânicos Importantes no Ciclo da Água- Escoamento de resíduos industriais. I Seminário Anglo-Brasileiro de Controle Ambiental. 1983. São Paulo
- [12] Camel V, Bermond A. The use of ozone and associated oxidation processes in drinking water treatment. *Water Research*. 1998.32 (11): 3208-3222
- [13] Costa H, Daniel L. Estudo do comportamento do ozônio na desinfecção de águas residuárias domiciliares. PROSAB edital 3, Dezembro, 2002.
- [14] Paraskeva P., Graham N. Ozonation of municipal wastewater effluents. *Water Environment Research*. 74 (6): 569-81. 2002.
- [15] Facile N, Barbeau B, Pr!evost M, Koudjonou B. Evaluating bacterial aerobic spores as a surrogate for Giardia and Cryptosporidium inactivation by ozone. *Water Res* 2000;34(12):3238–46.