



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO OZÔNIO EM EFLUENTES LÍQUIDOS HOSPITALARES

Aline Francisca de Souza¹; Márcia Marta Hoff¹; Roberto Nitiro Narimatsu²; Carlos Henrique Zanelato Pantaleão³

RESUMO: Pode-se dizer que a geração de resíduos é uma consequência do desenvolvimento industrial e urbano, entretanto os resíduos da saúde, principalmente resíduos líquidos, merecem especial atenção pelo fato de serem constituídos por intensas quantidades de fármacos, eliminados para a rede coletora de esgoto pelo próprio metabolismo de pacientes internados. Devido aos malefícios relacionados a estes compostos quando depositados ao meio ambiente e a presença de microrganismos indicadores de contaminação, observa-se a necessidade de um pré-tratamento eficiente e que não gere resíduos contaminantes durante o tratamento. Assim, este trabalho visa, principalmente, avaliar a eficiência do tratamento de efluentes líquidos hospitalares com ozônio, utilizando um gerador de ozônio que produz uma descarga de 60kV e vazão de 50 L/H. Foram realizados seis ensaios, onde se avaliou a taxa de decaimento microbiano, relacionando-a ao tempo de contato do gás com a amostra de efluente líquido, onde o tempo de contato estabelecido foi de 10 a 20 minutos. As amostras não apresentaram resultado satisfatório quanto a desinfecção, fato que pode ter sido influenciado pela presença da matéria orgânica, pH em concentração ineficiente e/ou por falhas na montagem e funcionamento do gerador de ozônio. Entretanto, melhorias no sistema de geração de ozônio e outras técnicas, como a técnica de filtração por membrana, antes da aplicação do ozônio, pode ter influência positiva quanto ao resultado final de tal experimento.

PALAVRA-CHAVE: Efluente Hospitalar, Desinfecção, Ozônio

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos é uma característica de desenvolvimento industrial e urbano, entretanto, o acúmulo dos mesmos vem gerando grandes problemas para a sua eliminação, tanto para o ambiente em que são depositados quanto para as pessoas que os manipulam. São produzidos aproximadamente 120 mil toneladas de lixo diariamente em consequência de atividades dos seres humanos. Deste total, cerca de 1 a 3%

corresponde ao lixo produzido em estabelecimentos de saúde, e deles, 10 a 25% são considerados resíduos de potencial contaminante (MOURA, 2005).

De acordo com Silveira e Monteggia (2003) as atividades desenvolvidas nos serviços da saúde resultam na geração de diferentes tipos de resíduos, sólidos e líquidos, sendo que os impactos gerados pelos mesmos dependem da forma de gerenciamento dentro e fora da instituição, podendo provocar modificações no meio ambiente, mesmo

¹ Acadêmicas do Curso de Ciências Biológicas. Departamento de Ciências Biológicas. Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringá – PR. Bolsista do Programa de Bolsas de Iniciação Científica do PROBIC/CESUMAR. alinefsmga@hotmail.com; mm.hoff@uol.com.br

² Acadêmico do Curso de Automação Industrial. Departamento de Automação Industrial. Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringá – japalokoo_16@hotmail.com

³ Docente do CESUMAR. Departamento de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringá - PR. eng_pantaleão@yahoo.com.br

quando presentes em concentrações mínimas.

Entre as várias características de efluentes hospitalares, pode-se evidenciar uma alta concentração de desinfetantes e principalmente fármacos, eliminados pelo metabolismo de pacientes no período de tratamento em instituições da saúde, sendo que a reação dos mesmos em microrganismos patogênicos presentes nos resíduos, pode ser extremamente prejudicial devido a ocorrência de seleção de bactérias multirresistentes a antibióticos utilizados nestes estabelecimentos. Não obstante, ainda há o risco de contaminação ambiental, pelo fato de diversas redes coletoras de esgoto lançar seus resíduos em corpos de água, sem o gerenciamento adequado (SILVEIRA, 2005).

De acordo com Souza (2006) o alto potencial infeccioso degradante poluente pode interferir de forma negativa à saúde humana, exigindo atenção especial e técnicas corretas de manejo, tratamento e gerenciamento. O manejo eficiente envolve técnicas de proteção que funcionam como barreiras aos microrganismos patogênicos, prevenido, dificultando e minimizando seu potencial infectante à saúde humana e ambiental.

Desta forma busca-se novas tecnologias para o saneamento de efluentes líquidos hospitalares, priorizando desinfetantes cuja utilização seja de maior eficiência e com escala de menor deposição de poluentes ao meio ambiente. Das diversas tecnologias pesquisadas, observou-se que o ozônio torna-se uma excelente opção para a descontaminação microbiana em efluentes líquidos (SILVEIRA e MONTEGGIA, 2003). Pode-se concluir que uma das características mais promissoras do ozônio refere-se ao fato de ser um forte oxidante e não uma fonte intrínseca de poluição, quando utilizado na dosagem correta. Além disto, ele é capaz de interagir com diversos compostos orgânicos, sendo altamente instável, necessita produção *in situ*, não podendo ser estocado.

De acordo com Almeida et al (2004), o ozônio pode ser produzido por várias técnicas, porém a descarga eletroquímica é a mais utilizada, principalmente por obter maior taxa de conversão de oxigênio em ozônio. O mecanismo desta reação se inicia após a passagem de ar ou oxigênio puro entre dois eletrodos submetidos a uma elevada diferença de potencial, causando a excitação de elétrons livres com grande quantidade de energia, estes colidem com o oxigênio molecular, resultando na sua dissociação. Conseqüentemente o ozônio é formado por uma terceira colisão.

Como desinfetante, o ozônio atua primeiramente na membrana celular, reagindo com glicoproteínas e glicolipídeos, seguido pela interação de substâncias presentes no citoplasma e no núcleo, degradando as purinas e piriminas do ácido nucléico, sendo este um dos principais fatores da morte celular (CAMEL e BERMOND, 1998).

Estudos realizados em líquidos existentes nos resíduos hospitalares de disposição final podem conter a presença de patógenos oportunistas, como *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *C. fecalis* e *C. perfringens*, sendo que os mesmos podem ser utilizados como indicadores de contaminação ambiental (SILVA et al., 2002).

Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar a técnica de ozonização em efluentes líquidos hospitalares, quando observado a presença dos agentes infecciosos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas sp.*, verificando sua eficiência frente a este tipo de contaminação. Para tanto, realizou-se coletas aleatórias do efluente líquido do HUM, análise da amostra para detecção da presença dos organismos de interesse (Tortora, Funk e Case, 2005). Confirmado a presença das bactérias, as amostras foram submetidas à técnica de ozonização, seguida de análises microbiológicas e aplicação do Teste T de *Student* (VIEIRA, 1980) para avaliação da eficiência do método.

MATERIAL E METODOS

A amostra de efluente líquido hospitalar sem tratamento foi coletada no Hospital Universitário de Maringá – HUM, para detecção da presença de microrganismos de

interesse (*S. aureus*, *E. coli* e *P. sp*). A análise do mesmo realizou-se no Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário de Maringá-PR (CESUMAR), através de diluição seriada de 10^{-3} , seguida de inoculação em meios de cultura seletivos, onde se utilizou o critério de morfologia e pigmentação das colônias para confirmação da presença da bactéria de interesse. Os meios de cultura utilizados para tal ensaio foram Baird Parker, EMB ou Teague e Mac Conkey respectivamente. Após a detecção, amostras aleatórias do efluente líquido foram coletadas e submetidas a ozonização, aplicando-se a técnica de efeito corona com a utilização de um gerador de ozônio montado para este experimento.

Os geradores de ozônio (dois no total), instalados no próprio laboratório, gera uma descarga de 60kV no ar atmosférico que ocorre em dois tubos de cloreto de polivinila (PVC). O ozônio produzido é transportado por impulso através de um compressor de ar, com capacidade de 50 L/H, com uma mangueira de 5mm de diâmetro e 30cm de comprimento, para a parte inferior de uma coluna de acrílico com capacidade de 2L. Nesta coluna, o gás ozônio foi então borbuhlado através de um difusor poroso que, através de um sistema de placas intercaladas no seu interior, também de acrílico, numa distancia de 10 cm de altura uma da outra, permitia um aumento do tempo de contato do gás com o efluente líquido, além de uma tampa para fechamento do sistema.

Foram analisadas amostras sem o tratamento de ozonização, chamadas de controle e amostras com 10 e 20 minutos de contato com o tratamento. O efluente líquido hospitalar apresentava sólidos suspensos, coloração aparente e pH entre 6,0 e 7,0, porém a amostra não foi filtrada para realização do experimento. Após o período de contato com o tratamento, foram coletadas alíquotas de 1ml, sendo estas submetidas a diluições seriadas de até 10^{-3} . Para a inoculação das amostras, em placas de Petri, realizadas em duplicatas, foram utilizados os mesmos meios de cultura seletivos e técnicas anteriormente citados. O crescimento bacteriano ocorreu em estufa a 37°C no período de 48h. Os resultados da contagem das bactérias antes e depois da ozonização foram tabulados e analisados estatisticamente através do Teste T de *Student*, que é adequado para amostras pareadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a detecção das bactérias de interesse pela análise microbiológica inicial, realizaram-se os ensaios de tratamento com ozônio, considerou-se em cada amostra o horário da coleta, a relação período do dia e concentração de bactérias e o pH, sendo que o mesmo não foi alterado. As análises foram calculadas pelo Teste T de *Student*, considerando 5% de significância. Os ensaios realizados com ozônio utilizaram-se o tempo de detenção hidráulico de 10 minutos seguidos de 20 minutos. Obtiveram-se os seguintes valores de concentração da bactéria *Staphylococcus aureus*, (Tabela 1).

Tabela 1. Análise microbiológica da bactéria *Staphylococcus aureus* do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 10 e 20 min.

Amostra	Horário da coleta	pH do Efluente	Controle	Tratamento 10 minutos	Tratamento 20 minutos
1	07:50	5,0	0	0	2,5
2	08:10	6,0	0	1,5	0
3	07:50	5,0	2,5	2	0

4	17:20	5,0	3,5	3,5	2,5
5	17:30	6,0	5	5	4,5
6	17:25	7,0	0	0	1,5

Analisando a bactérias *Pseudomonas* sp., observando os mesmos parâmetros citados acima, obtivemos os seguintes resultados, quando analisamos (Tabela 2)

Tabela 2. Análise microbiológica da bactéria *Pseudomonas* sp. do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 10 e 20 min.

Amostra	Horário da coleta	pH do Efluente	Controle	Tratamento 10 minutos	Tratamento 20 minutos
1	07:50	5,0	1	1	0
2	08:10	6,0	1	5	1,5
3	07:50	5,0	6,5	3,5	4,5
4	17:20	5,0	15	3,3	5
5	17:30	6,0	84	35	37,5
6	17:25	7,0	34,5	20,5	16

Quando comparado ao controle, constata-se que o aumento do tempo de contato do ozônio com a amostra, não interferiu positivamente nos resultados.

Com *Escherichia coli*, e o mesmo tempo de detenção hidráulica, não houve diferença significativa entre as análises com e sem o tratamento (Tabela 3).

Tabela 3. Análise microbiológica considerando a bactéria *Escherichia coli* do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 10 e 20 min.

Amostra	Horário da coleta	pH do Efluente	Controle	Tratamento 10 minutos	Tratamento 20 minutos
1	07:50	5,0	1	0,5	0
2	08:10	6,0	1	2	2
3	07:50	5,0	6,5	5	4
4	17:20	5,0	15	17	15,5
5	17:30	6,0	8	5,5	5,5
6	17:25	7,0	4,5	4,5	8,5

Observou-se que a concentração de bactérias em efluentes líquidos hospitalares aumentou durante no decorrer do dia, podendo estar ocorrendo devido às atividades desenvolvidas pelos pacientes. Com o tempo de 10 e 20 minutos de contato nas análises realizadas com as três espécies de bactérias, não houve diferenças significativas ao nível de 5%, quanto comparado o controle e os tratamentos, de acordo com o Teste T de Student, Através destes dados pode se dizer que este tratamento não provou eficiência quanto ao efluente líquido hospitalar, onde a interferência dos resultados positivos pode ter ocorrido devido a presença de matéria orgânica, causando a diminuição da oxidação dos compostos existentes neste meio (ALMEIDA et al, 2004).

O fato da reação não ter ocorrido de forma indireta, ou seja, com o pH extremamente básico propiciando a reação entre o ânion hidroxila (OH⁻) e o ozônio, desencadeando na formação de um radical hidroxila, podem ter interferido no resultado. Pois a formação deste radical, considerado um dos agentes oxidantes mais fortes, tornaria a reação menos seletiva e mais eficiente (MAHMOUD e FREIRE, 2007).

Quanto às descargas eletroquímicas realizadas manualmente durante o tratamento, onde não foi possível explorar o máximo de capacidade que o gerador possuía, como também não se pode padronizar a quantidade de descargas que foram produzidas durante cada processo de amostragem.

CONCLUSÃO

As análises do tratamento do efluente líquido hospitalar com a técnica de ozonização, considerando as bactérias *S. aureus*, *P. spp.* e *E. coli*, não demonstraram resultados satisfatórios quanto a eficiência em inativação destes microrganismos. O processo mostrou-se influenciado pela presença de matéria orgânica, porém o problema pode ser solucionado se associado um tratamento físico, como filtração por membrana. Além disto, a eficiência desta técnica pode ser melhorada através da alteração do pH para níveis mais básicos, como demonstra estudos realizados por vários autores.

A automatização do sistema de descargas elétricas, bem como a fixação da estrutura física do gerador de ozônio pode gerar maior eficiência neste tratamento, uma vez que a padronização das descargas geradas não interferirá nos resultados finais. A otimização de um gerador de ozônio com maior potência e vazão, também poderão auxiliar na rápida e eficiente oxidação de compostos e microrganismos presentes em efluentes líquidos hospitalares, considerados indicadores de contaminação. Elevadas dosagens de ozônio podem contribuir para o acréscimo de toxicidade do efluente final, é importante encontrar a taxa exata de eficiência necessária a descontaminação total.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Edna; ASSALIN, Márcia R.; ROSA, Maria A. Tratamento de Efluentes Industriais por Processos Oxidativos na Presença de Ozônio. **Quim. Nova**, v. 27, n. 5, 818-824, 2004.

CAMEL, V; BERMOND, A. The use of ozone and associated oxidation processes in drinking water treatment. **Water Research**, v.32, n.11, p.3208-3222, 1998.

MAHMOUD, Amira; FREIRE Renato S. Métodos Emergentes para aumentar a eficiência do ozônio no tratamento de Águas Contaminadas. **Quim. Nova**, v. 30, n. 1, p. 198-205, 2007.

MOURA, Alessandro S. Manejo do Lixo em Hospitais Públicos e Particulares de Fortaleza-CE. **Infarma**, v.17, n. 3/4, p. 68-71, 2005.

SILVA, Aínda C. N.; BERNARDES, Ricardo S.; MORAES, Luiz R. S.; REIS, Joana D. P. Critérios adotados para seleção de indicadores de contaminação ambiental relacionados aos resíduos de serviço de saúde: uma proposta de avaliação. **Cad. Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v.18, p.1401-1409, set/out, 2002.

SILVEIRA, Izabel C. T. Ozonização de Efluente Hospitalar Biologicamente tratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Porto Alegre. **Anais ABES**: ABES, 2005.

SILVEIRA, Izabel C. T.; MONTEGGIA, Luiz O. Uso de contadores biológicos rotatórios no tratamento de efluente hospitalar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Porto Alegre. **Anais ABES**: ABES, 2003.

SOUZA, Eduardo L. Contaminação Ambiental pelos Resíduos de Serviço da Saúde. **Revista Fafibe**, v.2, n.2, mai, 2006.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christiane L. **Microbiologia**. 8. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

VIEIRA, Sonia. **Introdução a Bioestatística**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1980.