

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO OZÔNIO EM EFLUENTES LÍQUIDOS HOSPITALARES

Aline Francisca de Souza

Acadêmica da Especialização em Bioquímica Aplicada da Universidade Estadual de Londrina - UEL. E-mail: alinefsmga@hotmail.com

Carlos Henrique Zanelato Pantaleão

Docente do Curso de Engenharia Elétrica - Parque Tecnológico de Itaipu da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. E-mail: eng_pantaleao@yahoo.com.br

RESUMO: Podese dizer que resíduos são consequência do desenvolvimento industrial e urbano; entretanto, os resíduos da saúde, principalmente resíduos líquidos, merecem especial atenção pelo fato de serem constituídos de intensas quantidades de fármacos, eliminados para a rede coletora de esgoto pelo próprio metabolismo de pacientes internados. Pelos malefícios relacionados a estes compostos, quando depositados no 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 60 kV e vazão de 50 L/H. Foram realizados seis ensaios, em que se avaliou a taxa de decaimento microbiano, relacionando-a ao tempo de contato do gás com a amostra de efluente líquido, o tempo de contato foi estabelecido nos tempos de 10 a 20 min. As amostras não apresentaram resultado satisfatório quanto à 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. No entanto, 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.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente Hospitalar; Desinfecção; Ozônio.

ANALYSIS OF OZONE EFFICIENCY IN HOSPITAL LIQUID EFFLUENTS

ABSTRACT: Although residues are a consequence of industrial and urban development, hospital wastes, mainly liquid residues, need particular caution due to the great amount of chemicals which is discharged into the sewage network by hospitalized patients' metabolism. Efficient pre-treatment methods which do not generate contaminating wastes during treatment are required owing to the presence of contamination-indicating microorganisms and to harm caused when wastes are deposited in the environment. Current research mainly evaluates the efficiency of ozone-treated hospital liquid effluents. Ozone generation with a discharge of 60 kV and outflow of 50 L/H was used. Six assays were undertaken in which microbial decrease rate was evaluated. Rate was related to the gas's contact time, ranging from 10 to 20 min, with a sample of liquid effluent. Since samples failed to produce satisfactory results with regard to disinfection, causes may have been organic matter, pH in non-efficient concentrations and/or failures in the setting and functioning of the ozone generator. Improvements in ozone generation and other techniques, such as membrane filtration technique, prior to ozone application, may positively affect the final result of assay

KEY WORDS: Hospital Effluents; Disinfection; Ozone.

INTRODUÇÃO

Resíduo é característica de desenvolvimento industrial e urbano, todavia, o acúmulo dos mesmos vem gerando grandes problemas para a sua eliminação, significando, em curto prazo, alto custo e, em longo prazo, efeitos negativos, tanto para o ambiente onde é depositado quanto para as pessoas que o manipulam (HINTZE, 1987).

No Brasil, aproximadamente 120 mil toneladas de lixo são produzidas 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).

Muitos trabalhos visam minimizar os problemas relacionados à periculosidade de resíduos hospitalares, principalmente no que se refere às infecções. Entretanto, após o surgimento da AIDS e o conhecimento da via de transmissão da hepatite B, mesmo sem a comprovação epidemiológica, a preocupação quanto a infecções aumentou consideravelmente (FERREIRA, 1995).

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, e os impactos gerados pelos mesmos dependem da forma de gerenciamento dentro e fora da instituição, podendo provocar modificações no meio ambiente, mesmo quando presentes em concentrações mínimas.

Ao avaliar as características de efluentes hospitalares e domésticos, encontram-se algumas semelhanças, quando comparada matéria orgânica, sólidos, metais e pH. Porém, a distinção entre os dois é caracterizada pela elevada concentração de desinfetantes e principalmente fármacos eliminados pelo metabolismo de pacientes nos períodos de tratamento em instituições da saúde (SILVEIRA, 2005). Ao analisar a reação destes fármacos em microrganismos patogênicos presentes nos resíduos, observa-se que estas excretas podem ser extremamente prejudiciais, uma vez que podem causar a seleção de bactérias multirresistentes a antibióticos constantemente utilizados nestes estabelecimentos.

Não obstante o risco de seleção de microrganismos a certos tipos de fármacos, ainda há o risco de contaminação ambiental, principalmente, pelo fato de diversas redes coletoras de esgoto lançarem seus resíduos em corpos de água, sem o gerenciamento adequado. Segundo Suberkropp e Klub (1974), trabalhos demonstram que alguns tipos de bactérias conseguem sobreviver por tempo considerável no interior do lixo hospitalar, conforme a Figura 1, a seguir:

| MICROORGANISMOS PESQUISADOS | TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA NOS RESÍDUOS (EM DIAS) |
|-----------------------------------|---|
| <i>Salmonella thypi</i> | 29 a 70 |
| <i>Mycobacterium tuberculosis</i> | 150 a 180 |
| <i>Mycobacterium tuberculosis</i> | 2.000 a 2.500 |
| Poliovírus | 20 a 170 |
| Larvas de verme | 25 a 40 |
| <i>Leptospira interrogans</i> | 15 a 43 |
| <i>Entamoeba histolytica</i> | 08 a 12 |

Fonte: Suberkropp e Klub (1974).

Figura 1. Tempo de sobrevivência de microrganismos em resíduos

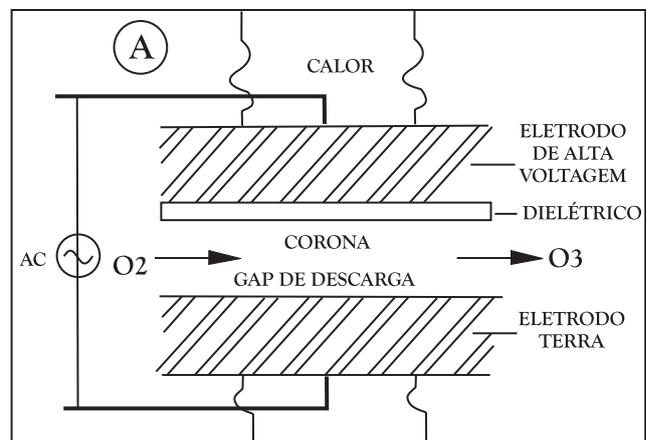
De acordo com Souza (2006), o alto potencial infeccioso degradante poluente pode interferir de forma negativa na saúde

humana, exigindo, portanto, atenção especial e técnicas corretas de manejo, tratamento e gerenciamento. Neste sentido, o manejo eficiente envolve técnicas de proteção que funcionam como barreiras aos microrganismos patogênicos, prevenindo, dificultando e minimizando seu potencial infectante à saúde humana e ambiental.

Desta forma, buscam-se novas tecnologias para o saneamento de efluentes líquidos hospitalares, priorizando desinfetantes cuja utilização seja mais eficiente e com escala de menor deposição de poluentes no meio ambiente. Das diversas tecnologias pesquisadas, observou-se que o ozônio torna-se excelente opção para a descontaminação microbiana em efluentes líquidos (ALMEIDA; ASSALIN; ROSA, 2004).

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 disso, ele é capaz de interagir com diversos compostos orgânicos, sendo altamente instável, requer uma produção *in situ*, não podendo, portanto, ser estocado (SILVA; SANTANA, 2003).

De acordo com Almeida, Assalin e Rosa (2004), o ozônio pode ser produzido por três técnicas diferentes: exposição do O_2 à luz ultravioleta, eletrólise do ácido perclórico e descarga eletroquímica; esta última técnica é a mais utilizada entre os ozonizadores comerciais, 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. Consequentemente, o ozônio é formado por uma terceira colisão, conforme apresentado na Figura 2.



Fonte: EVANS (1972)

Figura 2. Esquema da descarga eletroquímica para geração do ozônio.

O ozônio é um reagente clássico usado em reações orgânicas para quebrar moléculas duplas de carbono-carbono via mecanismo de Criegee, ou simplesmente ozonólise. Este oxidante pode agir de duas formas sobre os compostos, sendo uma de forma direta que ocorre de forma seletiva, porém a forma direta de reação não costuma promover a oxidação completa dos compostos orgânicos até CO_2 e H_2O , e a forma indireta em que o principal desencadeador da decomposição do ozônio é o ânion hidroxila ($HO\cdot$), este, por meio de uma série de reações levam à formação de radicais hidroxila (MAHMOUD; FREIRE, 2007).

Como desinfetante, o ozônio atua primeiramente na membrana celular, reagindo com glicoproteínas e glicolípideos, seguido pela

interação de substâncias presentes no citoplasma e no núcleo, degradando as purinas e piriminas do ácido nucleico, sendo este um dos principais fatores da morte celular (CAMEL; BERMOND, 1998).

Lincopan e Trabulsi (2005) descrevem um estudo realizado recentemente em hospitais brasileiros, em que se deu a conhecer que, de um total de 3.728 microrganismos isolados de processos infecciosos durante o ano de 1997 a 1999, pode-se observar que os microrganismos mais encontrados neste meio foram *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* na ordem de incidência crescente, respectivamente.

De acordo com o mesmo autor, a patologia associada a *S. aureus* refere-se a infecções superficiais e profundas, podendo levar ao choque tóxico em pacientes imunossuprimidos. Diarréia pura ou associada a muco, infecções urinárias podem ocorrer em casos de infecção com *E. coli*. No caso da *P. aeruginosa*, ela atua na infecção de diversas partes do corpo, podendo evoluir para infecção aguda, em que pode propiciar a destruição dos tecidos no local da infecção, gerando um prognóstico de característica desfavorável.

Estudos realizados em líquidos existentes nos resíduos hospitalares de disposição final mostram a presença de patógenos oportunistas, como *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *C. fecalis* e *C. perfringens*, e 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 observada a presença dos agentes infecciosos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas* sp, verificando sua eficiência frente a este tipo de contaminação. Para tanto, foram realizadas coletas aleatórias do efluente líquido do HUM e análise da amostra para detecção de presença ou ausência de tais organismos de interesse, segundo Tortora, Funk e Case (2005). Confirmada 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.

2 METODOLOGIA

A amostra de efluente líquido hospitalar sem tratamento foi coletada no Hospital Universitário de Maringá - HUM, para detecção da presença de microrganismos de interesse (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas* sp). A análise do mesmo realizou-se no Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário de Maringá-PR - Cesumar, por meio de diluição seriada de 10^{-3} , seguida de inoculação em meios de cultura seletivos, em que 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 da presença das bactérias de interesse no efluente líquido hospitalar utilizado, foram coletadas seis amostras aleatoriamente, três foram coletadas no período da manhã e três no período da tarde; as mesmas foram submetidas à ozonização, aplicando-se a técnica de efeito corona com a utilização de um gerador de ozônio montado para este experimento.

O gerador de ozônio (dois no total), instalado no próprio laboratório, gera descarga de 60 kV no ar atmosférico que ocorre em dois tubos de cloreto de polivinila (PVC). O ozônio produzido é transportado por impulso por meio de um compressor de ar, com capacidade de 50 L/H, com uma mangueira de 5 mm de diâmetro e 30 cm de

comprimento, para a parte inferior de uma coluna de acrílico com capacidade de 2 L. Nesta coluna, o gás ozônio foi então borbulhado por intermédio de um difusor poroso que, por meio de um sistema de placas intercaladas no seu interior, também de acrílico, numa distância de 10 cm de altura uma da outra, permitia aumento do tempo de contato do gás com o efluente líquido, além de uma tampa para fechamento do sistema, conforme apresentado na Figura 3.

Antes de iniciar o experimento, foram realizadas descargas elétricas do gerador de ozônio para o acúmulo do mesmo no tubo de Polietileno. Durante a adição do efluente líquido na coluna de acrílico, ocorria imediatamente o borbulhamento do gás. Para avaliar a eficiência do gerador de ozônio, foram analisadas amostras sem o tratamento de ozonização, chamadas de controle, e amostras com 10 e 20 min 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.



Figura 3. Gerador de ozônio utilizado para o experimento

Após cada período de contato determinado para este experimento, foram coletadas alíquotas de 1 mL, 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 utilizados para detecção das bactérias de interesse (Baird Parker, EMB ou Teague e Mac Conkey para *S. aureus*, *E. coli* e *P. sp*, respectivamente). A técnica utilizada para inoculação e contagem de microrganismos foi semeadura em superfície. Conforme descrito anteriormente, as colônias também foram avaliadas, conforme critério de morfologia e pigmentação.

O crescimento bacteriano ocorreu em estufa a 37°C no período de 48 h. Os resultados da contagem antes e depois da ozonização foram tabulados e analisados estatisticamente pelo teste T de Student, que é adequado para amostras pareadas.

Nos testes realizados durante todo o experimento, utilizou-se efluente líquido hospitalar sem a filtração para eliminação dos sólidos suspensos. A análise microbiológica inicial, realizada em duplicata, sem a aplicação de ozônio, visou à detecção de presença das bactérias de *S. aureus*, *E. coli* e *P. sp*, utilizando a técnica de diluições seriadas,

juntamente com os meios de cultura seletivos, constatou a média nas seguintes proporções (Tabela 1):

Tabela 1. Presença dos microrganismos de interesse em diluições de 10^{-3}

| Espécie de Bactéria | Quantidade (10^{-3}) |
|-----------------------|--------------------------|
| Staphylococcus aureus | 2,5 |
| Pseudomonas sp | 2,0 |
| Escherichia coli | 2,5 |

3 RESULTADOS

Após avaliada a presença das bactérias, realizaram-se os ensaios de tratamento com ozônio, utilizando efluentes líquidos hospitalares; considerou-se em cada amostra o horário da coleta, a relação período do dia e concentração de bactérias e o pH, e o mesmo não foi alterado. Denominou-se de “controle” as amostras do efluente líquido hospitalar sem o tratamento com ozônio e “tratamento” as amostras submetidas à ozonização. As análises foram calculadas pelo Teste *T de Student*, considerando 5% de significância. Os primeiros ensaios realizados com ozônio utilizaram o tempo de detenção hidráulico de 10 min. Obtiveram-se os seguintes valores de concentração da bactéria *Staphylococcus aureus* (Tabela 2).

Tabela 2. Análise microbiológica considerando a bactéria *Staphylococcus aureus* do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 10 min

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

Analisando a bactérias *Pseudomonas*, com o tempo de detenção hidráulica de 10 min, observando os mesmos parâmetros citados acima, obtiveram-se os seguintes resultados, quando analisados (Tabela 3)

Tabela 3. Análise microbiológica considerando a bactéria *Pseudomonas sp* do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 10 min

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

Quando observada a bactéria *E.coli* em efluente hospitalar, com o devido tratamento de detenção hidráulica de 10 min, obtiveram-se os seguintes resultados (Tabela 4).

Tabela 4. Análise microbiológica considerando a bactéria *Escherichia coli* do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 10 min

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

Pode-se observar que a concentração de bactérias em efluentes líquidos hospitalares aumentou durante o decorrer do dia, podendo estar ocorrendo pelas atividades desenvolvidas pelos pacientes, bem como o aumento da eliminação de resíduos pela rede de esgoto.

Com o tempo de 10 min de contato, nas análises realizadas com as três espécies de bactérias, observou-se que não houve diferenças significativas em nível de 5%, quando comparado o controle e o tratamento, de acordo com o Teste *T de Student*.

Aumentando o tempo de detenção hidráulico para 20 min, sem a alteração do pH, e sem a filtração dos sólidos suspensos, como descrito anteriormente, verificaram-se os seguintes resultados em *Staphylococcus aureus* (Tabela 5).

Tabela 5. Análise microbiológica considerando a bactéria *Staphylococcus aureus* do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 20 min

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

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

A bactéria *Pseudomonas sp*, com o tempo de contato de 20 min de detenção de tratamento com ozônio, obteve pequeno decaimento bacteriano, porém, os resultados também não foram significantes em nível de 5%, de acordo com o Teste *T de Student*. Os resultados obtidos foram os seguintes (Tabela 6):

Tabela 6. Análise microbiológica considerando a bactéria *Pseudomonas sp* do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 20 min

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

Com *Escherichia coli* e o mesmo tempo de detenção hidráulica, também não houve diferença significativa entre as análises sem tratamento e as análises com o tratamento. Obtiveram-se os seguintes resultados (Tabela 7):

Tabela 7. Análise microbiológica considerando a bactéria *Escherichia coli* do efluente líquido hospitalar desinfetado com ozônio em tempo de detenção hidráulica de 20 min

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

Em ambas as análises, de acordo com o Teste T de Student, pode-se constatar que o tratamento não tem efeito significativo em nível de 5%, podendo-se dizer que este tratamento não provou eficiência quanto ao efluente líquido hospitalar.

4 DISCUSSÃO

A interferência dos resultados positivos na avaliação da eficiência do tratamento de efluentes líquidos hospitalares com ozônio pode ter ocorrido pela presença de matéria orgânica, causando a diminuição da oxidação dos compostos existentes neste meio (ALMEIDA; ASSALIN; ROSA, 2004).

A alta seletividade na degradação e baixa descontaminação pode ter sido influenciada pelo fato de a reação de ozonização não ter ocorrido de forma indireta, ou seja, pH extremamente básico, em que a reação entre o ânion hidroxila (OH) e o ozônio desencadeiam uma série de reações radiculares que levam à formação de um radical hidroxila. O radical hidroxila é considerado um dos radicais livres mais reativos e um dos agentes oxidantes mais fortes, isso o torna muito eficiente para degradar compostos poluentes, além de ser menos seletivo que o ozônio (MAHMOUD; FREIRE, 2007).

Além destes fatores, um outro fator que se coloca refere-se às descargas eletroquímicas realizadas durante o tratamento; pelo fato de ser um processo manual, não foi possível explorar o máximo de descargas que o gerador possuía, como também não se pode padronizar a quantidade de descargas que foram produzidas durante cada processo de amostragem.

Quanto à vazão de ozônio durante todo processo, pode ter ocorrido interferência pela montagem e desmontagem do gerador, em que possíveis encaixes mal colocados da mangueira que transporta o gás ozônio à coluna de acrílico, pode ter contribuído para o extravasamento do gás para o ambiente, levando pouco ozônio produzido para o contato com a amostra.

5 CONCLUSÕES

As análises do tratamento do efluente líquido hospitalar realizadas considerando as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* sp e *Escherichia coli* não demonstraram resultados satisfatórios quanto à eficiência em inativação destes microrganismos.

O processo de desinfecção de efluentes líquidos hospitalares com a técnica de ozonização mostrou-se influenciado pela presença de matéria orgânica, porém este problema pode ser solucionado se associado a um tratamento físico, como filtração por membrana. Além disso, a eficiência desta técnica pode ser melhorada pela alteração do pH para níveis superiores, ou mais básicos, como demonstram estudos realizados por vários autores.

A automatização do sistema de descargas elétricas e a fixação da estrutura física do gerador de ozônio podem gerar maior eficiência no tratamento de efluentes líquidos, uma vez que padronizará as descargas geradas, não podendo interferir nos resultados finais.

A otimização de um gerador de ozônio com maior potência e vazão também poderá auxiliar na rápida e eficiente oxidação de compostos e microrganismos presentes em efluentes líquidos hospitalares, considerados indicadores de contaminação, porém, pelo fato de elevadas dosagens de ozônio contribuir para o acréscimo de toxicidade do efluente final, é importante encontrar a taxa exata de eficiência necessária à 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, p. 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.

EVANS, F. L. *Ozone in water and wastewater treatment*. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio: Ann Arbor Science Publisher Inc., 1972.

FERREIRA, João A. Resíduos Sólidos e Lixo Hospitalar: Uma discussão ética. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, 1995.

HINTZE, S.V. Contaminacion y residuos organicos, alternativas biotecnologicas para su procesamiento. *Taller Nacional sobre Políticas y Prioridades de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Agua Potable, Sanieamiento y Salud Ambiental*. Santiago, v. 27/30, p. 1-12, abr 1987.

LINCOPAN, Nilton; TRABULSI, Luiz R. *Microbiologia*. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.

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.

SILVA, Leonardo M; SANTANA, Mário H.P. Electrochemistry and Gree Chemical Processes: Electrochemical ozone Production. **Quim. Nova**, v. 26, n. 6, p. 880-888, 2003.

SILVEIRA, Izabel C. T. Ozonização de Efluente Hospitalar Biologicamente tratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 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...** Porto Alegre: ABES, 2003.

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

SUBERKROPP. K. F.; KLUG, M. J. Decomposition of deciduous leaf litter in a woodland stream. I. A scanning electron microscopic study. **Microbial Ecology**, v. 1, p. 96-103,1974.

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

VIEIRA, Sonia. **Introdução à Bioestatística**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1980.