

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL
DISINFECTION OF WATER USING ELECTROINTENSIVE PROCESSES
DESINFECÇÃO DA ÁGUA UTILIZANDO PROCESSOS ELETROINTENSIVOS
DESINFECCIÓN DEL AGUA USANDO PROCESOS ELECTROINTENSIVOS

Cláudia Moura de Melo^{1*}, Daniel Silva Siqueira², Marluce Santana dos Santos¹, Taíssa A. S. Calasans³, Maria Nogueira Marques¹, Álvaro Silva Lima¹, Eliane Bezerra Cavalcanti¹

¹Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Aracaju, SE, Brasil.

²Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Tiradentes, Aracaju, SE, Brasil.

³Curso de Ciências Biológicas, Universidade Tiradentes, Aracaju, SE, Brasil

*Autor para correspondência: Cláudia Moura de Melo. Av. Murilo Dantas, 300 - Farolândia - Aracaju - Sergipe - CEP: 49032-490 - Brasil - Tel: +55 (79) 3218-2230. claudiamouramelo@hotmail.com

Suggested citation: Melo, CM, Siqueira, DS, Santos, MS, Calasans, TAS, Marques, MN, Lima, AS & Cavalcanti, EB. 2013. Disinfection of water using electrointensive processes. Neotropical Helminthology, vol. 7, N°1, jan-jun, pp. 29 - 39.

Abstract

The realization of the photo-electrochemical process consists in percolating the solution to be treated through an electrolytic reactor, in which the anodes coated with metal oxides remains under the effect of ultraviolet radiation (UV). The solution used in this study was contaminated artificially from fecal samples positive for bacteria and intestinal parasites. The evaluation of the process for the disinfection of water was held in photo-electrical-chemical reactor, with a total volume of 10.0 L per batch system contaminated with human fecal material. It was used as the supporting electrolyte solution of sodium perchlorate at 0.1 mol. L⁻¹ and applying a current density of 14 mA with the aid of a source and a flow rate of 250 L.h⁻¹. The UV radiation was provided by a mercury vapor lamp of 55 W without bulb shield. The center electrode is inserted through a quartz bulb. Samples were analyzed for pH, conductivity, chemical oxygen demand (COD), and turbidity. Aspects of microbiological and parasitological parameters were treated for 0, 5, 10, 20, and 30 min.. After 30 min., 98.9% reduction in parasitic forms (cysts and eggs) was observed and 99.8% of the colony of *Escherichia coli* was present. There was a reduction in COD values (65.7%) and turbidity (92.3%) of samples after treatment exposure, as a result of electrochemical oxidation of organic compounds dissolved in the medium.

Keywords: Coliforms - disinfection - parasites - photolysis.

Resumen

La realización del proceso de foto-electroquímico consiste en filtrar la solución a ser tratada a través de un reactor electrolítico, en el que los ánodos recubiertos con óxidos de metal permanecen bajo el efecto de la radiación ultravioleta (UV). La solución utilizada en este estudio fue contaminada artificialmente a partir de muestras fecales positivas para las bacterias y los parásitos intestinales. El proceso de evaluación para la desinfección de agua se llevó a cabo en el reactor fotoelectroquímico, con un volumen total de 10,0 L en el sistema de lotes contaminados con material fecal humano. Se utilizó como la solución de electrolito de soporte de perclorato de sodio en $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ y aplicando una densidad de corriente de 14 mA con la ayuda de una fuente y una velocidad de flujo de 250 L.h^{-1} . La radiación UV fue proporcionada por una lámpara de vapor de mercurio de 55 W sin bulbo protector, el electrodo central insertado a través de un bulbo de cuarzo. Las muestras se analizaron para el pH, la conductividad, la demanda química de oxígeno (DQO) y la turbidez, y los aspectos de microbiológica y parasitológica en 0, 5, 10, 20, y 30 min de tratamiento. Después de 30 min se observó 98,9% de reducción en formas parasitarias (quistes y huevos) y 99,8% de la colonia de *Escherichia coli* presente. Hubo una reducción en los valores de DQO (65,7%) y de turbidez (92,3%) de las muestras después de la exposición al tratamiento, como resultado de la oxidación electroquímica de compuestos orgánicos disueltos en el medio.

Palabras clave: Coliformes - Desinfección - Fotólisis - Parásitos.

Resumo

A realização do processo foto-eletroquímico consiste na percolação da solução a ser tratada através de um reator eletrolítico, no qual o anodo revestido com óxidos metálicos permanece sob a incidência da radiação ultravioleta (UV). A solução utilizada neste estudo foi contaminada artificialmente a partir de amostras fecais positivas para bactérias e parasitas intestinais. A avaliação do processo na desinfeção da água foi realizada no reator fotoeletroquímico, com volume total de 10,0 L em sistema de batelada contaminada com material fecal humano. Foi utilizado como eletrólito suporte solução de perclorato de sódio a $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e aplicada uma densidade de corrente de 14 mA com auxílio de uma fonte e uma vazão de 250 L.h^{-1} . A radiação UV foi proporcionada por uma lâmpada a vapor de mercúrio de 55 W, sem bulbo protetor, inserida no centro dos eletrodos por meio de um bulbo de quartzo. As amostras foram analisadas quanto ao pH, condutividade, demanda química de oxigênio (DQO) e turbidez, além dos aspectos microbiológicos e parasitológicos aos 0, 5, 10, 20, e 30 min de tratamento. Após 30 min foi observada uma redução de 98,9% nas formas parasitárias (cistos e ovos) e de 99,8% na colônia de *Escherichia coli* presente. Observou-se redução nos valores da DQO (65,7%) e da turbidez (92,3%) das amostras após exposição ao tratamento, como consequência da oxidação eletroquímica dos compostos orgânicos dissolvidos no meio.

palavras-chave: Coliformes - Desinfeção - Fotólise - Parasitas.

INTRODUÇÃO

A água de consumo humano é um dos importantes veículos de enfermidades diarreicas de natureza infecciosa, o que torna primordial a avaliação de sua qualidade microbiológica e parasitológica de efluentes (Cesa & Duarte, 2010). As doenças de veiculação hídrica são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidas basicamente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes (Franco, 2007).

O tratamento tradicional de água de abastecimento para consumo humano inclui as etapas de coagulação (adição de sulfato de alumínio que reage com a alcalinidade natural da água formando hidróxido de alumínio); floculação (processo que transforma impurezas em partículas mais densas que a água, os flocos); decantação (separação de partículas suspensas na água que tendem a se depositar); filtração (retenção dos flocos em suspensão e demais materiais que não decantaram através da passagem por substâncias porosas como areia e carvão), e; desinfecção (remoção de microrganismos presentes na água através da adição de cloro ou hipoclorito de cálcio) (Bettega *et al.*, 2006).

Um processo que vem sendo utilizado para o tratamento de efluentes com desinfecção é o Processo Oxidativo Avançado (POA), o qual é baseado na geração de radicais hidroxil (OH) como oxidante, que são altamente reativos e não seletivos. O processo fotoquímico consiste na geração de um par elétron/lacuna (e^-/H^+), resultante da ativação de um semicondutor por radiação de energia igual ou superior à do seu *bandgap*. Um fator que diminui a eficiência do processo fotoquímico é a recombinação do elétron com H^+ , antes do mesmo interagir com o substrato. Para evitar esta recombinação é possível utilizar a irradiação UV com aplicação simultânea de um potencial externo anódico sobre um eletrodo semicondutor, forçando assim a separação das espécies carregadas. Assim, os

substratos orgânicos podem ser diretamente oxidados pelo processo eletroquímico, ou indiretamente pela ação de agentes oxidantes eletroquimicamente gerados. O processo fotoquímico assistido eletroquimicamente é denominado de foto-eletroquímico (Tauchert & Peralta-Zamora, 2004; Catanho *et al.*, 2006; Lacey & Schirmer, 2008).

Neste trabalho foi desenvolvido um reator fotoeletroquímico com o objetivo de avaliar sua eficiência no processo na desinfecção da água quanto à contaminação microbiana e parasitológica (protozoários e helmintos).

MATERIAL E MÉTODOS

Contaminação fecal da água

Para a realização dos experimentos relativos ao tratamento foto-eletroquímico as amostras de água foram contaminadas artificialmente a partir da suspensão de fezes positivas para parasitas, oriundas de descarte de resíduos de Laboratório de Análises Clínicas que atende ao Sistema Único de Saúde (SUS), Sergipe, Brasil.

Inicialmente, uma quantidade correspondente a aproximadamente 20 coletores universais de 50 mL, contendo amostras fecais sólidas, foi homogeneizada com água destilada e submetida à filtração em membrana de acetato de celulose, seguida de sedimentação do material biológico em Cone IMHOFF. O sobrenadante obtido foi diluído em água para simular as condições reais de contaminação de reservatórios hídricos.

Reação Foto-eletroquímica

A avaliação da eficiência do processo foto-eletroquímico na desinfecção da água foi realizada no reator foto-eletroquímico como mostra a Figura 1, com volume total do sistema de 10,0 L com sistema em batelada. O material anódico do reator foto-eletroquímico foi constituído de uma placa de titânio recoberta por uma fina camada de $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O_2$. Utilizou-se a solução de perclorato de sódio à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ como eletrólito suporte, e ao efluente foi aplicada uma densidade de corrente de 14 mA com auxílio de uma fonte da TECTROL modelo

TCA 15-20XR1A e uma vazão volumétrica constante de 250 L.h⁻¹ medida por um rotâmetro.

A radiação ultravioleta foi proporcionada por uma lâmpada a vapor de mercúrio de 55 W, inserida no centro dos eletrodos por meio de um bulbo de quartzo, por um período de tratamento de no máximo 60 min sendo coletadas amostras para acompanhamento nos tempos 0, 5, 10, 20, 30 min, ou até quando a porcentagem de redução de microrganismos (*Escherichia coli* (Migula, 1895) Castellani & Chalmers, 1919, protozoários e helmintos) e a DQO atingirem um nível significativo. Os parâmetros de pH, condutividade, turbidez e teor de sólidos dissolvidos (TSD) foram analisados como acompanhamento do processo.

Análises físico-químicas

A água foi analisada primeiramente quanto aos seus aspectos físico-químicos de acordo com Eaton *et al.* (2005), pH em um pHmetro da TECNAL, modelo Tec-3MP, condutividade (leitura potenciométrica) em um condutivímetro da HANNA, modelo HI2300, Turbidez em turbidímetro da TECNOPON, modelo TB-1000p. O teor de sólidos dissolvidos (TSD) foram determinados utilizado-se a relação empírica desse parâmetro em função da condutividade, proposta por Tchobanoglous *et al.* (2003): TSD = 0,640 x Condutividade.

Análise de DQO

Inicialmente foram pipetados 1,5 mL da solução digestora em um tubo de digestão HACH, 2,5 mL da amostra e 3,5 mL da solução catalisadora e em seguida agitado cuidadosamente. Os tubos foram então levados para o reator de digestão da HACH, modelo DRB 200 a 150°C, por 2 h. Após resfriamento, a absorbância das amostras foi lida em espectrofotômetro HACH, modelo DR 2500 em 610 nm e quantificada a DQO através da curva de calibração (Standart Methods 5220) (Eaton *et al.*, 2005).

Análise microbiológica

A análise microbiológica foi realizada aplicando o método dos tubos múltiplos, que consiste em duas etapas: na primeira, a amostra foi inoculada em caldo Lauril sulfato de sódio, o qual inibe a

microbiota acompanhante e, ao mesmo tempo é um meio de enriquecimento para bactérias do grupo dos coliformes. Bactérias deste grupo causam turvação no meio com formação do gás, detectado em tubos de Dühran, após 48 h de incubação a 35 °C. A segunda etapa foi realizada através da inoculação de alçadas dos caldos Lauril positivos em caldos seletivos para *E. coli* (EC). Após incubação a 44,5 °C, durante 24 h, ocorre turvação do caldo EC com formação de gás, quando positivos para coliformes fecais. A porcentagem de remoção do número de *Escherichia coli* na água foi calculada com base na Tabela de Hoskins (Silva *et al.*, 2001).

Análise parasitológica

A análise parasitológica foi realizada em através de leitura de lâminas em triplicatas, sendo as amostras filtradas em membrana de acetato de celulose 45 mm, com poro nominal de 3 µm. Aliquotas de 5 µL da solução pós-tratamento nos tempos zero, 5, 10, 20 e 30 min foram examinadas diretamente em microscópio de luz (40X). Uma porção do material foi fixada em solução de formol 5% (v/v) para a posterior identificação taxonômica, biometria e fotodocumentação dos cistos e/ou trofozoítos de protozoários, assim como ovos e/ou larvas de helmintos. A porcentagem de redução foi calculada baseada na contagem das estruturas parasitárias presentes nas lâminas.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises físico-químicas das amostras submetidas ao tratamento foto-eletoquímico. Valores de pH, condutividade, Remoção de DQO e turbidez das amostras de água contaminada com material parasitológico após exposição ao tratamento foto-eletoquímico. O tempo inicial zero min é referente ao resultado da amostra coletada antes da adição da solução de perclorato de sódio e início do processo foto-eletoquímico.

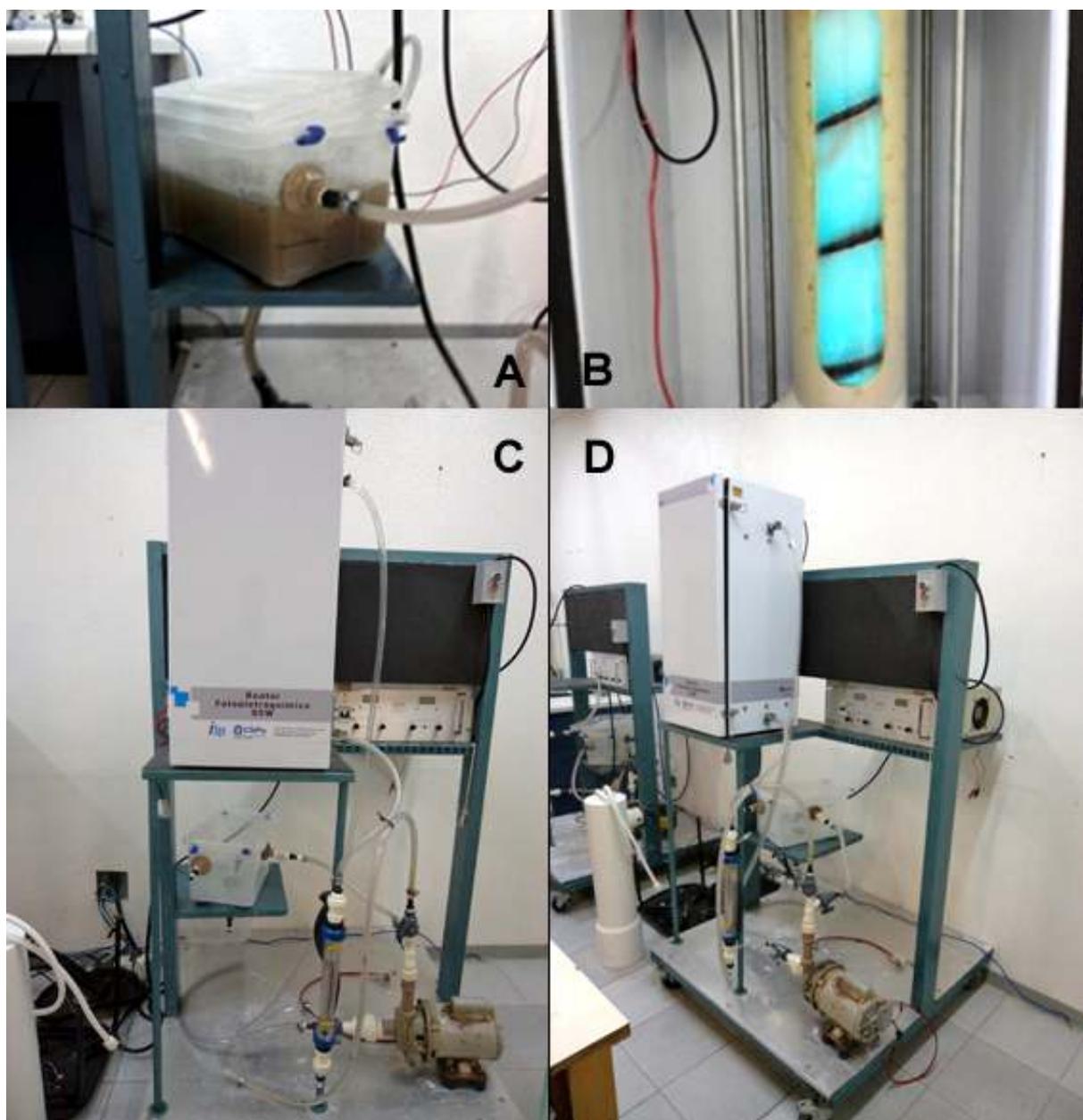


Figura 1. Reator fotoeletroquímico. A) Container com a solução contaminada; B) Lâmpada de vapor de mercúrio; C e D) visão geral do sistema.

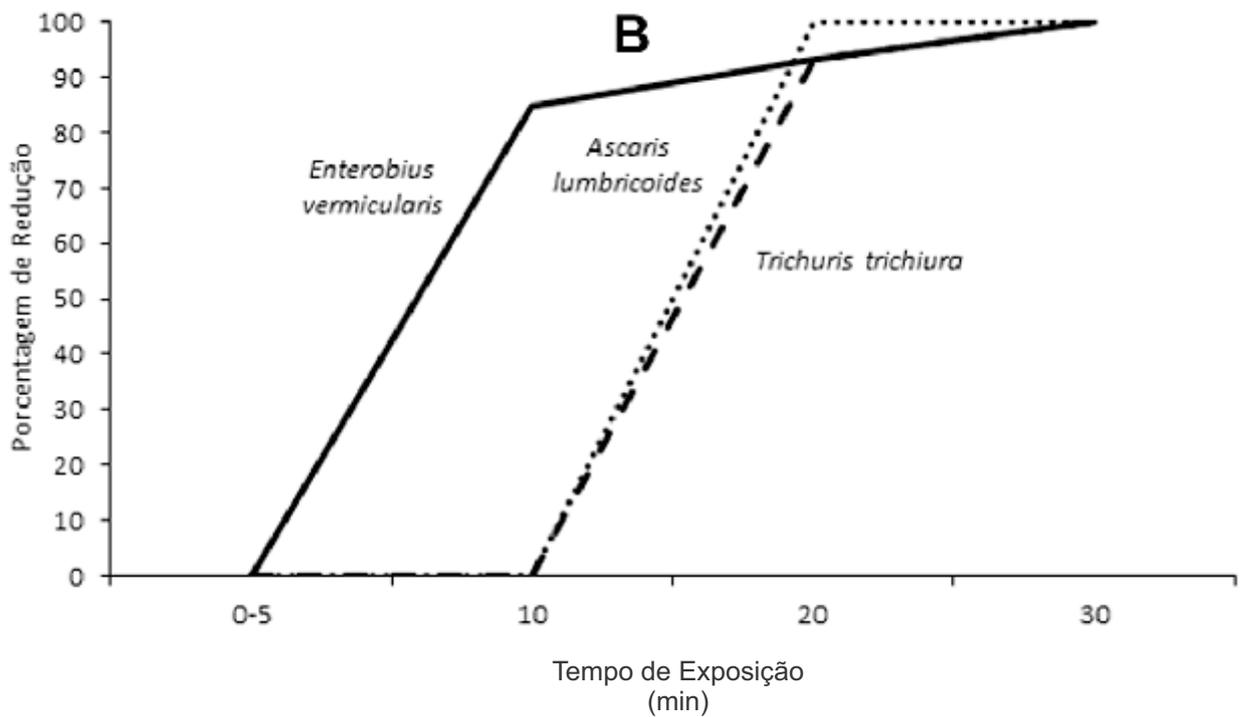
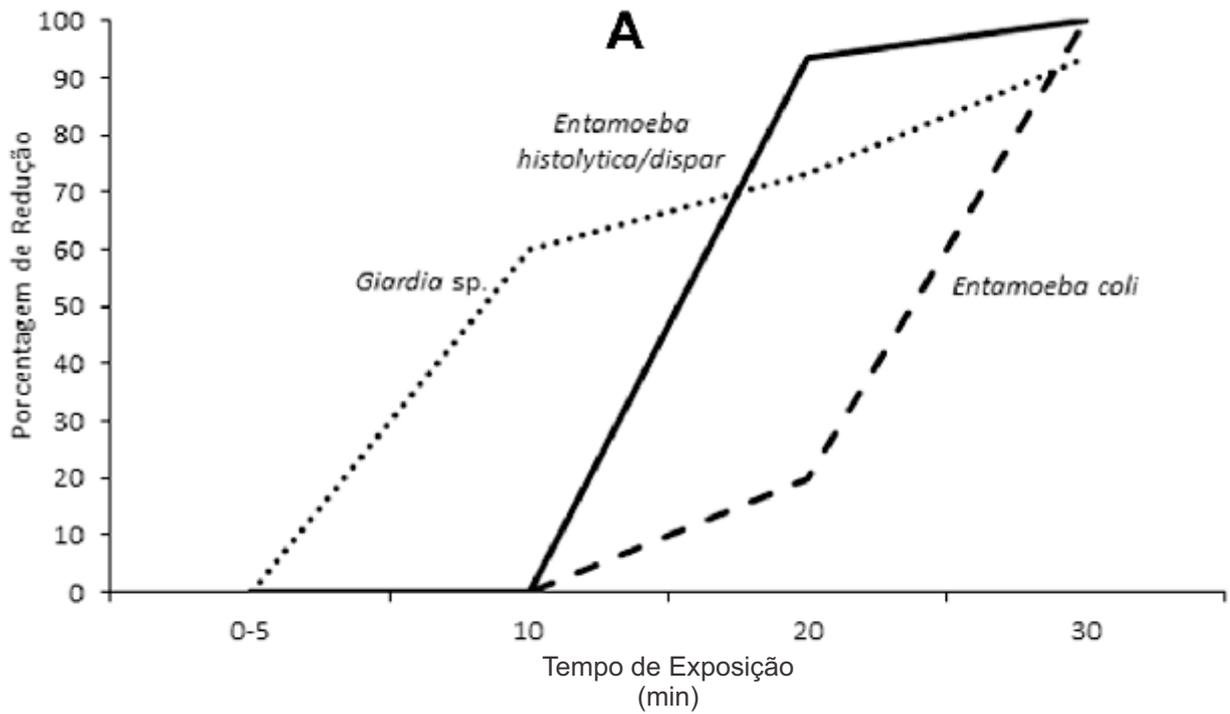


Figura 2. Redução da contaminação dos parasitas presentes nas amostras após tratamento com reator fotoeletroquímico. A) Protozoários; B) Helmintos.

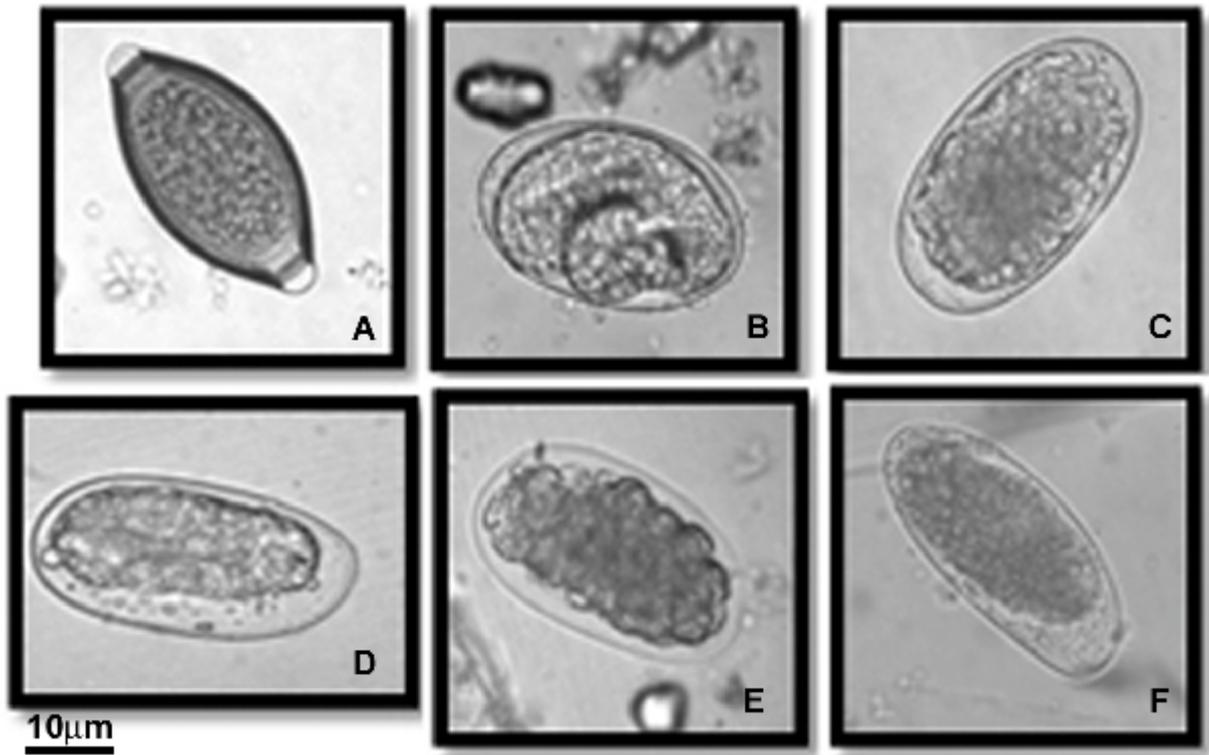


Figura 3. Ovos de helmintos presentes nas amostras de água, antes (A, B e C) e após (D, E e F) tratamento fotoeletroquímico.

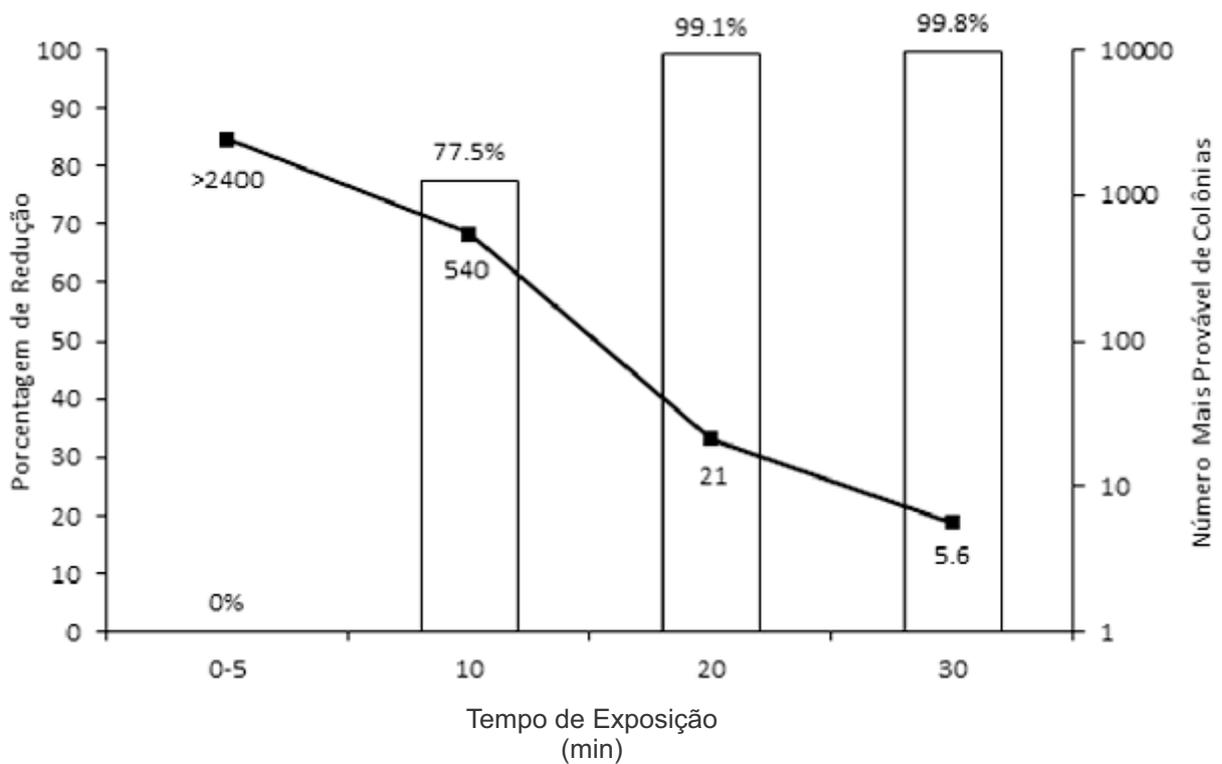


Figura 4. Redução microbiológica dos microrganismos presentes nas amostras após tratamento com reator fotoeletroquímico.

Tabela 1. Resultados das análises físico-químicas da água após 30 min de tratamento fotoeletroquímico.

Tempo de exposição (min.)	pH	Condutividade (mS.cm ⁻¹)	Sólidos dissolvidos (mg.L ⁻¹)	Remoção de DQO (%)	Turbidez (UNT)
0	7,24	12,15	7,78	0,0	779,0
5	7,07	12,70	8,13	7,9	552,0
10	7,02	12,77	8,17	41,5	220,0
20	6,95	12,99	8,31	62,0	97,8
30	6,81	12,40	7,94	65,7	59,7

Observou-se redução nos valores dos parâmetros físico-químicos das amostras após exposição ao tratamento, não houve uma variação significativa do pH, da condutividade e dos sólidos dissolvidos. Há, no entanto, uma redução significativa da DQO em 65,7% e da turbidez em 92%. Este fato é justificado pelo processo de oxidação eletroquímica dos compostos orgânicos dissolvidos no meio realizado pela reação na superfície do ânodo tendo como consequência, a redução da turbidez do meio.

A avaliação parasitológica quantitativa da água, após o tratamento foto-eletroquímico, indica que houve uma redução na concentração de protozoários (*Entamoeba coli* (Grassi, 1879), *E. histolytica* Schaudinn, 1903/*dispar* Brumpt, 1925 e *Giardia lamblia* Kunstler, 1882) e helmintos (*Ascaris lumbricoides* Linnaeus, 1758, *Trichuris trichiura* (Linnaeus, 1771) e *Enterobius vermicularis* Linnaeus, 1758) na Figura 2 da ordem de 98,9%, de acordo com a progressão de tratamento.

A avaliação parasitológica qualitativa da água, após o tratamento fotoeletroquímico, indica alterações morfológicas e na viabilidade dos estágios de desenvolvimento infectantes para os animais, incluindo-se a espécie humana (Fig. 3).

No tempo de tratamento de 30 min, somente ovos inviáveis de *A. lumbricoides* e *T. trichiura* foram detectados nas preparações, sendo que nenhum estágio de desenvolvimento de protozoário foi observado, evidenciando sua degradação. As cascas dos ovos de helmintos são

mais resistentes que a parede cística dos protozoários. Aparentemente, quanto maior o tempo de tratamento, maior é a taxa de destruição de cistos de protozoários e ovos/larvas de helmintos intestinais.

Na Figura 3 observam-se ovos de helmintos das superfamílias Trichostrongyloidea e Trichinelloidea viáveis no pool fecal, antes do tratamento (1ª linha), e ovos inviáveis após tratamento (2ª linha). Nos ovos viáveis, é possível visualizar o material germinativo íntegro e até larvas no interior dos mesmos. Nos ovos inviáveis, os mesmos adquirem formato elipsóide e material germinativo sem diferenciação, ou seja, incapaz de gerar um verme.

Segundo os resultados das análises microbiológicas (Fig. 4), verificou-se que depois de 30 min de tratamento no reator fotoeletroquímico, houve a remoção da ordem de 99,8%.

DISCUSSÃO

As doenças de veiculação hídrica exibiam uma taxa de morbidade elevada nos séculos XVIII e XIX. Em vista disso, passou-se a utilizar técnicas de desinfecção em água para consumo humano (Isaac-Márquez *et al.*, 1994; Assalin, 2001). Neste contexto, a eletroquímica pode oferecer opções viáveis para remediar problemas ambientais e relacionados à saúde humana (Figs. 2 e 4), particularmente em ambientes aquáticos. Neste processo o elétron é

o principal reagente, evitando o uso de outros compostos químicos que podem ser tóxicos (Boudenne & Cerclier, 1999).

Os resíduos dos serviços de saúde, inclusive os oriundos de laboratórios de Análises Clínicas, tais como o utilizado neste estudo, são na maioria das vezes descartados diretamente em mananciais sem tratamento, o que compromete a qualidade do corpo hídrico (Smith *et al.*, 2006). O Brasil está alocado no grupo das áreas epidemiológicas onde as enteroparasitoses ainda afetam 39% da população.

É importante ressaltar ainda que, no Brasil, existem marcantes desigualdades regionais quanto à infra-estrutura de abastecimento de água e serviços de esgotamento sanitário, sendo que no Estado de Sergipe, localizado no Nordeste brasileiro, a prevalência de infecções helmínticas entre as crianças atingem índices de 51,5% (Gurgel *et al.*, 2005).

O tratamento experimental utilizado neste estudo (Fig. 1) mostrou indícios da destruição/degeneração dos parasitas devido à hidroxila formada na parede do eletrodo com evidências de danos morfológicos nas cascas dos estágios de resistência/dispersão e no material germinativo (Fig. 3), sem interferências de outros componentes, uma vez que o perclorato de sódio é inerte (França, 2007).

A matéria orgânica é outro parâmetro importante a ser analisado para se avaliar a qualidade da água, que é suscetível a decomposição por ação microbiana, assim como a presença de fenóis (Carvalho *et al.*, 2004). A demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro importante nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e efluentes industriais para avaliar a remoção da carga orgânica após o tratamento (Piveli & Kato, 2006).

A legislação federal que dispõe condições e padrões para o lançamento de efluentes, resolução CONAMA n° 430/2011, não inclui este parâmetro em seu escopo, somente a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Esta resolução estabelece que para o lançamento de

efluentes nos corpos hídricos a DBO seja reduzida no mínimo em 60%. Valores elevados da DQO expressam a contribuição da contaminação fecal para a deterioração da amostra de água em estudo, assim como as taxas de aproximadamente 66% na remoção desta demanda indicam a eficiência do tratamento fotoeletroquímico utilizado (Tabela 1), uma vez que os valores da DQO são superiores e englobam os valores da DBO.

Um dos principais parâmetros de qualidade das águas, capaz de demonstrar interferências da ação antrópica na dinâmica fluvial é a turbidez (Silva *et al.*, 2003). Esta é uma medida direta da quantidade de sólidos (efluentes domésticos/industriais/urbanos e microrganismos) em suspensão na água (Tabela 1, Figs. 2 e 4), os quais dificultam a passagem da luz, conferindo-lhe aparência turva. A resolução CONAMA n° 430/2011 na Seção III estabelece que para lançamento de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgoto e de serviços de saúde a remoção dos sólidos em suspensão totais seja de no mínimo 20%. Pela definição da turbidez pode-se inferir que a redução dessa implica na redução dos sólidos em suspensão. Portanto, o tratamento experimental aplicado apresentou resultados bastante eficientes com a redução de 92,3% na turbidez, após 30 min.

O pH é um parâmetro importante para a manutenção do equilíbrio químico e biológico do corpo hídrico. Valores de pH na faixa de 6 a 9 são considerados compatíveis, a longo prazo, para a maioria dos organismos. A toxicidade do pH está relacionada à sua influência na composição química da água. A solubilidade das substâncias, tais como os sais metálicos, é influenciada pelo pH, na predominância de determinadas espécies mais ou menos tóxicas e nos processos de adsorção/sedimentação dos metais e outras substâncias na água. A resolução CONAMA n° 430/2011 estabelece a faixa de pH entre 5 e 9 para o lançamento desse tipo de efluentes. Durante o tratamento fotoeletroquímico a variação do pH ficou entre 6,81 e 7,24 (Tabela 1) mantendo-se dentro dos limites permitidos pela legislação.

Sabe-se que a condutividade e os sólidos dissolvidos totais (SDT) são parâmetros relacionados pois elevadas concentrações de SDT refletem em condutividades elevadas o que representam inconvenientes para o uso da água na irrigação. O tratamento estudado não apresentou uma variação significativa para estes parâmetros (Tabela 1), os quais, não são contemplados na seção III da resolução CONAMA n° 430/2011 que estabelece as condições para o lançamento de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgoto e de serviços de saúde nos corpos hídricos.

Os resultados apresentados apontam para a viabilidade do tratamento fotoeletroquímico para água com contaminação fecal, contendo estágios de resistência/dispersão de helmintos e protozoários. O tempo de reação fotoeletroquímica de 30 min mostrou-se suficiente para a degradação e inviabilização dos estágios parasitários infectantes, não havendo a necessidade de extensão até 60 min no tempo de reação.

Os parâmetros físico-químicos da água apresentaram tendência decrescente com a evolução do tratamento fotoeletroquímico, indicando a eficiência deste quanto ao atendimento da legislação federal vigente para lançamento de efluentes nos corpos hídricos.

Embora a utilização de um sistema de bancada, que opera no modo batelada, não permita uma avaliação segura dos custos envolvidos no tratamento, é possível estimar que grande parte deste custo esteja associada à utilização das fontes de radiação ultravioleta (Eaton *et al.*, 2005). Entretanto, levando-se em consideração o fato da radiação poder ser proporcionada por lâmpadas a vapor de mercúrio, e ainda a elevada eficiência de degradação apresentada pelo sistema, as questões relacionadas com o custo de tratamento parecem bastante favoráveis.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio

financeiro - Edital MCT/CNPq/CT-Hidro/CT-Saúde n. 45/2008 - Água e Saúde Pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assalin, MR. 2001. *Aplicação da fotólise e da fotocatalise heterogênea na desinfecção de águas contaminadas com E. coli*. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Bettega, JMPR, Machado, MR, Presibella, M, Baniski, G & Barbosa, CA. 2006. *Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano*. Ciência Agrotécnica, vol. 30, pp. 950-957.
- Bouenne, JL & Cerclier, O. 1999. *Performance of carbon black-slurry electrodes for 4-chlorophenol oxidation*. Water Research, vol. 33, pp. 494-504.
- Brasil. CONAMA. 2011. “Resolução n° 439/2011”. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília.
- Carvalho, CF, Ferreira, AL & Stapelfeldt, F. 2004. *Qualidade das águas do ribeirão Ubá - MG*. REM: Revista Escola de Minas, vol. 57, pp. 165-172.
- Catanho, M, Malpass, GRP & Motheo, AJ. 2006. *Avaliação dos tratamentos eletroquímico e foto-eletroquímico na degradação de corantes têxteis*. Química Nova, vol. 29, pp. 983-989.
- Cesa, MV & Duarte, GM. 2010. *A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica*. Geosul, vol. 25, pp. 63-78.
- Eaton, AD, Clesceri, LS, Rice, EW & Greenberg, AB. 2005. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 21th ed., APHA, Washington DC.
- França, RB. 2007. *Cryptosporidium spp., Giardia spp e ovos de helmintos em esgoto hospitalar: destruição e análise de dano estrutural dos protozoários após o processo fotoeletroquímico*. Dissertação de mestrado em Parasitologia, Instituto de

- Biologia, Universidade estadual de Campinas, Campinas.
- Franco, RMB. 2007. *Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública*. Revista Panamericana de Infectologia, vol. 9, pp. 36-43.
- Gurgel, RQ, Cardoso, GS, Silva, AM, Santos, LN & Oliveira, RCV. 2005. *Creche: ambiente expositor ou protetor nas infestações por parasitas intestinais em Aracaju, SE*. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, vol. 38, pp. 267-269.
- Isaac-Márquez, AP, Lezama-Dávila, CM, Ku-Pech RP & Tamay-Segovia, P. 1994. *Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche*. Salud Pública de México, vol. 36, 655-661.
- Lacey, MEQ & Schirmer, WN. 2008. *O uso da fotocatalise para a desinfecção e desodorização do ar interno*. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, vol. 4, pp. 309-325.
- Piveli, RP & Kato, MT. 2006. *Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-químicos*. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro.
- Silva, AM, Schulz, HE & Camargo, PB. 2003. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. RiMa, São Carlos.
- Silva, N, Junqueira, VCA & Silveira, NFA. 2001. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. 2.ed., Varela, São Paulo.
- Smith, A, Reacher, M, Smerdon, W, Adak, GK, Nichols, G & Chalmers, RM. 2006. *Outbreak of waterborne infectious disease in England and Wales, 1993-2003*. *Epidemiology & Infection*, vol. 134, pp. 1141-1149.
- Tauchert, E & Peralta-Zamora, P. 2004. *Avaliação de processos fotoeletroquímicos no tratamento de líquidos lixiviados de aterros sanitários*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 9, pp. 197-201.
- Tchobanoglous, G, Burton, F & Stensel, HD. 2003. *Wastewater Engineering - Treatment and Reuse*. 4th ed., McGraw-Hill Education. North Ryde.

Received December 2, 2012.

Accepted February 5, 2013.

Correspondence to author/ Autor para correspondencia:

Cláudia Moura de Melo

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Aracaju, SE, Brasil.

E-mail / Correo electrónico:
claudiamouramelo@hotmail.com