

## **I-305 - AVALIAR FORMAÇÃO DE TRIHALOMETANOS EM ÁGUAS PRÉ-OXIDADAS POR ELETRO-OXIDAÇÃO ASSOCIADA À FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA SUBMETIDAS À FILTRAÇÃO DIRETA**

**Eliezer Fares Abdala Neto<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Mecânico pela Universidade de Fortaleza. Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor em Saneamento Ambiental pela UFC. Pesquisador pós-doc (Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - UFC).

**Marisete Dantas de Aquino<sup>(2)</sup>**

Engenheira. Doutor em Meio Ambiente / Recursos Hídricos. Professora Associada II do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

**Arislete Dantas de Aquino<sup>(3)</sup>**

Engenheira. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas. Professora adjunto da Universidade Federal do Paraná.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Carlos Vasconcelos, 472 - Meireles – Fortaleza – Ce - CEP: 60115-170 - Brasil - Tel: (85) 88559010 - e-mail: [superagua@superig.com.br](mailto:superagua@superig.com.br)

### **RESUMO**

A pré-cloração é uma prática realizada em muitas ETAs visando à redução da carga orgânica. Entretanto, essa prática leva a formação de subprodutos clorados considerados carcinogênicos. Tal fato tem suscitado o interesse no desenvolvimento ou aperfeiçoamento de técnicas que possam eliminar ou reduzir o uso das pré-oxidações químicas. Neste contexto surgiu o interesse no tema de pesquisa aqui estudado, que tem como objetivo, investigar, na pré-oxidação de água, o desempenho da eletroxidação associada à fotocatálise heterogênea (fotoreator) comparado ao emprego do cloro e dióxido de cloro, avaliando a qualidade da água tratada, em termos de DQO, Clorofila “a”, turbidez e a formação de trihalometanos. Após pré-oxidadas, as amostras foram submetidas à coagulação com HCA (5,4 mg.L<sup>-1</sup>), polímero catiônico (2,0 mg.L<sup>-1</sup>), filtração direta descendente e pós-cloração (5,0 mg.L<sup>-1</sup>). As coletadas foram realizadas com 30 e 90 minutos após o início da carreira de filtração e as análises seguiram as diretrizes gerais do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Os resultados médios de remoção para turbidez alcançaram 95,57% (com cloro), 96,23% (com dióxido de cloro) e 99,5% (com o fotoreator). Para DQO obteve-se remoção média de 37,45% (cloro), 49,45% (dióxido de cloro) e 65,5% (fotoreator). A remoção média de clorofila “a” foi de 91,94% (cloro), 94,04% (dióxido de cloro) e 98,97% (fotoreator). Para formação de Trihalometanos Totais obteve-se 104,07 µg.L<sup>-1</sup> (cloro) e 88,85 µg.L<sup>-1</sup> (dióxido de cloro). Com o uso do fotoreator obteve-se 77,20 µg.L<sup>-1</sup>, mostrando-se capaz de produzir, constantemente, água dentro dos padrões de potabilidade, ao mesmo tempo em que se apresenta como uma tecnologia que potencializa ações de coagulação, elevando a capacidade de precipitação de compostos dissolvidos e, por conseguinte aumentando a eficiência de filtração, minimizando a formação de subprodutos da pós-cloração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletro-oxidação, fotocatálise heterogênea, pré-tratamento de água eutrofizada.

### **INTRODUÇÃO**

O contato humano direto ou indireto com águas contaminadas é apontado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como a principal fonte de proliferação de doenças (Bilotta, 2011). Atenção importante deve ser dirigida à poluição do meio aquático (Di Bernardo e Dantas, 2005). Muitas estações de tratamento de água (ETAs) apresentam, atualmente, sérios problemas operacionais decorrentes da falta de um prévio monitoramento da qualidade da água do manancial e intensa eutrofização, causada pela crescente introdução de nutrientes minerais provenientes de esgotos das cidades, acarretando, prejuízos nos processos de coagulação, floculação e filtração rápida (Sládecková e Záček, 1998).

No estado do Ceará a eficácia de remoção da matéria orgânica natural (MON) representa o maior desafio na produção de água potável, em muitas ETAs se recorre a pré-oxidação, pois a água apresenta MON originada de substâncias húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos), potencializando à formação de compostos de cloro e bromo, que são os principais halogênios responsáveis pela formação de THM (Sales, 2005). Os ácidos

húmicos são muitos mais importantes na formação dos trihalometanos do que os ácidos fúlvicos. Babcock e Singer (1977) demonstraram que a reação de cloro com os ácidos húmicos é muito mais ativa que com os ácidos fúlvicos, consumindo 75% mais cloro e produzindo 117% mais clorofórmio.

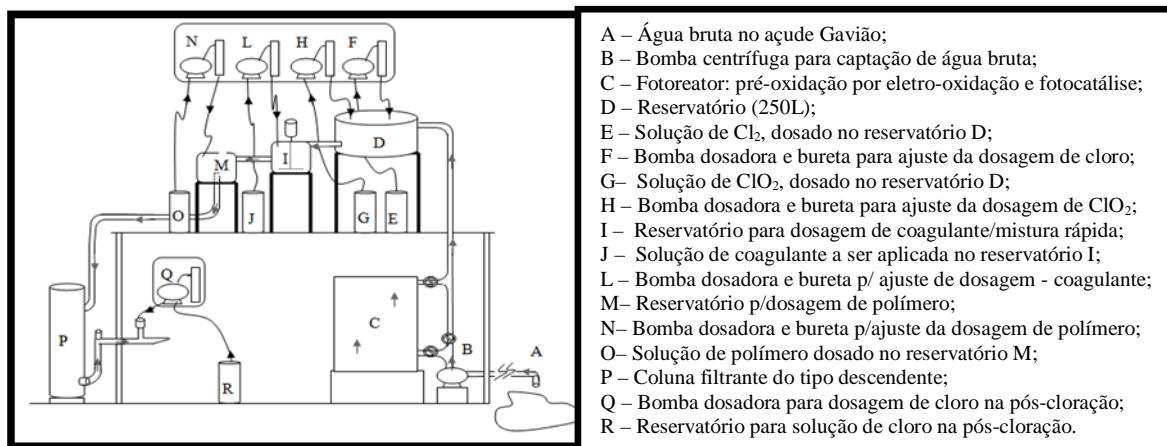
De acordo com Ivancev-Tumbas e Dalmacija (2001), a oxidação da MON pelo dióxido de cloro também pode gerar subprodutos, como os do tipo aldeído. Os esforços para controlar a formação de subprodutos, através da modificação de seus tipos e de suas concentrações estão focados principalmente em: selecionar o manancial em função da qualidade da água e seu possível controle; remover os precursores; otimizar o processo de tratamento com mudança do ponto de cloração e limitação do tempo de contato; seleção de desinfetantes alternativos e remoção dos subprodutos formados (De Salvo, 2002). Alguns grupos de pesquisa tem se destacado desenvolvendo processos alternativos que possam eliminar ou reduzir o uso das pré-oxidações químicas. Mondardo *et al.* (2006) investigaram o desempenho da ozonização e da cloração utilizadas na pré-oxidação de água eutrofizada a ser submetida à filtração direta descendente, a pré-ozonização reduziu em 50% a formação de THM quando comparado com o cloro. Para Matilainen e Sillanpää (2010) a fotocatalise heterogênea é capaz de degradar a matéria orgânica na água por três mecanismos: oxidação por radical  $\bullet\text{OH}$ , decloração redutiva por radicais superóxido e adsorção física pelo dióxido de titânio. Jin-Hui (2012) desenvolveu um reator fotocatalítico e obteve 25% a mais de remoção de poluentes orgânicos. Bertazzoli *et al.* (2002) constataram a eficiência ao tratar efluentes de uma indústria papelaria, têxtil e chorume de lixo doméstico, por processo foto-eletrólítico obtendo redução de 70% da cor inicial, além da redução de carbono orgânico total de aproximadamente 35%.

A utilização do processo eletrolítico vem emergindo como uma alternativa promissora. Ocorre quando um potencial elétrico é aplicado de uma fonte externa de corrente, provocando uma reação química não espontânea no meio aquoso, podendo oxidar ou reduzir íons metálicos, íons cianeto, compostos organoclorados, hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos e seus derivados. Neste processo, elétrons são providos diretamente ao material tratado, sem adição de substâncias redutoras ou oxidantes potencialmente tóxicas, sem odores fortes, com tempos curtos de detenção, fácil automatização, sem geração de lodos e grande compatibilidade ambiental, pois reduz a toxicidade dos efluentes através da transformação de substâncias persistentes em substâncias facilmente biodegradáveis (Bidoia, 2004; Ticianelli e Gonzalez, 2005; Jia *et al.*, 2007; Medeiros *et al.*, 2011).

A pesquisa teve como objetivo investigar o desempenho da eletro-oxidação associada à fotocatalise heterogênea pré-oxidando água, a ser submetida à filtração direta descendente seguida da pós-cloração, avaliando a formação de trihalometanos, comparando com o emprego de pré-oxidantes químicos (cloro e dióxido de cloro).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A Região Metropolitana de Fortaleza tem fornecimento de água garantido através de um conjunto de mananciais, tendo como receptor final o açude Gavião, localizado no município de Pacatuba – CE. O fotoreator híbrido foi construído, montado e instalado, pelo autor, na estação de tratamento ETA – Gavião, localizada às margens do açude Gavião. A Figura 1 apresenta um esboço da ETA – Piloto, onde a água bruta foi bombeada do açude Gavião até a área dos experimentos.



**Figura 1 - Instalações da ETA – Piloto do Gavião, utilizada na pesquisa.**

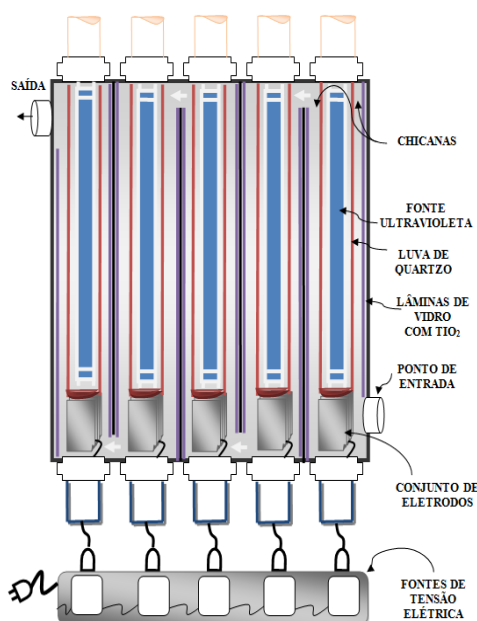
### Condições operacionais do fotoreator

Os elétrons foram providos diretamente ao efluente por cinco pares de cátodo e ânodo (eletrodos de aço inox 316, não consumíveis), com campo elétrico promovido entres estes, submersos no efluente, de modo a exercer um torque nas moléculas polares, principalmente, nas moléculas da água. As conexões da fonte elétrica de corrente alternada, aos eletrodos, foram realizadas por cabos elétrico do tipo PP 2 x 1,5 mm. Desta forma, utilizou-se a eletrólise com fluxo de elétrons alternados, compreendendo à parte do espectro eletromagnético entre a região do infravermelho (variando de 0 a  $4.000 \text{ cm}^{-1}$ ). Segundo Lampman (2009), a radiação nessa faixa de energia corresponde à faixa que engloba frequências vibracionais de estiramento e dobramento na maioria das moléculas mais covalentes e que possuem momento dipolo, como é o caso da molécula da água que possui modos normais de vibração do tipo: modo de esticamento simétrico, esticamento assimétrico e o de dobramento, com números de onda:  $1643,5 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2127,5 \text{ cm}^{-1}$  e  $3404,0 \text{ cm}^{-1}$ . O fotoreator construído em alumínio, conforme Figura 2, operou conforme os atributos operacionais apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1 - Atributos operacionais do fotoreator.**

Características hidráulicas	Tempo de contato: 2,75 min. / Vazão: $240 \text{ L.h}^{-1}$ Volume útil do fotoreator: 11,04 L Espaço interno distribuídos em 05 chicanas
Agente oxidante Fotocatalise Heterogênea	Cinco fontes UV-C, PHILIPS® TUV-T8 75 W HO™ Potência total: 375 W → Consumo $1,56 \text{ KWh/m}^3$ Intensidade de radiação por fonte UV: $220 \mu\text{W/cm}^2$ Comprimento de onda no pico de emissão: 253,7 nm Frequência de pico: $1,1 \times 10^{14} \text{ Hz}$ Energia de cada fóton emitido: 4,89 eV No. de fótons emitidos por segundo: $3,32 \times 10^{19}$ Catalisador aplicado: $\text{TiO}_2 - \text{P } 25^{\text{TM}}$ DEGUSSA® Taxa de aplicação do catalisador: $10 \text{ g TiO}_2.\text{m}^{-2}$
Agente Oxidante Eletro-oxidação	Cinco fontes de tensão: Hayama® HY-125™, 220-12V Potência total: 330 W Material do eletrodo: aço inox 316 (não consumível) Medidas de cada eletrodo: 15x5cm (área de $75 \text{ cm}^2$ ) Quantidade de eletrodo por chicana: 10 unidades Quantidade total de eletrodos: 50 unidades Conjunto de eletrodos: 10 eletrodos espaçados de 5 mm Área total para um conjunto de eletrodos: $750 \text{ cm}^2$ Intensidade de corrente aplicada p/conjunto: 5,5 A Densidade de corrente: $7,33 \text{ mA/cm}^2$ Consumo: $1,37 \text{ KWh/m}^3$

Fonte: Autor (2012).



**Figura 2 – Esboço do fotoreator construído em alumínio.**

O filtro descendente utilizado possuía diâmetro interno de 150 mm, altura de 3 m, leito filtrante de areia com espessura de 70 cm, tamanho dos grãos variando de 0,42 a 1,41 mm, operando na vazão de filtração de 4 L.min<sup>-1</sup> e taxa de filtração de 326 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia. Os experimentos foram conduzidos nas etapas de caracterização da água bruta e nos ensaios com diferentes condições de pré-tratamento: sem pré-oxidação, pré-oxidação com cloro (5,0 mg.L<sup>-1</sup>), pré-oxidação com dióxido de cloro (1,2 mg.L<sup>-1</sup>), pré-oxidação com eletro-oxidação, pré-oxidação com fotocatalise heterogênea e pré-oxidação com operação associada no fotoreator (eletro-oxidação e fotocatalise heterogênea). Após o emprego das condições de pré-oxidação, a água seguia para coagulação, adição de polímero, filtração direta descendente e pós-cloração (5,0 mg/L<sup>-1</sup>).

As carreiras de filtração foram identificadas como: **Bruta** – Água sem tratamento; **Branco** – Água tratada sem pré-oxidante; **Fotoreator** – Água pré-oxidada com o fotoreator; **Cloro** – Água pré-oxidada com cloro; **Dióxido** – Água pré-oxidada com dióxido de cloro. No total foram 20 carreiras de filtração com tempo máximo de operação de 90 minutos, tempo justificado por resultados preliminares terem mostrado que o tempo médio de carreira variou em média 150 minutos. Portanto, o tempo máximo escolhido para os experimentos contempla a estabilização do processo e antecede a ocorrência da saturação do filtro. As amostras de água bruta foram coletadas no início de cada dia de experimento e, para a água filtrada, as coletas foram realizadas em 30 e 90 minutos após o início de cada uma das quatro carreiras de filtração. Os métodos analíticos seguiram as diretrizes gerais do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). As análises de concentração das espécies de Trihalometanos foram realizadas em amostras de águas coletadas após 90 minutos de duração da carreira de filtração e, imediatamente, pós-cloradas (5,0 mg.L<sup>-1</sup>), com tempo de contato de 24 horas. Analisados em cromatógrafo gasoso, acoplado a detector captura de elétrons (GC/ECD), marca Thermo®. A separação dos compostos foi obtida utilizando coluna OV-5<sup>TM</sup> (30 m x 0,25 mm x 0,25µm), rampa: início a 35°C, durante 5 min, aumentando para 70°C a 10°/min e para 200°C a 20°C/min. Temperatura do injetor: 200°C, temperatura do detector: 290°C, modo *Splitless*. Fluxo gás: 1 mL min<sup>-1</sup>. O coagulante utilizado foi o PAC 23<sup>TM</sup> Hidroxicloreto de Alumínio (HCA) na concentração de 5,4 mg.L<sup>-1</sup>, auxiliado pelo polímero catiônico líquido (polyDADMAC<sup>TM</sup>) na concentração de 2,0 mg.L<sup>-1</sup>. Os ensaios foram realizados em triplicatas e, a partir dos valores e das médias, foram construídos os gráficos e as tabelas.

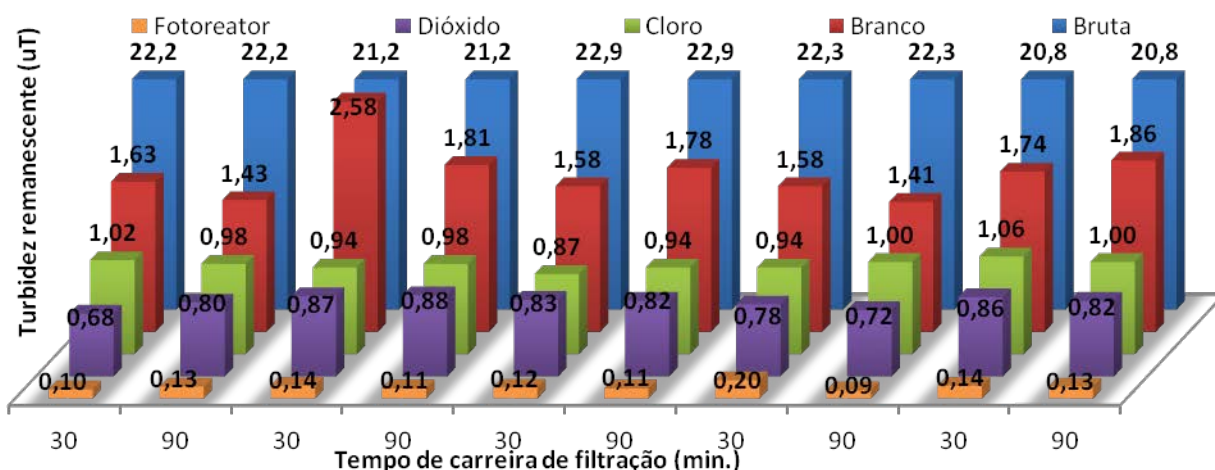
## RESULTADOS

Durante o período de estudo (junho a setembro de 2011) foi realizada uma caracterização da água bruta, conforme se pode observar pela Tabela 1.

**Tabela 1 - Valores máximos e mínimos referentes à água bruta utilizada na pesquisa.**

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor mínimo</i>	<i>Valor máximo</i>	<i>Parâmetro</i>	<i>Valor mínimo</i>	<i>Valor máximo</i>
Alcalinidade Total (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	66,80	163,80	Clorofila “a” (µg/L)	22,94	90,45
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	87,4	93,5	Cor aparente (uH)	80	80
Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	0,009	0,03	DQO (mg/L)	62,91	99,12
Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	0,114	0,114	Turbidez (uT)	20,1	22,9
Magnésio (mg Mg <sup>2+</sup> /L)	13,7	14,9	pH	7,80	7,60
Potássio (mg K <sup>+</sup> /L)	1,8	3,9	Sulfato (mg (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> /L)	13,0	18,7
Condutividade (µS/cm)	462	596	Cloretos (mg Cl <sup>-</sup> /L)	84,74	86,80

No emprego isolado da fotocatalise heterogênea obteve-se turbidez remanescente de 2,49 uT, DQO de 43,76 mg.L<sup>-1</sup> e clorofila “a” de 8,45 µg.L<sup>-1</sup>. Com a eletro-oxidação os valores remanescentes foram: turbidez de 1,49 uT, DQO de 23,76 mg.L<sup>-1</sup>, e clorofila “a” de 3,45 µg.L<sup>-1</sup>. O uso isolado das tecnologias do fotoreator não foi capaz de produzir água atendendo a Portaria nº 2914 (BRASIL, 2011), que recomenda no quesito turbidez valor ≤0,5 uT. Porém, é importante destacar a superioridade dos resultados obtidos no emprego da eletro-oxidação em relação a fotocatalise, e ainda que na associação das tecnologias a eficiência mostra-se superior em relação aos processos empregados de forma isolada. Segundo Jyoti e Pandit (2001), o uso combinado de dois ou mais agentes químicos ou físicos, demonstra obtenção de níveis superiores de degradação, e nos processos combinados: eletroquímico e fotocatalítico, segundo Pelegrini (1999), ocorre maior geração de radicais hidroxila (•OH), apresentando efeito sinérgico. Para Sales (2005); Reckhow e Singer (1990), após a oxidação, o material orgânico adsorvido torna-se mais polarizado, e conseqüentemente suscetível à agregação. A pesquisa então foi continuada com o fotoreator operando com as tecnologias associadas, obtendo-se então maior efetividade na oxidação do material orgânico, provavelmente pela ampliação do poder de precipitação de compostos em solução e a própria desestabilização de suspensões coloidais de partículas sólidas, ações diretamente relacionadas aos mecanismos de coagulação. Conforme mostra a Figura 3, a remoção de turbidez com o fotoreator alcançou percentual médio de 99,31% e 99,50% para 30 minutos e 90 minutos após o início da carreira de filtração, respectivamente. Com cloro o percentual médio de remoção da turbidez foi de 95,63% com 30 minutos e 95,50% após 90 minutos de carreira de filtração. E com o dióxido de cloro o percentual médio de remoção foi de 96,17% com 30 minutos e 96,28% com 90 minutos de carreira de filtração.



**Figura 3 - Resultados para turbidez remanescente, nas diferentes condições de pré-oxidação estudadas.**

A Figura 4 apresenta os resultados para DQO, observa-se com o uso do fotoreator remoção de 65,5% e 58,0% para 30 e 90 minutos após o início da carreira, respectivamente. Superando os resultados obtidos com cloro que removeu 37,0% e 37,9% para 30 e 90 minutos de carreira, respectivamente. E com o dióxido de cloro o percentual médio de remoção de 43,8% com 30 minutos e 55,1% com 90 minutos de carreira.



Os resultados inferiores, principalmente verificados na remoção de turbidez, atribuídos ao uso dos pré-oxidantes químicos quando comparados ao do fotoreator, podem ser explicados por uma possível interferência do cloro no mecanismo de coagulação química, e que consequentemente, prejudica o processo de filtração que tem a aderência fortemente influenciada por fenômenos predominantemente químicos como o da adsorção-formação de pontes.

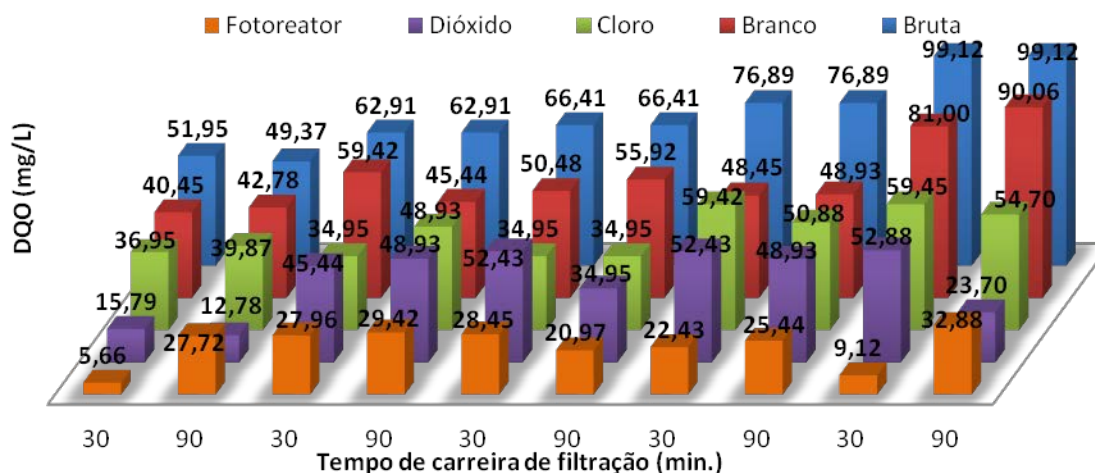


Figura 4 - Resultados para DQO remanescente, nas diferentes condições de pré-oxidação estudadas.

Nos resultados de Clorofila “a” o uso do fotoreator alcançou média de 99,0% de remoção, enquanto que, com o cloro foi de 92,0%, e com o dióxido de cloro 94,0%.

A Portaria nº 2914 (BRASIL, 2011), estabelece os limites para concentração total das espécies de trihalometanos (TTHM), em  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  ( $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). Conforme a Figura 5 observa-se uma maior formação de TTHM para água tratada sem o uso de pré-oxidantes alcançando  $106,28 \mu\text{g.L}^{-1}$ , neste caso há de se considerar a baixa efetividade nas ligações dos núcleos metálicos dos sais coagulantes dosados acarretando mínima remoção da carga orgânica devido a não utilização do pré-oxidante. Segundo Di Bernardo (2005), a formação dos subprodutos é favorecida, dentre outros fatores, pela concentração de matéria orgânica natural. Com o uso do dióxido de cloro obteve-se  $88,85 \mu\text{g.L}^{-1}$ , e com cloro  $104,07 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Com o fotoreator obteve-se  $77,20 \mu\text{g.L}^{-1}$ , portanto a menor formação obtida de TTHM, resultado motivado pela elevada eficiência obtida nas ações de coagulação e filtração na remoção da carga orgânica.

O fotoreator operando com tecnologias associadas (eletroquímico e fotocatalítico), apresentou consumo total de  $2,93 \text{ KWh/m}^3$ .

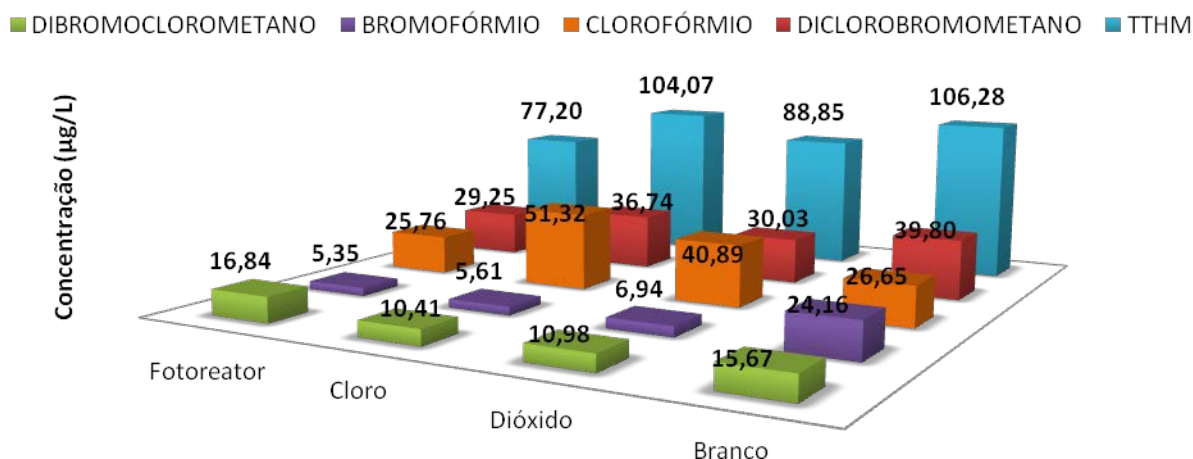


Figura 5 - Resultados obtidos para as espécies de trihalometanos e trihalometanos totais (TTHM).

## CONCLUSÕES

Conclui-se que o pré-tratamento à filtração direta descendente por eletro-oxidação associada à fotocatalise heterogênea, proporcionou melhores resultados de remoção de turbidez, clorofila “a”, DQO e menor formação de THM, comparados aos oxidantes químicos: cloro e dióxido de cloro. Mostrando ser capaz de produzir, constantemente, água dentro dos padrões da Portaria nº 2914, ao mesmo tempo em que se apresenta como uma tecnologia que potencializa ações de coagulação, elevando a capacidade de precipitação de compostos dissolvidos e, por conseguinte aumentando a eficiência de filtração, minimizando a formação de subprodutos da pós-cloração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and wastewater. 21th edition, Washington, USA, 2005.
2. BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R. Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico. Química Nova, v. 25 n. 3 p. 477-482, 2002.
3. BIDOIA E. D.; NOTOYA, E. Y. Tratamento Eletrolítico de Efluente Contendo Fenol com Eletrodos DSA. Arq. Inst. Biol., v. 71, p. 1-749, 2004.
4. BILOTTA, P. ; DANIEL, L. Inativação de Indicadores Microbiológicos com Ozônio no Tratamento de Esgoto Sanitário Visando o Reuso de Água. Revista AIDIS, Vol. 4, No. 2, p.48 – 56, 2011.
5. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 05 jan. 2012.
6. DE SALVO, M. T. Redução de precursores de trihalometanos por coagulação otimizada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
7. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2.ed. São Carlos: RiMa. p. 32-33, 2005.
8. JIA, B. J.; ZHOU, J. T.; ZHANG, A. L.; LIU, W. L.; SONG, W. R. Novel electrochemical heterogeneous catalytic reactor for organic pollutant abatement. Russ. J. Electrochem., v. 43, p. 296-300, 2007.
9. JIN-HUI, ZHAO. Research on UV/TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Oxidation of Organic Matter in Drinking Water and Its Influencing Factors. Procedia Environmental Sciences, n. 12, p. 445 – 452, 2012.
10. IVANCEV-TUMBAS I.; DALMACIJA B. Effects of coagulation processes on aldehydes formation in groundwater treated with common oxidative agents. Water Research, v.35, n. 16, p. 3950–3958, 2001.
11. JYOTI, K. K.; PANDIT, ANIRUDDHA B. Water disinfection by acoustic and hydrodynamic cavitation. Biochemical Engineering Journal, Mumbai, v. 7, p. 201–212, 2011.
12. LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. Introduction to Spectroscopy. 4a Ed. Brooks/Cole-Cengage Learning, 4a. ed., Belmont, USA, 2009.
13. MEDEIROS, D. M.; MUÑOZ, A. H.; LEHMANN, A. H.; LUCAS FILHO, M. Eliminación de Compuestos Volátiles Olorosos por Electrocoagulación. Revista AIDIS, Vol. 4, No. 2, 14 – 22, 2011.
14. MONDARDO, R. I. ; SENS, M. L.; MELO FILHO, L. C. Pré-tratamento com cloro e ozônio para remoção de cianobactérias. Eng. sanit. ambient. 338 Vol.11 - Nº 4, 337-342, 2006.
15. MATILAINEN, ANU; SILLANPÄÄ, MIKA. (2010) Removal of natural organic matter from drinking water by advanced oxidation processes. Chemosphere, n. 80, p. 351 – 365, 2006.
16. PELEGRINI, R. T.; PERALTA-ZAMORA P.; ANDRADE, A. R.; REYES, J.; DURÁN, N. Electrochemically assisted photocatalytic degradation of reactive dyes. Applied Catalysis B: Environmental, v. 22, p. 83-90, 1999.
17. RECKHOW, D. A.; SINGER, P. C. Chlorination by-products in drinking waters: from formation potentials to finished water concentrations. Journal Awwa, p. 173-180, 1990.
18. SALES, M. V. Tratamento de água eutrofizada através de dupla filtração e oxidação. 261 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
19. SLÁVEDECKOVÁ, A; ZÁCEK, L. Technological and hygienic consequences of reservoirs eutrophication in the Czech Republic. Water Science Technology, v. 37, n.2, p. 195-202, 1998.
20. TICIANELLI, E. A.; GONZALES, E. R. Eletroquímica: princípios e aplicações. 2. ed. São Paulo, EDUSP, 2005.
21. BABCOCK, D. B.; SINGER, P. C. Chlorination and coagulation of humic and fulvic acids. Journal of the American Water Works Association, Denver, v.71, n.3, p. 149, 1979.