
Avaliação da ação desinfetante do ferrato(vi) em água para o consumo humano

Aparecida de Fátima MICHELIN^{1, 2}; Maurício C. FREITAS²; Luciana Aparecida SCARPIN²; Fauze de Toledo RIBAS³; Arineia Francisco do NASCIMENTO¹; Teresa Marilene BRONHARO¹

¹Centro de Laboratório Regional de Araçatuba-Instituto Adolfo Lutz

²Universidade Paulista – campus Araçatuba-SP

³Universidade do Estado de São Paulo-campus Araçatuba/SP

O íon ferrato(VI) apresenta fórmula molecular FeO_4^{2-} e é um composto com grande potencial de oxidação-redução. Foi identificado por Stahl em 1702 quando este, fundindo salitre e limalhas de ferro e dissolvendo a mistura em água, obteve a formação de um produto de coloração púrpura instável¹. Tal molécula, em condições controladas, apresenta a conveniência de não fornecer subprodutos tóxicos quando empregada nos processos de desinfecção². Assim, o seu uso tem mostrado resultados satisfatórios no que diz respeito à preservação da saúde humana e à sustentabilidade do meio hídrico³.

Desta forma, o íon ferrato(VI) tem sido utilizado para o tratamento e controle de odores em meio líquido e gasoso, para a precipitação de substâncias, como o ferro e o manganês em substituição à cloração, e na desinfecção de grandes volumes hídricos⁴. Ainda, possui aplicações na degradação de poluentes sintéticos, na oxidação de poluentes inorgânicos, na remoção das substâncias húmicas e no tratamento de lodo de esgoto⁵.

A ação desinfetante do íon ferrato ocorre pela oxidação da molécula da água, gerando

radicais peróxidos, elétrons hidratados e oxidrilas, espécies altamente oxidantes³. Além de não fornecer subprodutos nocivos, o ferrato(VI) ainda se reduz para ferro (III), um coagulante por excelência².

Embora a atuação do íon esteja relacionada à suscetibilidade específica do micro-organismo, os efeitos bactericidas do desinfetante ferrato(VI) são, em sua maioria, atribuídos a mecanismos oxidativos de degradação direta das células ou de destruição de enzimas específicas que interferem na atividade celular⁶.

Em geral, após a descoberta do uso da cloração e seus potenciais efeitos negativos na saúde, a busca por desinfetantes alternativos tem sido avaliada para a sua substituição⁵. Atualmente, outros desinfetantes como o ozônio, o peróxido de hidrogênio, a radiação ultravioleta, o permanganato de potássio, o hipoclorito de cálcio em pastilhas e também o íon ferrato(VI) têm sido utilizados para tratamento de águas e efluentes⁶.

No Brasil, o controle microbiológico da água para o consumo humano se fundamenta principalmente na presença de bactérias do grupo coliforme⁶. Este grupo representa parâmetro microbiológico básico, uma vez que partilha a

capacidade de se desenvolver no intestino humano e causar doenças de cunho significativo para o mesmo. Os coliformes podem ser divididos em subgrupos conforme as suas características: coliformes totais, que inclui os gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*; e os coliformes fecais ou termotolerantes que tem por principal componente a *Escherichia coli* e alguns coliformes do gênero *Klebsiella*⁷. Sendo então relevante a possibilidade da transmissão destes micro-organismos através da água, é importante identificar a condição sanitária da mesma. Uma vez confirmada a presença de micro-organismos patogênicos, as medidas para a desinfecção seletiva deverão ser aplicadas para sanar o problema.

Nesse cenário, mediante a vigente proposta de sustentabilidade do meio ambiente e visando a preservação e renovação da integridade hídrica, o íon ferrato, empregado em condições adequadas de pH, temperatura e tempo de contato, torna-se uma alternativa frente à desinfecção com cloro e seus derivados, uma vez que as dosagens empregadas, além de não formarem subprodutos como os trihalometanos (THMs) e os ácidos haloacéticos (HAAs), têm mostrado serem eficientes para inativar/destruir as bactérias do grupo coliformes sem haver recrescimento dias após o tratamento³.

A avaliação das concentrações efetivas de ferrato(VI) para a desinfecção da água para consumo humano torna-se relevante para a consolidação deste íon como alternativo ou substituto dos produtos presentemente empregados.

O objetivo deste estudo é avaliar a concentrações de íon ferrato(VI) capaz de eliminar *Escherichia coli* em água.

Foi preparada uma suspensão de *Escherichia coli* (ATCC 25922), em água destilada estéril, na concentração de $1,7 \times 10^6$ células/100mL (NMP), que foi distribuída em 10 frascos de polietileno estéril, em volume de 100 mL para cada um deles. Desses, dois não receberam tratamento e serviram de controle

para o desenvolvimento bacteriano. Os demais, em duplicata, receberam concentrações de 0,8 µL; 1,5 µL; 2,3 µL e 23 µL de solução de ferrato(VI) (Footoxi® – Foothills Industria e Comercio Ltda.). Tais frascos foram protegidos da ação da luz e mantidos em temperatura ambiente por período de 24 horas e 168 horas. Após 24 horas, numa série de cinco frascos, um para cada concentração de ferrato(VI) e um sem tratamento, foi realizada pesquisa quantitativa para *E. coli*. Após 168 horas, o mesmo procedimento foi realizado com a outra série de cinco frascos.

O pH das amostras em tratamento foi monitorado devido ao fato deste íon demonstrar maior integridade em potenciais alcalinos e neutros⁸.

A pesquisa de *E. coli* foi realizada através do Sistema Quanti-Tray Colilert® que emprega um substrato cromogênico⁹. Os resultados foram expressos de acordo com a tabela de NMP (número mais provável em 100 mL de água).

Foi verificado o desenvolvimento bacteriano nos frascos contendo suspensão de coliformes (17×10^6 NMP) tratados com 0,8 µL; 1,5 µL e 2,3 µL de Ferrato(VI) no tempo reacional de 24 horas. O tratamento de igual suspensão bacteriana com a maior concentração de ferrato(VI) (23 µL), em mesmo tempo reacional, apresentou menor contagem de célula bacteriana, após cultivo, se comparado com os frascos onde foram empregadas menores concentrações do desinfetante (Tabela 1).

No tempo reacional de 168 horas, para a mesma concentração de *E. coli*, foi verificado desenvolvimento bacteriano apenas no frasco tratado com a menor concentração de Ferrato(VI) (0,8 µL) (Tabela 1).

Na concentração de 23 µL (maior dose), o ferrato(VI) inativou 94% da suspensão bacteriana em apenas 24 horas (menor tempo). Já na concentração de 1,5 µL de ferrato(VI), a inativação foi satisfatória apenas no tempo reacional de 168 horas, fato não observado no tratamento desta mesma concentração

no tempo reacional de 24 horas (Tabela 1).

Os resultados neste estudo e os resultados expressos por Schuck et al. (2004) em estações de tratamento de esgotos, demonstraram comportamento desinfetante compatível, com decréscimo de micro-organismos proporcional à contaminação do efluente tratado.

Verificou-se que a concentração de *E. coli* na água utilizadas neste estudo foi muito maior do que a concentração média encontrada nas amostras tratadas por Schuck (2004), e que, portanto, o íon demonstrou ser efetivo em ambos os casos, dependendo das condições de tratamento.

Portanto, o ferrato(VI) é um desinfetante eficaz contra *E. coli*, sendo que o seu desempenho no tratamento de água é proporcional à sua concentração e ao tempo de contato.

REFERÊNCIAS

1. Delaude, L.; Laszlo, P.; Lehance, P. Oxidation of organic substrates with potassium ferrate (VI) in the presence of K10 montmorillonite. *Tetrahedron Letters*, 1995; v.36, p.8505-8508.
2. De Luca, S.J.; Chao, A.C.; Smallwood, C. Ames test of ferrate treated water. *Journal of Environmental Engineering*, 1983; v.109, 1159-1167.
3. Schuck, C.A. Ocorrência de trihalometanos e ácidos haloacéticos na desinfecção de efluentes tratados biologicamente. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRS, 2004. 98p.
4. Cantelli, M. Síntese e aplicação do ferrato (VI) de potássio no tratamento de efluentes industriais. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 1988. 81f.
5. Jiang, J.Q. Research progress in the use of ferrate (VI) for the environmental remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 2007; v.146, p.617-623.
6. Daniel, L.A. (coord.). Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Projeto PROSAB/FINEP, ABES, Rio de Janeiro, 2001, 139p.
7. Franco, B.D.G.M.; Landgraf, M. *Microbiologia dos Alimentos*. São Paulo: Atheneu, 2008. 182 p.
8. De Luca, M.A.; De Luca, S.J.; Santana, M.A. Síntese eletroquímica do íon ferrato(VI). *Química Nova*, 2003; v.26 (3), p. 420-424.
9. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* by American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association), Water Environment and E. W. Rice (Jan 5,2012).