



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

CAMILLA SOARES OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BACTÉRIAS
TERMOTOLERANTES E ESPOROS DE BACTÉRIAS AERÓBIAS COM O
EMPREGO DE DIFERENTES AGENTES DESINFETANTES**

Campina Grande – PB

2019

CAMILLA SOARES OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BACTÉRIAS
TERMOTOLERANTES E ESPOROS DE BACTÉRIAS AERÓBIAS COM O
EMPREGO DE DIFERENTES AGENTES DESINFETANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para à obtenção do título de Bacharel Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira

Coorientador: Msc. George Antonio Belmino da Silva

Campina Grande – PB

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

O48a Oliveira, Camilla Soares.

Avaliação da eficiência de remoção de bactérias termotolerantes e esporos de bactérias aeróbias como emprego de diferentes agentes desinfetantes [manuscrito] / Camilla Soares Oliveira. - 2019.

19 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.

"Orientação : Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira ,
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

"Coorientação: Prof. Me. George Antonio Belmino da Silva
, UFCG - Universidade Federal de Campina Grande"

1. Tratamento de água. 2. Hidrogeron. 3. Esporos de bactérias aeróbias. I. Título

21. ed. CDD 628.162

CAMILLA SOARES OLIVEIRA

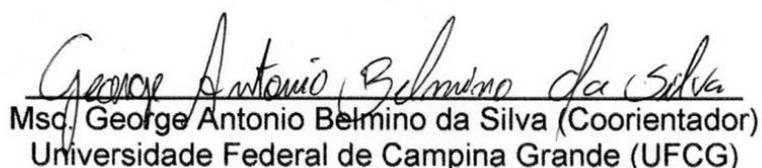
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BACTÉRIAS
TERMOTOLERANTES E ESPOROS DE BACTÉRIAS AERÓBIAS COM O
EMPREGO DE DIFERENTES AGENTES DESINFETANTES

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

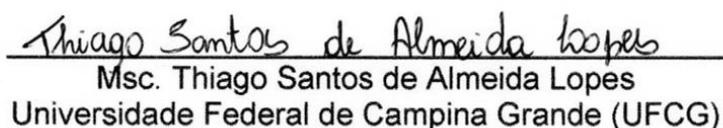
Aprovada em: 03/12/2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Msc. George Antonio Belmino da Silva (Coorientador)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)


Prof. Dra. Neyliane Costa de Souza
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Msc. Thiago Santos de Almeida Lopes
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida. E a minha família por sempre acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por se fazer presente em minha vida e por segurar forte minha mão nos obstáculos mais difíceis enfrentados até aqui.

A minha família, meu pai Aristóflem e aos meus irmãos Karinna e Aristófanes, por sempre me apoiarem e me acompanharem durante a caminhada. E em especial a minha mãe, Maria do Carmo, por todo amor, incentivo, paciência, dedicação e por nunca ter desistido de mim.

Ao meu namorado, Talysson, que também contribuiu para a conclusão deste trabalho, me ajudando de diversas formas.

A minha orientadora Profa. Dra. Weruska Brasileiro e ao meu coorientador Msc. George Belmino, pela excelente orientação durante todo o trabalho, transmitindo seus ensinamentos e experiência acerca do assunto.

A todos os meus professores do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental pela excelência da qualidade técnica de cada um.

Aos meus amigos André, Josivaldo e Yuri, por se tornarem irmãos que a graduação me deu, que compartilharam momentos bons e ruins ao longo dessa jornada, tais momentos ajudaram no nosso crescimento profissional e pessoal.

Aos meus amigos e companheiros de vida, por toda a ajuda e apoio durante este período tão importante da minha formação acadêmica.

A Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza e Msc. Thiago Santos de Almeida Lopes, por participarem da banca avaliadora, por toda contribuição nas sugestões para melhoria deste trabalho.

Aos colegas de laboratório (LARTECA), que me auxiliaram quando surgiram dúvidas e foram peças fundamentais para realização dos experimentos.

A Universidade Estadual da Paraíba por abrir portas através do curso e ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental pelo apoio.

Finalmente, a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para que eu chegasse até o final desta caminhada.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	4
2	METODOLOGIA.....	6
2.1	Estações de tratamento de água.....	7
2.1.1	<i>ETA Gravatá</i>	7
2.1.2	<i>ETA Boqueirão</i>	8
2.1.3	<i>ETA Mará</i>	8
2.2	Análises laboratoriais.....	9
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
3.1	ETA Gravatá.....	10
3.2	ETA Boqueirão	13
3.3	ETA Mará.....	15
4	CONCLUSÃO	17
5	REFERÊNCIAS	18

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BACTÉRIAS TERMOTOLERANTES E ESPOROS DE BACTÉRIAS AERÓBIAS COM O EMPREGO DE DIFERENTES AGENTES DESINFETANTES

APPRAISAL OF THE REMOVAL EFFICIENCY OF THERMOTOLERANT BACTERIA AND AEROBIC BACTERIAL SPORES WITH THE USE OF DIFFERENT DISINFECTANT AGENTS

Camilla Soares Oliveira

RESUMO

A água tem um papel de extrema importância para os seres vivos em geral, logo, deve-se atentar a diversos cuidados que vão desde sua captação nos mananciais e aquíferos até o seu uso e descarte pela população. Diante disso, criaram-se diversas legislações a fim de preservar e atenuar o uso inadequado deste recurso. O presente trabalho teve como objetivo estudar a eficiência da solução oxidativa produzida pelo gerador eletroquímico Hidrogeron e o dicloroisocianurato de sódio na remoção de bactérias termotolerantes e esporos de bactérias aeróbias (EBA) na etapa de desinfecção em três Estações de Tratamento de Água para abastecimento humano. As águas para análise partiram de três estações distintas do Estado da Paraíba. Após a coleta, as alíquotas foram submetidas ao processo de desinfecção com dicloroisocianurato de sódio e solução oxidativa hidrogeron e, posteriormente, foi avaliado o processo de remoção de bactérias termotolerantes e esporos de bactérias aeróbias por meio do método de membrana filtrante com ágar m-TEC e membrana filtrante, respectivamente. A partir dos dados experimentais foram construídos gráficos comparativos da remoção de bactérias em função do tempo de contato para cada dosagem. Observou-se através dos gráficos que a taxa de remoção de EBA foi inferior à de termotolerantes. Além disso, no tempo de 20 minutos a solução oxidativa hidrogeron mostrou-se mais eficiente na remoção das bactérias termotolerantes e EBA. Este fato aponta que o processo de remoção de bactérias termotolerantes não indica ausência total de esporos de bactérias aeróbias, concluindo-se que os EBA's podem ser indicadores de qualidade da água.

Palavras-chave: tratamento de água; Hidrogeron; esporos de bactérias aeróbias.

ABSTRACT

Water plays an extremely important role for living things in general; Therefore, attention should be paid to various precautions, from capture in springs and aquifers to use and disposal by the population. Given this, several laws were created to preserve and mitigate the inappropriate use of this resource. The present work aimed to study the efficiency of the oxidative solution produced by the Hydrogeron generator and the sodium dichloroisocyanurate in the removal of thermotolerant bacteria and aerobic bacteria spores (ABS) in the disinfection stage in three Water Treatment Stations for human supply. The waters for analysis came from three different stations in the state of Paraíba. After collection, the aliquots were subjected to the disinfection process with sodium dichloroisocyanurate solution and oxidative hydrogenator, and thereafter, the removal process of thermotolerant bacteria and spores of aerobic bacteria was evaluated by the m-TEC agar filter membrane method and filter membrane respectively. From the experimental data, comparative graphs of bacterial removal as a function of contact time for each dosage were constructed. It was observed through the graphs that the ABS removal rate was lower than the thermotolerant bacteria. In addition, in 20 minutes, the hydrogenator oxidative solution was more efficient in removing thermotolerant bacteria and ABS. This fact points out that the thermotolerant bacteria removal process does not indicate total absence of aerobic bacteria spores, concluding that ABS may be an indicator of water quality.

Keywords: drinking Water Treatment; Hydrogeron; aerobic bacteria spores.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de fundamental importância para a sobrevivência da vida terrestre, bem como para, desenvolvimento econômico e bem-estar social. A quantidade e a qualidade das águas doces no planeta sempre foram essenciais para manter os ciclos de vida, a biodiversidade dos organismos e a sobrevivência da espécie humana. Apesar de ser um bem público, vem se tornando pouco a pouco um recurso escasso que precisa ser cuidado com muito discernimento (SILVA, et al 2014).

De acordo com Zarbin (2010), a água tem um papel de extrema importância para os seres vivos em geral, logo, deve-se atentar a diversos cuidados que vão desde sua captação nos mananciais e aquíferos até o seu uso e descarte pela população. Diante disso, criaram-se diversas legislações a fim de preservar este recurso e atenuar o seu uso inadequado, a exemplo da Resolução nº 357/2005 do CONAMA, que busca classificar e proteger as águas dos mananciais, e a Portaria de Consolidação nº 5 (Anexo XX) de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), que estabelece normas e padrões para a qualidade da água de consumo humano.

Segundo Brasil (2006), a qualidade microbiológica da água tem um papel destacado no processo de tratamento, tendo em vista o elevado número e a grande diversidade de microrganismos patogênicos, em geral de origem fecal, que pode estar presente na água. Em função da extrema dificuldade, de avaliar a presença de todos os microrganismos na água, a técnica adotada é a de se verificar a presença de organismos indicadores.

A escolha desses indicadores foi objeto de um processo histórico cuidadoso, realizado pela comunidade científica internacional, de modo que aqueles atualmente empregados reúnem determinadas características de conveniência operacional e de segurança sanitária, nesse caso significando que sua ausência na água representa a garantia da ausência de outros patogênicos. Mas, recentemente, pesquisas têm revelado a limitação dos indicadores tradicionais – em especial as bactérias do grupo Coliforme – como garantia da ausência de alguns patogênicos, como vírus e cistos de protozoários, mais resistentes que os próprios organismos indicadores (BRASIL, 2006).

Os protozoários do gênero *Cryptosporidium* e *Giardia* vêm em evidência nas últimas décadas, por causarem muitos surtos de doenças gastrointestinais, criptosporidiose e giardíase, associados ao consumo de água submetida ou não a tratamento adequado (MARTINS, 2012).

A Portaria de Consolidação nº 5 reforça a importância de avaliar o risco microbiológico associado à presença de *Cryptosporidium* e *Giardia* em reservatórios superficiais, determinando o monitoramento com o objetivo de atingir e manter o padrão de potabilidade da água (MARTINS, 2012).

Outro problema reside no fato de que o monitoramento rotineiro de protozoários em amostras de água é muito laborioso, de alto custo, além de persistirem dificuldades analíticas de detecção em amostras com baixas concentrações desses microrganismos (BASTOS et al., 2009; AGULLÓ-BARCELO et al., 2013). Diante disso, outros indicadores estão sendo pesquisados para avaliação da inativação dos protozoários por meio do tratamento de água. Segundo Brown e Cornwell (2007) o monitoramento de Esporos de Bactérias Aeróbias (EBA) podem ser utilizados para avaliar a eficácia do tratamento de água e como substitutos para patógenos mais estáveis, como os protozoários.

O monitoramento de esporos de bactérias aeróbias, em conjunto com o de turbidez, tem demonstrado relevância para a otimização das operações unitárias das Estações de tratamentos de água (ETA's), tornando-as mais eficientes. Os esporos aeróbicos não estão associados com contaminações fecais, contudo, podem ser utilizados para avaliar a eficácia do tratamento de água e como substitutos para patógenos mais estáveis, como os protozoários, cuja detecção apresenta alto custo e maior dificuldade (HEADD; BRADFORD, 2016; STELMA JR, 2018).

Os diversos processos realizados nas ETA's para abastecimento humano têm como finalidade adequar a água bruta aos padrões de potabilidade preconizados, eliminando os microrganismos e removendo as impurezas, tornando a água própria para seus devidos fins.

No tratamento convencional, o cloro gasoso é o desinfetante mais utilizado nas etapas de desinfecção, por apresentar baixo custo, fácil manuseio e efetividade na remoção de microrganismos patogênicos (BRITO; ARAÚJO; MARTÍNEZ-HUITLE,

2015). Apesar de sua eficiência, o cloro gasoso pode oferecer diversas situações de perigo, a exemplo de vazamento do gás cloro, intoxicação, queimaduras, entre outros, bem como falhas na sua operação, como congelamento dos cilindros devido as diferenças de pressão no momento de sua aplicação. Existe também a possibilidade de formação de substâncias cancerígenas denominadas subproduto da cloração, dentre elas destacam-se os trihalometanos (THM), que se originam das reações entre o cloro e as substâncias orgânicas, os ácidos húmicos e fúlvicos, presentes na água (MACÊDO et al. 2001). Além disso, muitos microrganismos patogênicos, como os protozoários (*Giardia e Cryptosporidium*) já adquiriram resistência ao cloro, bem como diversos enterovírus.

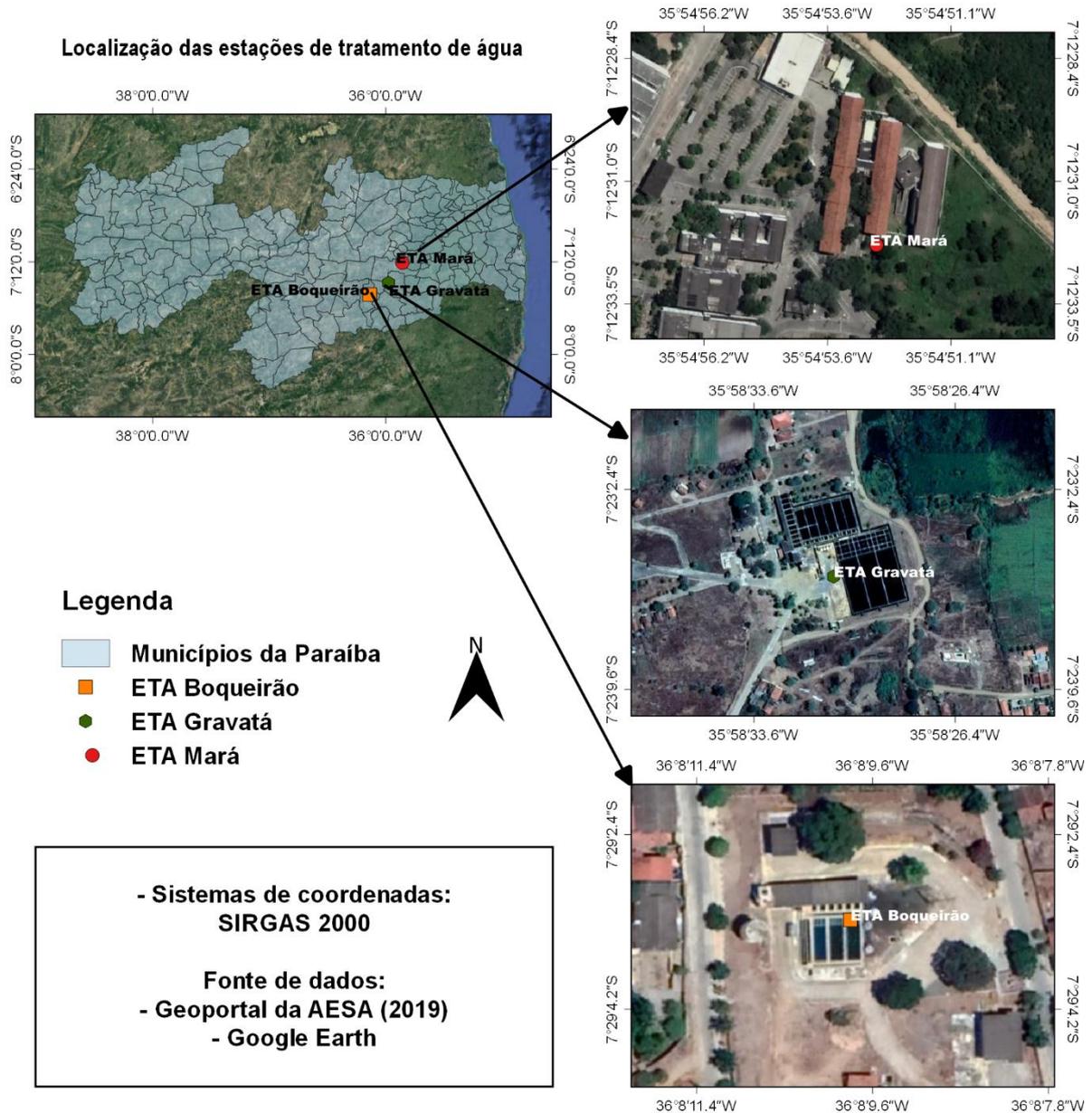
Dos mais diversos processos utilizados, a desinfecção eletroquímica está ganhando uma grande aceitação na indústria da água. A produção de hipoclorito de sódio *in loco* por meio da eletrólise é uma alternativa para a desinfecção de água que tem se mostrado bastante promissora. Sendo assim, a tecnologia distribuída pela Hidrogeron® do Brasil, se dá a partir de uma reação eletroquímica da solução de Cloreto de Sódio e resulta numa solução oxidante contendo cloro livre, hipoclorito de sódio, ácido hipocloroso, peróxido de hidrogênio e radicais livres de oxigênio, produtos com alto poder de desinfecção, podendo apresentar-se como uma nova tecnologia no tratamento de água, em substituição ao Cloro gasoso (HIDROGERON, 2018).

Diante da problemática apresentada, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência da solução oxidativa produzida pelo gerador Hidrogeron e o dicloroisocianurato de sódio, na remoção de bactérias termotolerantes e Esporos de Bactérias Aeróbias (EBA) na etapa de desinfecção em três Estações de Tratamento de Água para abastecimento humano.

2 METODOLOGIA

O trabalho consistiu, essencialmente, na análise de EBA e Coliformes termotolerantes nas águas coletadas após a etapa de filtração das ETA's Gravatá, Boqueirão e Mará (Figura 1), e posteriormente desinfetadas por dicloroisocianurato de sódio e solução oxidativa Hidrogeron. O detalhamento dos procedimentos de campo e de laboratório, bem como das ETA's em estudo, está descrito nos itens a seguir.

Figura 1 - Mapa de localização das estações de tratamento de água estudadas



2.1 Estações de tratamento de água

2.1.1 ETA Gravatá

A ETA fica entre os municípios de Queimadas e Boqueirão, Paraíba, distando cerca de 22 km do ponto de captação no reservatório. É dotada de tratamento convencional, e possui capacidade para tratar 1.500 L/s. Consta de uma calha Parshall, floculadores mecânicos, decantadores de fluxo horizontal, filtros de gravidade, tanque de contato de cloro e casa de química completa (Tabela 1) (MENEZES, 2011).

Tabela 1 – Características operacionais da ETA Gravatá

Etapa de tratamento	Características
Coagulação	Hidráulica, do tipo calha Parshall Coagulante inorgânico sulfato de alumínio e polímero
Floculação	Mecânico, com oito câmaras de floculação
Decantação	Convencional, do tipo horizontal, com seis unidades
Filtração	Onze câmaras leito camada dupla (areia + antracito), do tipo descendente
Desinfecção	Cloração em tanque de contato

2.1.2 ETA Boqueirão

A estação se localiza na zona urbana do município de Boqueirão, Paraíba, a jusante do açude Epitácio Pessoa. Apresenta tratamento convencional, e possui capacidade para tratar 100 L/s. Consta de um misturador hidráulico tipo calha Parshall, floculadores hidráulicos, decantadores de fluxo horizontal, filtros de gravidade, tanque de contato de cloro e casa de química completa. A Tabela 2 apresenta as características das unidades da ETA Boqueirão utilizadas neste estudo.

Tabela 2 – Características operacionais da ETA Boqueirão

Etapa de tratamento	Características
	Misturador hidráulico tipo calha Parshall
Coagulação	Coagulante inorgânico sulfato de alumínio líquido com dosagem de 30 mg/L
Floculação	Floculador Hidráulica de chicanas verticais, com gradientes de velocidades 134, 75, 53 s ⁻¹
Decantação	Três unidades convencionais, de fluxo horizontal com taxa de aplicação superficial 55 m ³ /m ² /h
Filtração	Seis unidades de fluxo descendente, leito filtrante (antracito e areia), com taxa de filtração de 200 m ³ /m ² /h
Desinfecção	Cloração em tanque de contato

2.1.3 ETA Mará

A Estação de Tratamento de Água Professor Doutor Edvaldo de Oliveira Alves (ETA Mará) detém um sistema de tratamento convencional, em escala piloto, localizada no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba, na cidade de Campina Grande - PB.

A Tabela 4 apresenta as concentrações de desinfetantes utilizadas para cada tempo de contato nos ensaios, totalizando nove experimentos para cada desinfetante.

Tabela 4 – Tempos de contato e concentrações de desinfetante utilizados nos ensaios para cada ETA

ETA	Tempo de contato (min)								
	10			20			30		
	Dosagem (mg/L)			Dosagem (mg/L)			Dosagem (mg/L)		
Gravatá	0,2	2,0	5,0	0,2	2,0	5,0	0,2	2,0	5,0
Boqueirão	0,2	2,0	5,0	0,2	2,0	5,0	0,2	2,0	5,0
Mará	0,2	2,0	5,0	0,2	2,0	5,0	0,2	2,0	5,0

O Cloro residual livre (CRL) e EBA foram determinados conforme as metodologias especificadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), através do método titulométrico DPD-SFA e método de membrana filtrante, respectivamente.

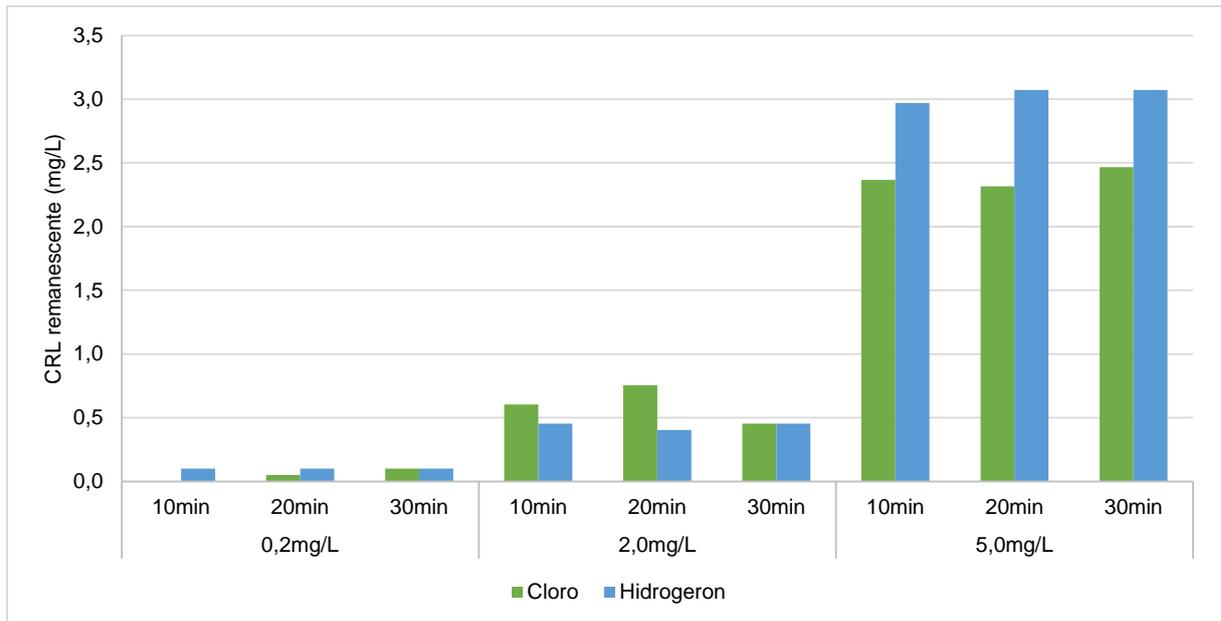
Para determinação dos Coliformes termotolerantes foi utilizado o método de filtração em membrana com o meio de cultura Ágar m-T/EC com incubação à temperatura de $35\pm 0,5$ °C/2h e posteriormente à $44,5\pm 0,2$ °C/22-24h.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ETA Gravatá

A Figura 2 apresenta os valores de CRL após a aplicação das dosagens dos desinfetantes nos intervalos de tempo de contato estabelecidos na água filtrada da ETA Gravatá.

Figura 2 – CRL após tempo de contato na água filtrada da ETA Gravatá

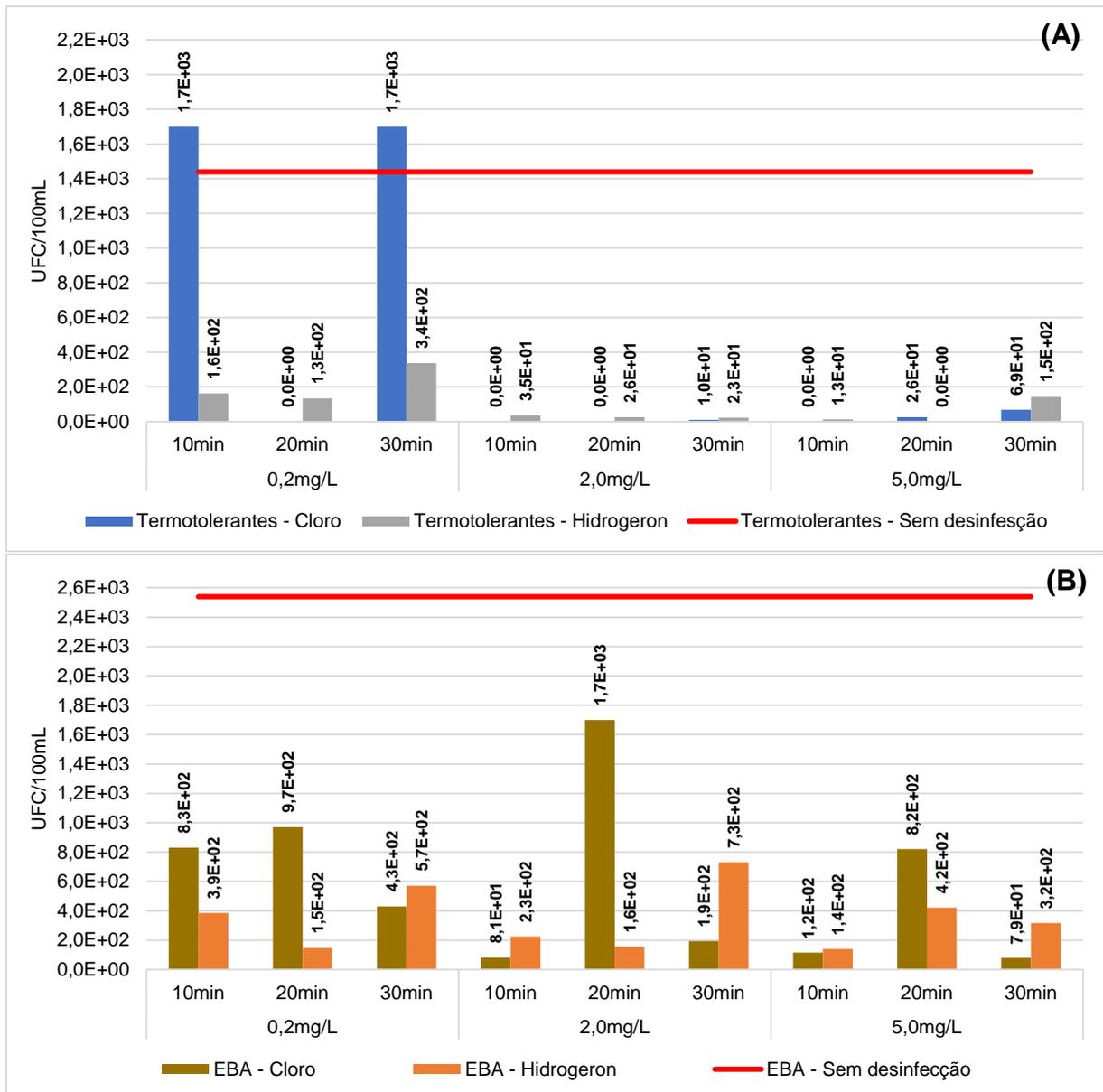


De acordo com a Figura 2, observou-se que a solução Hidrogeron deixa maior CRL na água na dosagem de 5,0 mg/L, em todos os tempos de contato utilizados quando comparado com o dicloroisocianurato de sódio.

O dicloroisocianurato de sódio, por sua vez, nas dosagens de 0,2 e 2,0 mg/L, garante igual ou maior presença de CRL nos demais tempos de contato estudados, exceto na dosagem de 0,2 mg/L com tempo de contato de 10 minutos, onde a água não apresentou nenhuma concentração de CRL.

A Figura 3 ilustra as concentrações de bactérias termotolerantes e EBA na água filtrada da ETA Gravatá antes e depois da desinfecção com desinfetantes em concentrações e tempos de contato diferentes.

Figura 3 – Concentrações das bactérias termotolerantes (A) e EBA (B) na água filtrada da ETA Gravatá antes e depois da desinfecção



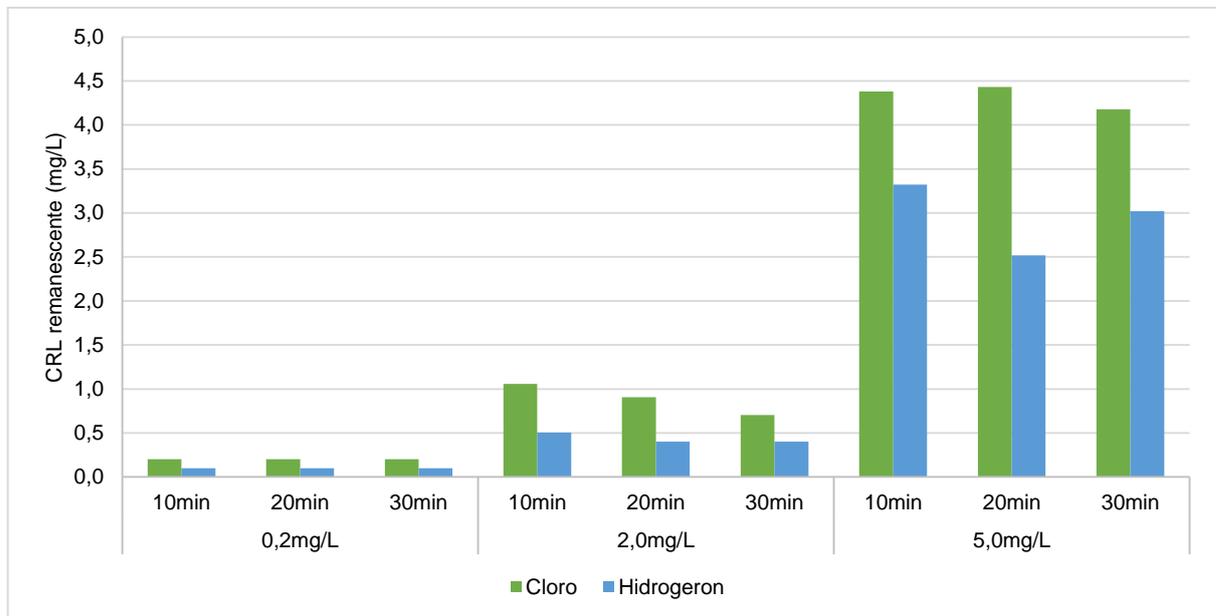
Na Figura 3A percebeu-se que na concentração de 0,2 mg/L, o dicloroisocianurato de sódio foi ineficiente na remoção de bactérias termotolerantes nos tempos de contato de 10 e 30 minutos, enquanto que a solução Hidrogeron apresentou eficiência expressiva com relação a mesma dosagem de dicloroisocianurato de sódio. No entanto, pode-se perceber que os valores de bactérias termotolerantes pós-desinfecção foram superiores aos valores de bactérias termotolerantes sem desinfecção. Nas demais dosagens, ambos desinfetantes apresentaram eficiência semelhante quanto à remoção dos microrganismos. Estes dados podem representar algum erro de operação na técnica utilizada.

Já na Figura 3B, quanto aos EBA, com relação ao dicloroisocianurato de sódio, este conseguiu, de forma geral, ser mais eficiente que a solução Hidrogeron, uma vez que conseguiu reduzir a concentração de EBA em até duas casas decimais (de 10^3 a 10^1). A remoção máxima alcançada pela solução Hidrogeron foi na ordem de apenas uma casa decimal (de 10^3 a 10^2).

3.2 ETA Boqueirão

A Figura 4 ilustra os valores de CRL após a aplicação das dosagens dos desinfetantes nos intervalos de tempo de contato estabelecidos na água filtrada da ETA Boqueirão.

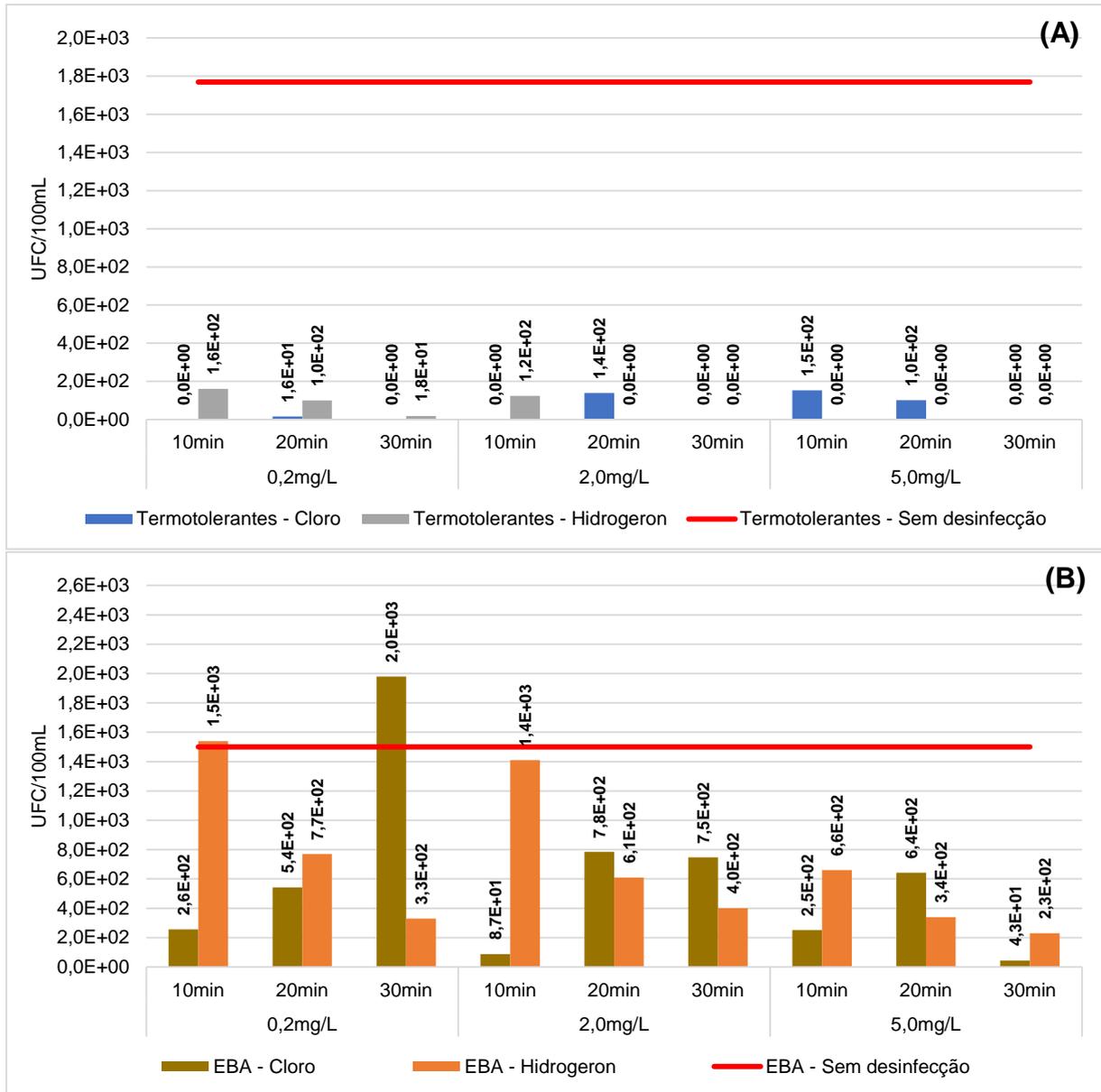
Figura 4 – CRL após tempo de contato na água filtrada da ETA Boqueirão



A Figura 4 apresenta o dicloroisocianurato de sódio como o desinfetante que mais deixou CRL na água em todas as dosagens e tempos de contato utilizados, este comportamento pode estar associado à influência da variação do pH da água, visto que a faixa ótima para eficiência do ácido hipocloroso é em torno de 6,0.

A Figura 5 ilustra as concentrações de bactérias termotolerantes e aos EBA na água filtrada da ETA Boqueirão antes e depois da desinfecção com desinfetantes em concentrações e tempos de contato diferentes.

Figura 5 – Concentrações das bactérias termotolerantes (A) e EBA (B) na água filtrada da ETA Boqueirão antes e depois da desinfecção

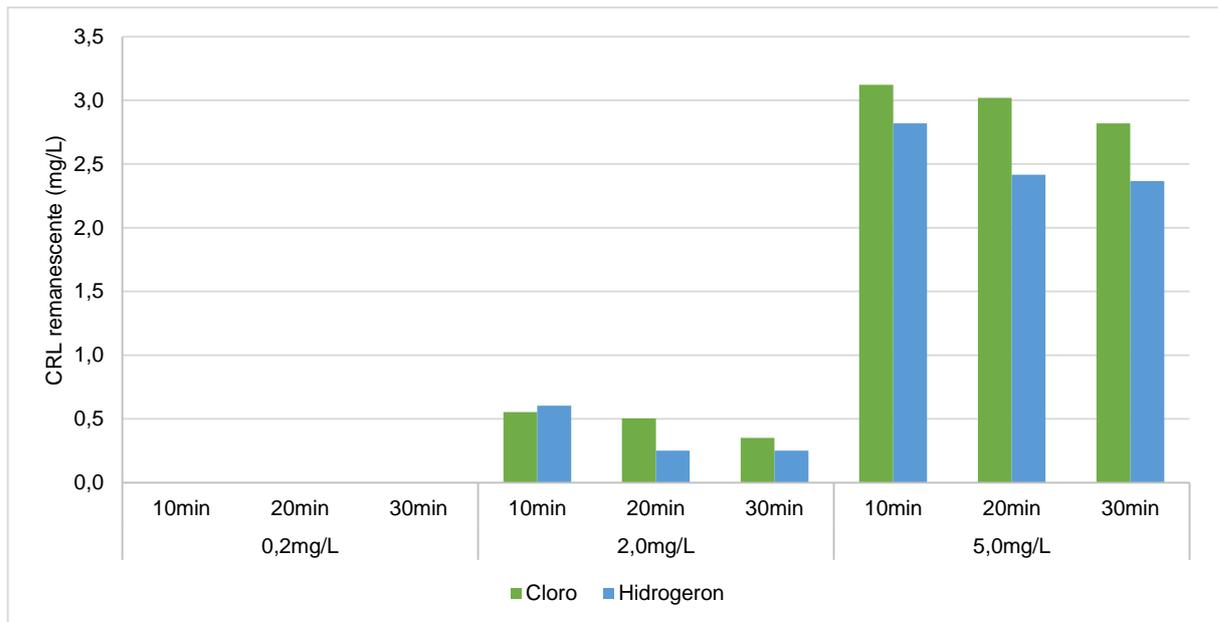


A Figura 5A demonstra que ambos desinfetantes apresentaram eficiência satisfatória na remoção das bactérias termotolerantes, não havendo sobreposição a nenhuma das substâncias utilizadas na desinfecção, com destaque ao tempo de contato de 30 minutos, que alcançou valores de remoção acima de 98%. Já na Figura 5B, não houve um padrão nos resultados apresentados. Porém, no tempo de contato de 10 minutos, o dicloroisocianurato de sódio obteve eficiência superior à solução Hidrogeron nas concentrações utilizadas. Os dados que se apresentaram acima dos valores sem desinfecção, podem estar associados a algum erro de operação nas análises laboratoriais.

3.3 ETA Mará

A Figura 6 apresenta os valores de CRL após a aplicação das dosagens dos desinfetantes nos intervalos de tempo de contato estabelecidos na água filtrada da ETA Mará.

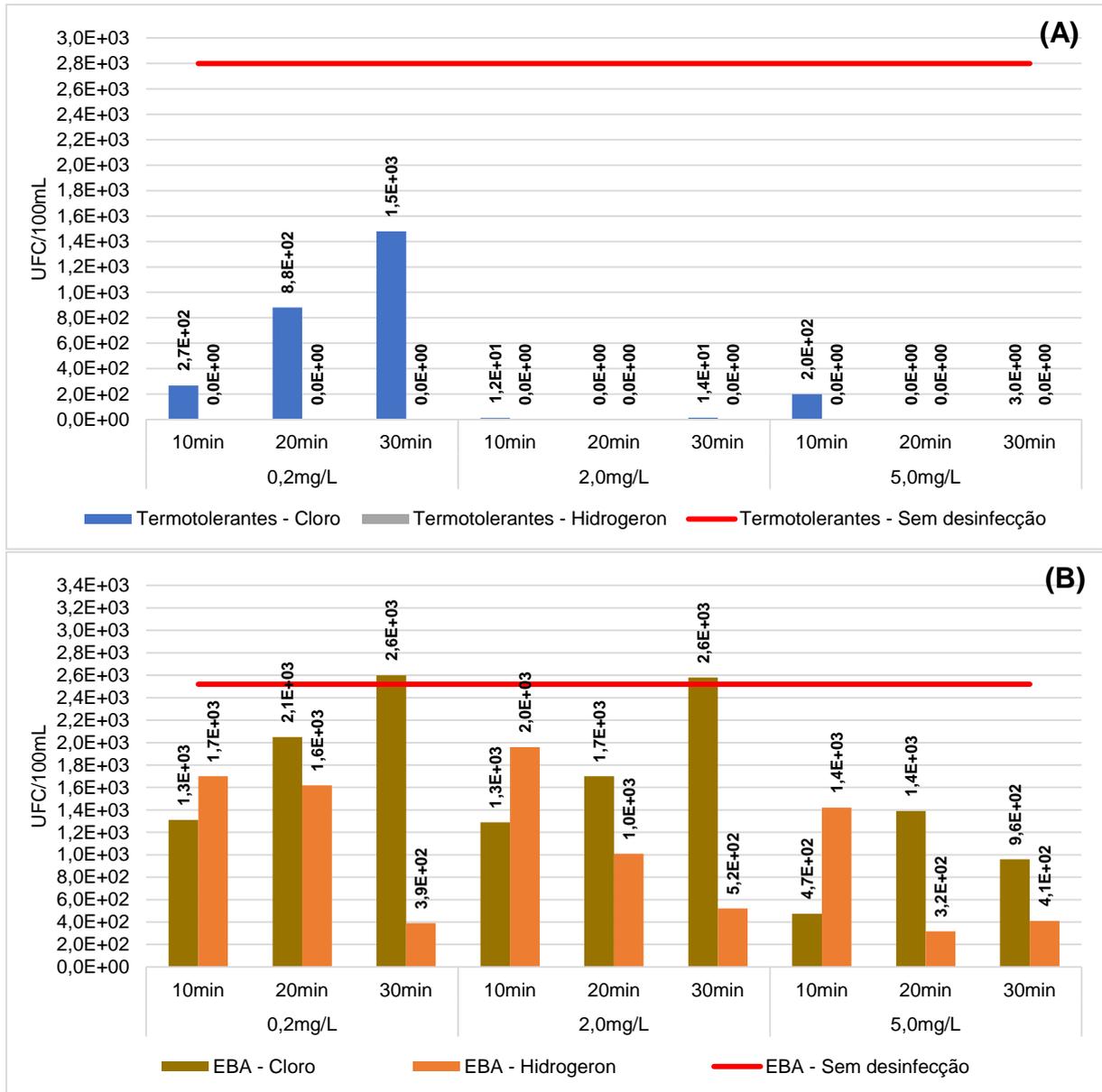
Figura 6 – CRL após tempo de contato na água filtrada da ETA Mará



Na Figura 6, é possível observar que, na dosagem de 0,2 mg/L, em todos os tempos de contato não foi possível verificar concentração de CRL, podendo indicar uma maior presença de matéria orgânica e/ou microrganismos na água em análise. Já na dosagem de 5,0 mg/L, o dicloroisocianurato de sódio obteve maior valor de CRL em comparação com a solução Hidrogeron, para todos os tempos de contato estudados.

A Figura 7 ilustra as concentrações de bactérias termotolerantes e EBA na água filtrada da ETA Mará antes e depois da desinfecção com oxidantes em concentrações e tempos de contato diferentes.

Figura 7 – Concentrações das bactérias termotolerantes (A) e EBA (B) na água filtrada da ETA Mará antes e depois da desinfecção



A Figura 7A ilustra a eficiência da solução Hidrogeron na remoção de 100% das bactérias termotolerantes em todos os cenários estudados, se destacando na dosagem de 0,2 mg/L, onde é notória a diferença entre ambos. Por sua vez, a Figura 7B ilustra uma melhor eficiência do dicloroisocianurato de sódio apenas no tempo de contato de 10 minutos, e nos tempos de contato de 20 e 30 minutos, a solução Hidrogeron se sobressai na remoção dos EBA.

Com relação à remoção microbiológica nas ETA's, pode-se perceber que a eficiência de remoção das bactérias termotolerantes foi superior comparada ao dos EBA. Segundo Oliveira et. al (2018), os esporos de bactérias são células

metabolicamente dormentes, altamente resistentes a estresse químico e físico, com enorme capacidade de sobrevivência, dessa forma sendo mais resistentes ao poder oxidativo dos desinfetantes.

O fato da solução Hidrogeron ter obtido os melhores resultados nos tempos de contato superiores a 10 minutos, pode ter influência do material orgânico e inorgânico presente na água, na qual a solução Hidrogeron por conter outras substâncias oxidativas além do hipoclorito de sódio, pode conseguir com maior eficiência em seus primeiros minutos de contato, oxidar rapidamente as partículas de mais fácil desinfecção, justificando sua remoção inferior ao do dicloroisocianurato de sódio em relação aos EBA (apresentam maior dificuldade de remoção) e a menor concentração de CRL no final. Por outro lado, o dicloroisocianurato de sódio por não possuir um poder oxidativo comparado ao da solução Hidrogeron, de início, não oxida todo material presente na água, resultando em uma concentração maior de CRL para desinfecção dos microrganismos.

A diferença de CRL observadas nas Figuras 2, 4 e 6 pode ter ocorrido também pela maior afinidade da solução Hidrogeron com os sólidos dissolvidos (matéria orgânica) presentes na água comparado ao dicloroisocianurato de sódio, a ETA Gravatá possui um tratamento mais avançado que a ETA Boqueirão e Mará, podendo ter uma menor quantidade de sólidos dissolvidos na água filtrada do que estas, o que fez com que a solução Hidrogeron mantivesse maiores quantidades de cloro residual livre na água pós-desinfecção.

Esta mesma situação explica os resultados no tempo de contato para 30 minutos na ETA Mará, onde a solução Hidrogeron já oxidou boa parte do material presente, resultando em uma quantidade de CRL inferior ao do dicloroisocianurato de sódio para oxidação dos EBA.

4 CONCLUSÃO

Diante deste estudo, foi possível chegar as conclusões seguintes:

- A solução Hidrogeron obteve uma eficiência satisfatória na maioria dos casos para remoção das bactérias termotolerantes.
- A solução hidrogeron para maior efetividade de desinfecção do EBA necessita de tempo de contato superior a 10 min, para as águas estudadas.

- O dicloroisocianurato de sódio apresentou um residual de cloro livre maior que a solução hidrogeron.
- O comportamento da solução Hidrogeron varia de acordo com a qualidade da água e recomendando-se o estudo dos fatores que podem influenciar nisso.

5 REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 th ed. Washington, D.C. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasília-DF, Ministério da Saúde, 2006.

BASTOS, R.K.X.; BRANDÃO, C.C.S.; CERQUEIRA, D.A. Tratamento de água e remoção de protozoários. In: PÁDUA, V. L. (coord.). Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, p.109 - 150, 2009.

BRITO, C. N.; ARAÚJO, E. G.; MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. Aplicação de Métodos Oxidativos Avançados para a Desinfecção de Água. **Revista Virtual Química**, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 1617–1634, 2015.

BROWN, R.A.; CORNWELL, D.A. Using spore removal to monitor plant performance for Cryptosporidium removal. **Journal of the American Water Works Association**, v. 99, n. 3, p. 95 - 109, 2007.

HEADD, B.; BRADFORD, S. A. Use of aerobic spores as a surrogate for cryptosporidium oocysts in drinking water supplies. **Water Research**, [s. l.], v. 90, p. 185–202, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.12.024>>

HIDROGERON. **Grupo Hidrogeron (Tecnologias para Sustentabilidade)**. 2018. Disponível em: <<http://hidrogeron.com/clientes/industria-e-saneamento/>>. Acesso em: 6 dez. 2018.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2^o ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2008.

MARTINS, F. de C. INVESTIGAÇÃO DA APLICABILIDADE DA TURBIDEZ E DE BACTÉRIAS ESPOROGÊNICAS AERÓBIAS NA AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE OOCISTOS DE *Cryptosporidium* spp. E CISTOS DE *Giardia* spp. EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UMA ABORDAGEM DE AVALIAÇÃO DE RISCO. 2012. Universidade Federal de Minas Gerais, [s. l.], 2012.

MACÊDO, J. A. B. et al. Cloraminas orgânicas uma solução para evitar a formação de trihalometanos no processo de desinfecção de águas para abastecimento público. **Rev Hig Alim**, v. 15, n. 90/91, p. 93-103, 2001.

MENESES, R. A. **Diagnóstico operacional de sistemas de abastecimento de água**: o caso de Campina Grande. 2011. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

PEDROSO, C. R.; SOUZA, J. B. De; KOVALSKI, T.; VIDAL, C. M. de S.; MARTINS, K. G. Inativação de microrganismos indicadores de contaminação fecal por radiação ultravioleta e avaliação dos fenômenos de fotorreativação e recuperação no escuro. **Eng Sanit Ambient**, [s. l.], v. 23, n. 5, p. 987–994, 2018.

SALVATIERRA, R. V.; OLIVEIRA, M. M.; ZARBIN, A. J. G. One-pot synthesis and processing of transparent, conducting, and freestanding carbon nanotubes/polyaniline composite films. **Chemistry of Materials**, [s. l.], v. 22, n. 18, p. 5222–5234, 2010.

SANTOS, V. da S.; CURI, W. F.; CURI, R. C.; VIEIRA, A. S. Um Modelo de Otimização Multiobjetivo para Análise de Sistema de Recursos Hídricos I: Metodologia. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 49–60, 2011. Disponível em:
<https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/5aad2e53bcf7c5166ca926dee74344b1_8696b07d442726476d41ae26c27d9a1b.pdf>

STELMA JR, G. N. Use of bacterial spores in monitoring water quality and treatment. **Journal of Water and Health**, [s. l.], p. 1–10, 2018.

SILVA, W. R.; SILVA, M. R.; PIRES, T. B. O uso sustentável e a qualidade da água na produção animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 05, p. 3617-3636, 2014.

OLIVEIRA, Keila Castro; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; SILVA, Carolina Ventura da. Esporos de bactérias aeróbias são bons indicadores da eficiência do tratamento de água? Um estudo exploratório. **Eng. sanit. ambient**, v. 23, n. 6, p. 1103-1109, 2018.