



UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS
HALOGENADOS EM ÁGUA DE REUSO NÃO POTÁVEL COM O USO
DE DESINFETANTES CLORADOS**

Talita Rafaella da Silva Boldrin Dias

Ribeirão Preto - SP

2018

Talita Rafaella da Silva Boldrin Dias

**AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS
HALOGENADOS EM ÁGUA DE REUSO NÃO POTÁVEL COM O USO
DE DESINFETANTES CLORADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Angela Di Bernardo Dantas

Ribeirão Preto - SP

2018

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

D541a Dias, Talita Rafaella da Silva Boldrin, 1989-
Avaliação da formação de subprodutos orgânicos
halogenados em água de reuso não potável com o uso
de desinfetantes clorados / Talita Rafaella da Silva Boldrin
Dias. – Ribeirão Preto, 2018.
183 f.: il.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Angela Di Bernardo Dantas.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2018.

1. Reuso de águas residuárias. 2 Desinfetantes clorados.
3. Subprodutos da desinfecção. I. Título.

CDD 628

Talita Rafaella da Silva Boldrin Dias

**“AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS
HALOGENADOS EM ÁGUA DE REUSO NÃO POTÁVEL COM O USO DE
DESINFETANTES CLORADOS”**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo Programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

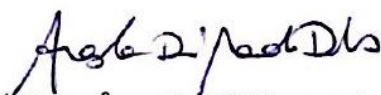
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Angela Di Bernardo Dantas

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

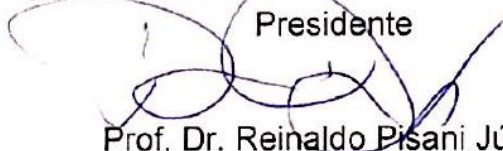
Data da defesa: 29 de Junho de 2018

Resultado: APROVADA

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Ângela Di Bernardo Dantas
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP
Presidente



Prof. Dr. Reinaldo Pisani Júnior
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP



Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel
Escola de Engenharia de São Carlos – USP/EESC

Ribeirão Preto - SP
2018

*Porque d'Ele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas;
glória, pois, a Ele eternamente. Amém.
(Romanos 11:36)*

DEDICATÓRIA

Às pessoas mais importantes da minha vida: meus pais, Claudio Boldrin e Rosí da Silva Boldrin, pelo amor incondicional, incentivo nos momentos difíceis e comemoração em todas as conquistas e ao meu esposo Diego Gonçalves Dias, por sua parceria constante, sua paciência, seus conselhos e sua motivação de sempre seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter escolhido me vivificar e me fazer uma nova criatura através de seu Filho Jesus Cristo, e assim, me capacitar para todo novo empreendimento para glória exclusivamente d'Ele.

À minha querida família, meu pai Claudio Boldrin, minha mãe Rosí da Silva Boldrin e meu esposo Diego Gonçalves Dias por sempre estarem ao meu lado e principalmente, por me corrigirem quando estou errada.

À Prof.^a Dr.^a Cristina Filomena Pereira Rosa Paschoalato, pela excelente orientação, dedicação, parceria e confiança na relevância da pesquisa.

À Prof.^a Dr.^a Angela Di Bernardo Dantas, que assumiu a orientação na fase final e contribuiu com informações valiosas para a finalização do trabalho.

À Thais do Prado Silva, que foi de extrema importância para a concretização da parte experimental e não mediu esforços para me auxiliar em todas as etapas.

Aos estagiários do Laboratório de Recursos Hídricos da UNAERP, Júnia Barone Saraiva, Mateus Guimarães e Mariana Silva, que me deram todo o apoio na realização de análises laboratoriais.

Aos Professores Doutores Reinaldo Pisani Junior e Maristela Silva Martinez pelas importantes contribuições no exame de qualificação.

Aos Professores Doutores Reinaldo Pisani Junior e Luiz Antonio Daniel pelas valiosas contribuições na defesa.

A todos que direta ou indiretamente me auxiliaram, muito obrigada!

RESUMO

DIAS, T. R. S. B. Avaliação da formação de subprodutos orgânicos halogenados em água de reuso não potável com o uso de desinfetantes clorados.

Devido à diminuição da disponibilidade de água potável, torna-se evidente a necessidade do reuso, que além de reduzir a demanda sobre os mananciais, pode ser empregado em meios agrícolas, industriais, urbanos e ambientais. O objetivo desse trabalho foi avaliar a formação de subprodutos orgânicos halogenados (SOH) em efluente sanitário tratado por processo biológico de lodos ativados, com o uso de quatro desinfetantes clorados, sendo o hipoclorito de sódio comercial, o hipoclorito gerado *in loco* (HGIL), o dicloroisocianurato de sódio (DCIS) e o ácido tricloroisocianúrico (ATCI). Foram empregadas as metodologias de ensaios de demanda de cloro, ensaios de dosagem única de cloro em um mesmo tempo de contato e ensaios de potencial de formação de subprodutos orgânicos halogenados de 7 dias (PFSOH_{7d}), a fim de avaliar qual dos quatro desinfetantes atende plenamente à legislação vigente e ao mesmo tempo garante o fornecimento de água de reuso segura devido à menor concentração de SOH formados. De acordo com os resultados, verificou-se que o simples tratamento biológico do efluente e sua posterior desinfecção com cloro não são suficientes para garantir água de reuso com qualidade requerida na USEPA (2004), na NBR 13.969 (ABNT, 1997) e na Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017). Nos ensaios de demanda foi identificada uma possível combinação do cloro com o nitrogênio amoniacal quando utilizado o HGIL, que mesmo com menor formação de subprodutos, deixou uma lacuna quanto à eficiência de remoção de coliformes; os resultados do cálculo da absorvância ultravioleta específica (SUVA), obtidos a partir dos resultados da absorvância a 254 nm e do carbono orgânico dissolvido (COD) para a determinação da potencialidade de formação de subprodutos, quando utilizada uma matriz de carbono oriunda de efluente sanitário tratado, foram discrepantes dos resultados demonstrados na literatura, que enfatiza que quanto maior a SUVA, maior a formação de subprodutos quando a matriz de carbono provém de matéria orgânica natural (MON); desta forma, ficou evidente que apenas a quantificação da abs_{254nm} e do COD para a determinação do parâmetro SUVA para comprovar a potencialidade de formação de subprodutos pode não ser de inteira confiança quando trata-se de uma matriz de carbono diferente da MON. O ensaio de dosagem única de cloro serviu para ratificar a elevação da concentração de carbono orgânico total e dissolvido (COT e COD), bem como maior formação de SOH quando são utilizados os desinfetantes clorados orgânicos DCIS e ATCI. Já nos ensaios de PFSOH_{7d} foram identificadas altas concentrações de clorofórmio e cloro hidrato em 100% nas amostras analisadas, que explicita a necessidade de um tratamento preliminar como a coagulação química seguida de filtração direta para remoção dos precursores do efluente sanitário e consequente inibição da formação de subprodutos ou emprego de uma coluna de adsorção com carvão ativado granular (CAG) para remoção dos subprodutos formados.

Palavras-chave: Reuso de águas residuárias. Subprodutos da desinfecção. Desinfetantes clorados.

ABSTRACT

DIAS, T. R. S. B. Evaluation of the formation of halogenated organic by-products in non-potable reuse water with the use of chlorinated disinfectants.

Due to the decrease in the availability of drinking water, the need for reuse is evident, which, in addition to reducing demand on water sources, can be used in agriculture, industry, urban and environmental means. The objective of this work was to evaluate the formation of halogenated organic by-products (HOBP) in sanitary effluent treated by biological process of activated sludge, with the use of four chlorinated disinfectants, with commercial sodium hypochlorite, hypochlorite generated locally (HGL), sodium dichloroisocyanurate (SDCI) and trichloroisocyanuric acid (TCIA). Chlorine demand testing, single chlorine dosing assays done at the same contact time and potential formation of halogenated organic byproducts of 7 days tests (PFHOBP_{7d}) were the methodologies used to evaluate which of the four disinfectants fully meets to the current legislation and at the same time guarantees the supply of safe reuse water due to the lower concentration of HOBP formed. According to the results, it was verified that the simple biological treatment of the effluent and its subsequent disinfection with chlorine are not sufficient to guarantee water of reuse with quality required in USEPA (2004), NBR 13.969 (ABNT, 1997) and Joint Resolution SES/SMA/SSRH n° 01 (SÃO PAULO, 2017). In the demand tests a possible combination of chlorine and ammoniacal nitrogen was identified when HGL was used, that even with less formation of by-products, left a gap in the efficiency of coliform removal; the results of the calculation of the specific ultraviolet absorbance (SUVA), obtained from the results of the absorbance at 254 nm and dissolved organic carbon (DOC) for the determination of the potential of by-products formation, when the carbon matrix derived from treated sanitary effluent, were discrepant of the results demonstrated in the literature, which emphasizes that the larger the SUVA, the greater the by-product formation when the carbon matrix comes from natural organic matter (NOM); in this way, it was evident that only the quantification of abs_{254nm} and DOC for the determination of the SUVA parameter to prove the potential of by-product formation may not be completely reliable when it is a carbon matrix other than MON. The single chlorine dosage test served to ratify the elevation of the total and dissolved organic carbon concentration (TOC and DOC), as well as the higher formation of HOBP when the organic chlorine disinfectants SDCI and TCIA are used. In the PFHOBP_{7d} assays, high concentrations of chloroform and chlorine hydrate were identified in 100% of the analyzed samples, explaining the need for a preliminary treatment such as chemical coagulation followed by direct filtration for the removal of sanitary effluent precursors and consequent inhibition of by-product formation or use of a granular activated charcoal (GAC) adsorption column to remove by-products formed.

Key words: Wastewater reuse. Disinfection by-products. Chlorinated disinfectants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Propriedades germicidas dos compostos clorados: ácido hipocloroso, íon hipoclorito e monocloramina.....	19
Figura 2 - A origem da matéria orgânica dissolvida em esgoto sanitário urbano que passou por tratamento biológico em ETE	28
Figura 3 - Processo de produção do hipoclorito de sódio 0,65% e peróxido de hidrogênio 0,45% no equipamento da Hidrogeron®.....	33
Figura 4 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa utilizando o efluente tratado da ETE destinado para reuso direto não potável.....	39
Figura 5 – Local de coleta do efluente tratado na saída do sedimentador secundário da ETE	40
Figura 6 – Representação esquemática do local de coleta das amostras da água de estudo e da etapa de desinfecção do efluente tratado para obtenção de água de reuso direto não potável.....	41
Figura 7 – Recipiente de armazenamento da amostra do efluente tratado coletado para análises	41
Figura 8 - Solução comercial de hipoclorito de sódio com teor de cloro ativo entre 2 a 2,5% informado pelo fabricante.....	45
Figura 9 - Equipamento para geração de hipoclorito <i>in loco</i> a partir de NaCl e água deionizada.....	45
Figura 10 - Dicloroisocianurato de sódio com 45% de teor de cloro ativo informado pelo fabricante.....	45
Figura 11 - Ácido tricloroisocianúrico com 90% de teor de cloro ativo informado pelo fabricante. Imagem da esquerda produto em forma de pastilha e da direita produto macerado para utilização na forma de pó	45
Figura 12 - Cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons para análise e quantificação dos SOH.....	47
Figura 13 - Preparo dos quinze frascos para o ensaio de demanda	51
Figura 14 - Determinação do cloro residual livre de cada frasco por DPD após tempo de contato de 30 minutos	52
Figura 15 - Amostra pronta para ser analisada em cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons, evidenciando a separação de fases orgânica e aquosa	56
Figura 16 - Resultados de monitoramento do parâmetro absorvância 254 nm em função do período de amostragem.....	62
Figura 17 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro absorvância 254 nm em função do período de amostragem	62

Figura 18 - Resultados de monitoramento do parâmetro carbono orgânico dissolvido em função do período de amostragem.....	63
Figura 19 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro carbono orgânico dissolvido em função do período de amostragem	63
Figura 20 - Resultados de monitoramento do parâmetro carbono orgânico total em função do período de amostragem.....	63
Figura 21 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro carbono orgânico total em função do período de amostragem	63
Figura 22 - Resultados de monitoramento do parâmetro coliformes termotolerantes em função do período de amostragem.....	64
Figura 23 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro coliformes termotolerantes em função do período de amostragem	64
Figura 24 - Resultados de monitoramento do parâmetro coliformes totais em função do período de amostragem	65
Figura 25 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro coliformes totais em função do período de amostragem	65
Figura 26 - Resultados de monitoramento do parâmetro DBO em função do período de amostragem	66
Figura 27 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro DBO em função do período de amostragem	66
Figura 28 - Resultados de monitoramento do parâmetro nitrogênio amoniacal em função do período de amostragem.....	67
Figura 29 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro nitrogênio amoniacal em função do período de amostragem	67
Figura 30 - Resultados de monitoramento do parâmetro pH em função do período de amostragem	69
Figura 31 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro pH em função do período de amostragem	69
Figura 32 - Resultados de monitoramento do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais em função do período de amostragem.....	69
Figura 33 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais em função do período de amostragem	69
Figura 34 - Resultados de monitoramento do parâmetro Sólidos Suspensos Totais em função do período de amostragem.....	70
Figura 35 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro Sólidos Suspensos Totais em função do período de amostragem	70
Figura 36 - Resultados de monitoramento do parâmetro SUVA em função do período de amostragem	71

Figura 37 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro SUVA em função do período de amostragem	71
Figura 38 - Resultados de monitoramento do parâmetro turbidez em função do período de amostragem	72
Figura 39 - <i>Box-whisker</i> do parâmetro turbidez em função do período de amostragem	72
Figura 40 - Cromatograma de uma mistura de padrões e padrão interno.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de saneamento e respectivas pontuações para o município de Ribeirão Preto	7
Tabela 2 - Categoria, tipos de tratamento sugeridos e qualidade da água de reuso segundo a USEPA	9
Tabela 3 - Classificação, qualidade e utilização de água de reuso de acordo com a NBR 13.969.....	10
Tabela 4 – Padrões de qualidade de água de reuso definidos na Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017)	11
Tabela 5 - Dosagens usuais de cloro para a desinfecção de efluentes de sistemas de tratamento de águas residuárias	16
Tabela 6 - Distribuição de quantidade de HOCl e OCl ⁻ disponível em função do pH	18
Tabela 7 - pH de formação das cloraminas e relação Cl ₂ /NH ₃ -N em pH 7 e temperatura de 25°C	20
Tabela 8 – Principais subprodutos orgânicos halogenados identificados em água clorada que continha matéria orgânica, nomes comuns, fórmulas químicas e classificação carcinogênica	23
Tabela 9 - Avaliação de estabilidade após a desinfecção de uma amostra feita com três derivados clorados de origem inorgânica (cloro gasoso, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio) e um de origem orgânica (dicloroisocianurato de sódio)	35
Tabela 10 - Teor de cloro ativo, fórmula química, solubilidade em água e pH da solução aquosa dos compostos clorados inorgânicos e orgânicos utilizados estudados nessa pesquisa	36
Tabela 11 – Parâmetros analisados na caracterização do efluente estudado, unidades, metodologias, equipamentos, limite de quantificação do método (LQM) e Valor Máximo Permissível (VMP) de lançamento em mananciais.....	42
Tabela 12 - Curva de calibração para os 12 subprodutos orgânicos halogenados avaliados: trihalometanos, haloaldeído, halopirina, haloacetoneitrilas e haloacetonas em µg/L	49
Tabela 13 - Nomenclatura das águas de estudo utilizadas para a realização dos ensaios de demanda de cloro, dosagem única e potencial de formação de SOH de 7 dias.....	50
Tabela 14 – Parâmetros analisados após o ensaio de demanda e escolha do frasco com cloro residual livre igual ou maior 1,0 mg/L após 30 minutos de contato, unidades, metodologias, equipamentos, limite de quantificação dos métodos (LQM) e Valor Máximo Permissível (VMP) de lançamento e mananciais.....	52

Tabela 15 – Parâmetros analisados após o ensaio de dosagem única, unidades, metodologias, equipamentos, limite de quantificação dos métodos (LQM) e Valor Máximo Permissível (VMP) de lançamento e mananciais.....	54
Tabela 16 - Resultados expressos em valores médios (triplicata, n=3) de acordo com o número de análises, desvio padrão, mediana, mínimo, máximo, primeiro quartil e terceiro quartil do monitoramento do efluente sanitário da ETE e os valores de referência para lançamento e reuso.....	61
Tabela 17 - Resultados expressos em valores médios do teor de cloro ativo obtido de acordo com o número de análises, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo para os quatro desinfetantes analisados.....	73
Tabela 18 - Resultados do tempo de retenção, coeficiente de linearidade, limite de detecção do método dos doze subprodutos orgânicos halogenados analisados.....	74
Tabela 19 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 1.....	75
Tabela 20 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de demanda de cloro (30 minutos) para os quatro desinfetantes para a ÁGUA 1....	77
Tabela 21 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 2.....	82
Tabela 22 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de demanda de cloro (30 minutos) para os quatro desinfetantes para a ÁGUA 2....	83
Tabela 23 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 4.....	86
Tabela 24 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de demanda de cloro (30 minutos) para os quatro desinfetantes para a ÁGUA 4....	87
Tabela 25 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 3.....	92
Tabela 26 - Resultados médios (triplicata, n=3) da caracterização do efluente sanitário após o ensaio de dosagem única de 50 mg/L de CRL da solução-padrão para os quatro desinfetantes analisados em um tempo de contato de 24 horas para a ÁGUA 3.....	93
Tabela 27 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 1.....	97
Tabela 28 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de Potencial de Formação de SOH de 7 dias para os quatro desinfetantes clorados analisados para a ÁGUA 1.....	98

Tabela 29 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 4 101

Tabela 30 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de Potencial de Formação de SOH de 7 dias para os quatro desinfetantes clorados analisados para a ÁGUA 4 102

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

Abs UV _{254nm}	Absorbância Ultravioleta em comprimento de onda de 254 nm
ABCA	Ácido Bromocloroacético
ABDCA	Ácido Bromodichloroacético
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACDBA	Ácido Clorodibromoacético
ADBA	Ácido Dibromoacético
ADCA	Ácido Dichloroacético
AHA	Ácido Haloacético
AMBA	Ácido Monobromoacético
AMCA	Ácido Monochloroacético
ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	American Public Health Association
ATBA	Ácido Tribromoacético
ATCA	Ácido Trichloroacético
ATCI	Ácido Trichloroisocianúrico
BCAN	Bromocloroacetoneitrila
BRA	Bactérias Resistentes à Antibióticos
CAG	Carvão Ativado Granular
CAP	Carvão Ativado em Pó
CBH-PARDO	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo
CE	Condutividade Elétrica
CG	Cromatógrafo a Gás
CG-ECD	Cromatógrafo a Gás com Detector de Captura de Elétrons
CH	Cloro Hidrato
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COD	Carbono Orgânico Dissolvido
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONP	Carbono Orgânico Não Purgável
COT	Carbono Orgânico Total

CRL	Cloro Residual Livre
DAERP	Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto
DBAN	Dibromoacetoneitrila
DBO _{5,20}	Demanda Bioquímica de Oxigênio de 5 dias a 20°C
DCAN	Dicloroacetoneitrila
DCIS	Dicloroisocianurato de Sódio
DDT	Dicloro-difenil-tricloroetano
DEQ	Desruptores Endócrinos Químicos
DP	Desvio Padrão
DPD	n,n-dietil-p, fenilenodiamina
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
EPA	Environmental Protection Agency
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
EUA	Estados Unidos da América
GRA	Genes Resistentes a Antibióticos
HAD	Haloaldeídos
HAN	Haloacetoneitrilas
HC	Haleto cianogênicos
HF	Halofenóis
HGIL	Hipoclorito gerado <i>in loco</i>
HK	Haloacetonas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LDM	Limite de Detecção do Método
LQM	Limite de Quantificação do Método
MOD	Matéria Orgânica Dissolvida
MON	Matéria Orgânica Natural
MOP	Matéria Orgânica Particulada
MS	Ministério da Saúde
MTBE	Metil-tercio-butil-éter
MX	Mutágeno X [3-cloro-4-(diclorometil)-5-hidroxi-2(5H)-furanona]
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora

NE	Não estabelecido
NMP	Número Mais Provável
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
PF	Potencial de Formação
PFHP	Produtos Farmacêuticos e de Higiene Pessoal
PFSOH	Potencial de Formação de Suprodutos Orgânicos Halogenados
PFTHM	Potencial de Formação de Trialometanos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PI	Padrão Interno
PMS	Produtos Microbiológicos Solúveis
Q1	Primeiro Quartil
Q2	Segundo Quartil ou Mediana
Q3	Terceiro Quartil
RAS	Razão de Adsorção de Sódio
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SES	Secretaria de Estado da Saúde
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SOH	Subproduto Orgânico Halogenado
SP	São Paulo
SPD	Subprodutos da Desinfecção
SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos
SST	Sólidos Suspensos Totais
ST	Sólidos Totais
SUVA	Specific Ultraviolet Absorption
TBAN	Tribromoacetoneitrila
Tc	Temperatura Crítica
TCAN	Tricloroacetoneitrila
THM	Trialometano
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
UNAERP	Universidade de Ribeirão Preto
USEPA	United States Environment Protection Agency

UV	Ultravioleta
VMP	Valor Máximo Permitido
WHO	World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS

dS/m	DeciSiemens por metro
psi	Libra-força por polegada quadrada
®	Marca registrada
meq/L	Massa de equivalente grama por litro
µg/L	Micrograma por litro
µL	Microlitro
µm	Micrometro
org.hab ⁻¹ .d ⁻¹	Organismos por habitante por dia
ovo/L	Ovo por litro
%p/p	Porcentagem em peso por peso
%p/v	Porcentagem em peso por volume
T _f	Tempo final
T ₀	Tempo inicial
uT	Unidade de turbidez
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO GERAL	3
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3	REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1	DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL.....	4
3.1.1	Município de estudo.....	5
3.2	ÁGUA DE REUSO.....	7
3.2.1	Legislação sobre reuso nos Estados Unidos e no Brasil.....	8
3.3	TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO.....	12
3.3.1	Desinfecção de esgoto sanitário.....	14
3.3.2	Condições que afetam a cloração.....	17
3.3.2.1	Influência do tipo de desinfetante a ser usado.....	17
3.3.2.2	Influência da aplicação do desinfetante.....	20
3.4	FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA DESINFECÇÃO.....	21
3.4.1	Principais subprodutos da desinfecção e seu potencial risco à saúde.....	23
3.4.1.1	Cloro hidrato.....	26
3.5	FATORES QUE INFLUENCIAM A FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS.....	27
3.5.1	Precursores.....	27
3.5.2	Dosagem de cloro.....	29
3.5.3	pH.....	29
3.5.4	Temperatura.....	30
3.5.5	Brometos.....	31
3.6	DESINFETANTES CLORADOS.....	32
3.7	POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS.....	36
4	MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1	COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA ETE.....	40
4.2	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO ATIVO POR IODOMETRIA.....	44
4.3	DETERMINAÇÃO DE ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS SUPRODUTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS.....	46

4.3.1	Curva de calibração.....	48
4.4	NOMENCLATURA DAS ÁGUAS DE ESTUDO.....	49
4.4.1	Ensaio de demanda de cloro.....	50
4.4.2	Ensaio de dosagem única de cloro.....	53
4.4.3	Ensaio de potencial de formação de SOH de 7 dias.....	55
4.5	ESTATÍSTICA UTILIZADA.....	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1	RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO	60
5.2	RESULTADOS DO TEOR DE CLORO ATIVO POR IODOMETRIA NOS DESINFETANTES CLORADOS.....	72
5.3	RESULTADOS DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DO CROMATÓGRAFO A GÁS COM DETECTOR DE CAPTURA DE ELÉTRONS.....	74
5.4	RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE SANITÁRIO APÓS OS ENSAIOS DE DEMANDA DE CLORO.....	75
5.5	RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE SANITÁRIO APÓS OS ENSAIOS DE DOSAGEM ÚNICA DE 50 mg/L DE CLORO.....	91
5.6	RESULTADOS DO POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS DE 7 DIAS DO EFLUENTE TRATADO.....	96
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	107
	REFERÊNCIAS.....	111
	ANEXO A.....	120
	A1 – Fichas completas de informação dos produtos químicos hipoclorito de sódio, DCIS e ATCI fornecidas pela CETESB.....	121
	APÊNDICE A.....	130
	A1 – Caracterizações físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do decantador secundário da ETE.....	131
	A2a – Resultados da determinação do teor de cloro ativo por iodometria nas soluções de hipoclorito de sódio comercial.....	137
	A2b – Resultados da determinação do teor de cloro ativo por iodometria nas soluções de HGIL.....	140
	A2c – Resultados da determinação do teor de cloro ativo por iodometria nas soluções de dicloroisocianurato de sódio.....	143
	A2d – Resultados da determinação do teor de cloro ativo por iodometria nas soluções de ácido tricloroisocianúrico.....	147
	APÊNDICE B.....	151

B1a – Resultados da dosagem de cloro e concentração de cloro residual livre em ensaios de demanda após 30 minutos e 7 dias nas soluções dos quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 1, com destaque para o(s) frasco(s) selecionado(s)	152
B1b – Resultados da dosagem de cloro e concentração de cloro residual livre em ensaios de demanda após 30 minutos e 7 dias nas soluções dos quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 2, com destaque para o(s) frasco(s) selecionado(s)	155
B1c – Resultados da dosagem de cloro e concentração de cloro residual livre em ensaios de demanda após 30 minutos e 7 dias nas soluções dos quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 4, com destaque para o(s) frasco(s) selecionado(s)	158
APÊNDICE C	160
C1 – Resultados (triplicata) da caracterização do efluente sanitário após o ensaio de dosagem única de 50 mg/L de cloro para os quatro desinfetantes analisados em um tempo de contato de 24 horas para a ÁGUA 3.....	161
APÊNDICE D	163
D1a – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de demanda de 30 minutos para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 1 coletada em 18/07/2017.....	164
D1b – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de demanda de 30 minutos para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 2 coletada em 21/08/2017.....	166
D1c – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de demanda de 30 minutos para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 4 coletada em 28/11/2017.....	168
D2 – Cromatogramas da quantificação de SOH após oensaio de dosagem única de cloro de 50 mg/L para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 3 coletada em 22/11/2017 e ensaio realizado em 23/11/2017.....	170
D3a – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de Potencial de Formação de SOH após 30 minutos e após 7 dias para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 1.....	176
D3b – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de Potencial de Formação de SOH após 30 minutos e após 7 dias para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 4.....	180

1 INTRODUÇÃO

Devido à crescente diminuição da disponibilidade hídrica adequada ao consumo e a fim de se evitar uma escassez futura, fazem-se necessários o estudo e a aplicação de tecnologias alternativas no tratamento de água e efluentes sanitários, com vista ao reuso, que é considerado parte do uso racional da água, bem como o controle de perdas e desperdícios e a minimização do uso de água e geração de efluentes.

Outrossim, o reuso reduz a demanda sobre os mananciais devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior, porém, dentro dos padrões sanitários adequados, e pode ser utilizada como um substituto em fins agrícolas, industriais, urbanos e ambientais.

Um importante desinfetante utilizado nas Estações de Tratamento de Água (ETA) com vista à inativação de microrganismos patogênicos na água filtrada é o cloro, que além de possuir função biocida é de uso obrigatório nas ETA, a fim de garantir um residual de cloro na rede de distribuição. Já em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) é comum o procedimento de realizar-se apenas a desinfecção com cloro em uma parcela do efluente tratado e denominar este efluente como água de reuso da ETE, ignorando a indesejável formação de subprodutos da desinfecção, principalmente os trihalometanos e ácidos haloacéticos, substâncias reconhecidamente cancerígenas, que se formam quando se submete água com presença de matéria orgânica em contato com cloro.

Atualmente, os produtos utilizados no processo de desinfecção são os derivados clorados inorgânicos, como cloro gasoso, hipoclorito gerado *in loco*, hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio, além dos derivados clorados orgânicos, representados no Brasil pelo dicloroisocianurato de sódio (DCIS) e ácido tricloroisocianúrico (ATIC).

A Resolução ANVISA nº 150 (1999), em seu Anexo II, autoriza a inclusão da substância ácido dicloroisocianúrico e seus sais de sódio e potássio como princípio ativo para uso em formulações de produtos destinados a desinfecção de água para consumo humano. Isso fez com que o uso desses produtos crescesse de maneira significativa e preocupante pois, dependendo-se do tipo e dosagem do desinfetante utilizado, dentre outros fatores como precursores, pH, temperatura e presença de brometos, a formação de subprodutos da desinfecção será maior ou menor. Ademais,

por se tratar de compostos organoclorados, a presença de carbono na molécula desses produtos favorece o incremento das concentrações de carbono orgânico total e dissolvido na água ou efluente tratado, além da formação de subprodutos ainda desconhecidos.

Essa razão motivou a realização deste trabalho, que se propôs realizar uma avaliação da formação de Subprodutos Orgânicos Halogenados (SOH), utilizando como matéria orgânica precursora o efluente sanitário do tratamento secundário de uma ETE do município de Ribeirão Preto-SP, a fim de se obter água que atenda à legislação vigente quanto ao reuso direto não potável, identificar qual o desinfetante é capaz de formar menor quantidade de SOH e fornecer à ETE uma nova oportunidade de negócio com a comercialização de água de reuso segura.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar a formação de Subprodutos Orgânicos Halogenados (SOH) em efluente sanitário do tratamento secundário, utilizando quatro desinfetantes clorados, sendo: derivados inorgânicos (hipoclorito de sódio comercial e hipoclorito gerado *in loco*) e derivados orgânicos (dicloroisocianurato de sódio e ácido tricloroisocianúrico).

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral pretendido, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- I. Caracterizar o efluente sanitário de uma ETE do município de Ribeirão Preto quanto a características físicas, químicas e bacteriológicas;
- II. Determinar o teor de cloro ativo nos quatro desinfetantes estudados para comparar com o valor fornecido pelo fabricante;
- III. Determinar a demanda de cloro para os quatro tipos de desinfetantes e a sua possível combinação com o nitrogênio amoniacal com vistas à obtenção de água com qualidade para reuso;
- IV. Realizar ensaios de dosagem única para os quatro desinfetantes analisados em um tempo de contato fixo a fim de comparar a formação de subprodutos orgânicos halogenados;
- V. Avaliar o Potencial de Formação de 12 subprodutos orgânicos halogenados (clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano, bromofórmio, cloro hidratado, cloropicrina, dicloroacetona, tricloroacetona, dibromoacetona, bromocloroacetona, 1,1-dicloropropanona e 1,1,1-tricloropropanona) no efluente tratado para os quatro tipos de cloro;
- VI. Estabelecer uma categoria de reuso seguro, de acordo com a legislação brasileira.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão da literatura está presente uma breve descrição do município selecionado para estudo nesse trabalho, a maneira como são realizados o tratamento e distribuição de água para consumo, bem como a coleta e tratamento de esgoto sanitário.

Em seguida é exposta a definição de água de reuso e a categorização de cada tipo, além de um comparativo da legislação vigente nos Estados Unidos e no Brasil.

Após, estão descritos os tipos de tratamentos do esgoto sanitário e as particularidades do tratamento quando se tem em vista o reuso do efluente tratado, as maneiras de realização da desinfecção a fim de atender as exigências legais e as ocorrências que afetam a eficiência deste processo.

Posteriormente, está explicado como ocorre a formação dos subprodutos da desinfecção e os fatores que interferem nessa formação.

Para finalizar, os produtos clorados selecionados para esse estudo, bem como suas peculiaridades, são apresentados e em seguida, é feita uma reflexão sobre a necessidade de avanços no estudo da identificação e quantificação de subprodutos formados durante o processo de desinfecção do efluente sanitário, quando este for destinado para reuso direto não potável.

3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL

De acordo com o Relatório de Conjuntura de Recursos Hídricos, elaborado pela Agência Nacional de Águas, os resultados das estimativas de demanda (1.592 m³/s) dos recursos hídricos no Brasil em 2000, em relação à vazão de consumo (841 m³/s), que representa 53% da vazão de retirada, 69% corresponderam à demanda de irrigação, seguida de 11% para dessedentação animal, 11% para o abastecimento urbano, 7% para o abastecimento industrial e 2% para o abastecimento rural (ANA, 2012).

Segundo dados do relatório anual do Ministério das Cidades para o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2014), o Brasil teve um volume água produzido no ano de 2014 de 15,9 bilhões de m³ de água, sendo que apenas 10,1 bilhões de m³ foi de água consumida, e os demais 4,2 bilhões de m³,

representando 36,7%, foi a média nacional de perdas de água entre a ETA até ao consumidor final. Essas perdas podem ocorrer de duas maneiras, sendo:

- Perdas aparentes, relacionadas ao volume de água que foi efetivamente consumido pelo usuário, mas que, não foi medido ou contabilizado, por falhas decorrentes de erros de medição (hidrômetros inoperantes, com submedição, erros de leitura, fraudes, equívocos na calibração dos hidrômetros), ligações clandestinas, *by pass* irregulares nos ramais das ligações, falhas no cadastro comercial, etc., que geram perda de faturamento ao prestador de serviços.
- Perdas reais, referem-se a toda água disponibilizada para distribuição que não chega aos consumidores devido a vazamentos em adutoras, redes, ramais, conexões, reservatórios e outras unidades operacionais do sistema, provocados especialmente pelo excesso de pressão, habitualmente em regiões com grande variação topográfica, à qualidade dos materiais utilizados, à idade das tubulações, à qualidade da mão-de-obra e à ausência de programas de monitoramento de perdas, dentre outros fatores.

3.1.1 Município de estudo

O município Ribeirão Preto que está localizado no nordeste do estado de São Paulo e a 310 km da capital, possui área territorial de 650,916 km² e população estimada de 674.405 habitantes em 2016 (IBGE, 2017).

O município faz parte do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (CBH-PARDO), e sua área nessa bacia é de 509,78 km², que corresponde a 5,67% do total. De acordo com o CBH-PARDO (2012), 100% do abastecimento da cidade são exclusivos do manancial subterrâneo devido à captação em 103 poços artesianos concedidos que produzem 14.050 m³ de água por hora e abastecem todos os habitantes de Ribeirão Preto, sem contar poços particulares legais e clandestinos.

No município de Ribeirão Preto, o sistema de abastecimento público é administrado pelo Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (DAERP), criado em 1969 e segundo dados do Projeto Aquífero Guarani (2009), Ribeirão Preto tem uma taxa de consumo de aproximadamente a 146 m³.hab⁻¹.ano⁻¹ ou 400 L.hab⁻¹.d⁻¹, que resulta em uma demanda anual de 88 milhões de m³, inclusos os usos em residências, comércio, indústrias e público. Todavia, devido às infiltrações, 62% desse total é perdido ao longo da rede de distribuição.

Quanto à coleta e tratamento de esgotos no município, iniciaram-se em 1995 com a criação da ETE Ribeirão Preto, que atende 85% da população, sendo os demais 15% atendidos pela ETE Caiçara, criada em 2000, e responsável pela coleta e tratamento de esgoto doméstico proveniente dos bairros localizados na bacia do córrego Palmeiras na zona leste.

O esgoto coletado é encaminhado até um tanque de equalização das ETE administrada por uma concessionária privada, a Ambient. Na ETE escolhida para estudo nessa pesquisa, o processo de tratamento do esgoto ocorre por lodos ativados com aeração prolongada, com dois módulos do tipo carrossel e capacidade máxima de tratamento de 25.000 m³/d, sendo que o volume diário atual de esgoto tratado é de 18.000 m³/d e pode chegar a 22.000 m³/d em períodos de chuvas e são atendidos 60.000 habitantes. A produção mensal de lodo é de 260 toneladas, a idade de lodo é 18 dias e o tempo de detenção hidráulica é de aproximadamente 24 horas (AMBIENT, 2011).

Em 2017 o ranking ABES da Universalização do Saneamento avaliou as condições do saneamento em relação à universalização de 231 cidades brasileiras com mais de 100 mil habitantes que registraram informações no Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) no ano base 2015.

Essa avaliação consistiu em uma composição de indicadores de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e coleta e destinação de resíduos sólidos, e de acordo a pontuação total alcançada nos cinco indicadores, os municípios foram agrupados em três categorias sendo: “rumo à universalização”, de 489% a 500%; “compromisso com a universalização”, de 450% a 489% e “primeiros passos para a universalização”, abaixo de 450%.

Nesse ranking, Ribeirão Preto ocupa a 30^a posição, com uma pontuação de 470,83%, sendo classificado como uma cidade com “compromisso com a universalização”. Na Tabela 1 estão apresentados os indicadores de saneamento e as respectivas pontuações para o município em questão.

Ademais, devido à intrínseca relação entre políticas de saneamento e condições de saúde, os resultados das pontuações foram correlacionados com às Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI). As doenças de transmissão feco-oral (cólera; febres tifoide e paratifoide e outras infecções por *Salmonella*; shigelose e outras doenças intestinais bacterianas; amebíase e outras

doenças intestinais por protozoários; infecções intestinais virais, outras e as não específicas; diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível; hepatite A) foram selecionadas para a correlação, pois foram as doenças de maior incidência no período de 2000 a 2013, segundo o IBGE e, sobre elas, calculou-se a taxa de internações média por 100 mil habitantes.

O resultado da taxa de internações relacionadas às DRSAI de origem feco-oral para o município de Ribeirão Preto foi de 19,81, que deixa explícito quanto maior a pontuação total dos indicadores de saneamento, menor a taxa de internações por DRSAI de origem feco-oral.

Tabela 1 - Indicadores de saneamento e respectivas pontuações para o município de Ribeirão Preto

Indicador	Descrição	Fonte	Pontuação
Abastecimento de água	Índice de atendimento da população total com rede de água	SNIS, IN055_AE	99,72%
Coleta de esgoto	Índice de atendimento da população total com rede de esgotos	SNIS, IN056_AE	97,72%
Tratamento de esgoto	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	SNIS, IN046_AE	73,39%
Coleta de resíduos domiciliares	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação à população total do município	SNIS, IN015_RS	100%
Destinação adequada de resíduos sólidos	Percentual de resíduos domiciliares e resíduos de limpeza urbana gerados pelo município com destinação adequada	SNIS, UP007; UP025; UP003	100%
Pontuação total			470,83%
Taxa de internações por DRSAI feco-orais			19,81

Fonte: Adaptado do Ranking ABES da Universalização do Saneamento, 2017

3.2 ÁGUA DE REUSO

Água de reuso é o aproveitamento de águas previamente utilizadas uma ou mais vezes em alguma atividade e que serve para prover as necessidades de outros usos em substituição à fonte de água normalmente explorada. Pode ser feita de forma direta ou indireta, planejada ou não planejada, pois contribui com a redução do volume de água captado no manancial e do efluente gerado pela indústria (MIERZWA e HESPANHOL, 2005; LAVRADOR FILHO, 2013).

A *Environmental Protection Agency* (EPA) publicou normas que categorizam o reuso, sendo: uso urbano, industrial, agrícola, ambiental e recreacional, recarga de aquíferos, aumento de suprimento de água potável por meio de reuso potável indireto e direto (USEPA, 2004). As possíveis variedades do reuso dependem de condições econômica, social e cultural, sendo que o uso do esgoto doméstico tratado constitui importante artifício nas políticas e estratégias de gestão de recursos hídricos (HESPANHOL et al., 2006).

No Brasil, a importância com relação ao abastecimento de água, conservação dos mananciais e tratamento de efluentes, assim como a criação de leis e normas sobre estes assuntos, iniciou-se com o Decreto nº 24.643 (1934), no qual foram definidos os tipos de água no território nacional, critérios de aproveitamento, requisitos para autorizações e abordagem de contaminação de corpos hídricos; em sequência pela Lei nº 6.938 (1981) que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e posteriormente pela Resolução CONAMA nº 357 (2005), que classifica os corpos hídricos e seus usos.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) distingue três tipos de água para reuso (WHO, 2006), sendo:

- I. Reuso indireto, quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso industrial ou doméstico, é lançada nas águas superficiais ou subterrâneas para posterior uso, mas de maneira diluída, podendo acontecer de maneira planejada a montante de um rio ou em recargas de aquíferos;
- II. Reuso direto, é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para irrigação, uso industrial, obtenção água potável, recarga de aquíferos;
- III. Reuso interno, é a reutilização de água nas instalações industriais, para economizar água no processo e minimizar a poluição.

Deve-se, portanto, considerar a água de reuso um elemento importante ao planejamento e ao gerenciamento dos recursos hídricos, tendo que fazer estudo detalhado sobre o processo de tratamento escolhido, objetivos a atingir, fator social, econômico e de saúde humana.

3.2.1 Legislação sobre reuso nos Estados Unidos e no Brasil

Nos Estados Unidos a USEPA, além de dividir o reuso em categorias,

recomenda os requisitos de qualidade da água para cada tipo de aplicação, assim como tratamento demandado, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Categoria, tipos de tratamento sugeridos e qualidade da água de reuso segundo a USEPA

Categoria	Tratamento	Qualidade da água de reuso
Reuso Urbano Irrestrito	Secundário, filtração e desinfecção	- DBO ₅ < 10 mg/L - Coli. fecais: ausência/100mL - Cl ₂ residual: 1 mg/L e pH: 6 a 9
Reuso Urbano Restrito	Secundário e desinfecção	- DBO ₅ ≤ 10 mg/L - SST ≤ 30 mg/L - Coli. fecais ≤ 200 NMP/100 mL - Cl ₂ residual mínimo: 1 mg/L e pH: 6 a 9
Reuso agrícola em culturas de alimentação processada comercialmente	Secundário, filtração e desinfecção	- DBO ₅ ≤ 10 mg/L - Coli. fecais: ausência NMP/100 mL - Turbidez ≤ 2 uT - Cl ₂ residual: 1 mg/L e pH: 6 a 9
Reuso agrícola em culturas não-alimentícias	Secundário e desinfecção	- DBO ₅ ≤ 10 mg/L - Coli. fecais: 200 NMP/100mL - SST ≤ 30 mg/L - Cl ₂ residual: 1 mg/L e pH: 6 a 9
Reuso recreacional irrestrito	Secundário, filtração e desinfecção	- DBO ₅ < 30 mg/L - SST < 30 mg/L - Coli. fecais < 200NMP/100 mL - Cl ₂ residual mínimo: 1 mg/L
Reuso ambiental	Variável, em geral secundário e desinfecção	Variável, mas não deve exceder: - DBO ₅ < 30 mg/L - SST < 30 mg/L - Coli. fecais < 200 NMP/100 mL
Reuso em construção	Secundário e desinfecção	- DBO ₅ < 30 mg/L - SST < 30 mg/L - Coli. fecais < 100 a 200 NMP/100 mL - Cl ₂ residual mínimo: 1 mg/L
Reuso industrial	Secundário e desinfecção	Depende do tipo de uso, mas em geral: - DBO ₅ < 30 mg/L - SST < 30 mg/L - Coli. fecais < 200 a 1000 NMP/100 mL - Cl ₂ residual mínimo: 1 mg/L
Reuso recreacional restrito	Secundário e desinfecção	- DBO ₅ < 30 mg/L - SST < 30 mg/L - Coli.fecais < 100 a 200 NMP/100 mL - Cl ₂ residual mínimo: 1 mg/L
Reuso em recarga de aquífero	Primário por infiltração e percolação; secundário por injeção	Variável, dependendo do local e dos usos da água

Fonte: USEPA (2004)

A Organização Mundial da Saúde estabeleceu critérios para a proteção dos grupos de riscos associados ao reuso agrícola, que em países em desenvolvimento estão relacionados principalmente às doenças provocadas por helmintos. Com base nisso, no Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas recomendou, para efluentes líquidos, as diretrizes descritas na Norma Brasileira Regulamentadora nº 13.969 (ABNT, 1997), apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação, qualidade e utilização de água de reuso de acordo com a NBR 13.969

Classe	Qualidade da água de reuso	Utilização
I	Turbidez < 5,0 uT Coli. termotolerantes < 200 NMP/ 100 mL SDT: < 200 mg/L pH: 6 a 8 Cloro residual: 0,5 – 1,5 mg/L	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com água, com possíveis aspirações de aerossóis, incluindo chafarizes.
II	Turbidez < 5,0 uT Coli. termotolerantes < 500 NMP/ 100 mL Cloro residual > 0,5 mg/L	Lavagem de piso, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos.
III	Turbidez < 10,0 uT Coli. termotolerantes < 500 NMP/100 mL	Reuso nas descargas de vasos sanitários.

Fonte: NBR 13.969 (ABNT, 1997)

Também no Brasil, na Resolução nº 54 (2005) do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em seu artigo 3º estão enumeradas diretrizes regulamentadoras sobre o reuso direto não potável, sendo:

- I. Reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II. Reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III. Reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV. Reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais;

V. Reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A questão sobre o reuso direto de água proveniente do processo de tratamento de esgotos sanitários tem sido tema de grande interesse nos dias atuais, haja vista a crise hídrica que o estado de São Paulo enfrentou no ano de 2014 e que demais regiões do Brasil enfrentam ao longo de todo o ano. Mas para que projetos de reuso dessas águas sejam colocados em prática, deve-se seguir a legislação e garantir o atendimento das instruções contidas na NBR 13.969 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997) como disposto na Tabela 3.

Recentemente, o Governo do Estado de São Paulo publicou uma Resolução Conjunta com a Secretaria de Estado da Saúde (SES), Secretaria do Meio Ambiente (SMA) e Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos (SSRH) nº 01 (2017), que especifica o reuso não potável para fins urbanos, com destaque especial para o cloro residual total não mencionado nas normas supracitadas. Todos os parâmetros dessa Resolução estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Padrões de qualidade de água de reuso definidos na Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017)

Padrões de Qualidade		Categorias de Reuso	
Parâmetro	Unidade de Medida	Uso com restrição controlada	Uso com restrição severa
pH	-	6 a 9	6 a 9
DBO _{5,20}	mg/L	≤ 10	≤ 30
Turbidez ⁽¹⁾	UNT	≤ 2	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	(1)	< 30
Coliformes termotolerantes ⁽²⁾	UFC/100mL	Não detectável	< 200
Ovos de helmintos ⁽³⁾	ovo/L	< 1	1
Cloro Residual Total (CRT) ⁽⁴⁾	mg/L	< 1	< 1
Condutividade elétrica ⁽⁵⁾	dS/m	< 0,7	< 3,0
Razão de Adsorção de Sódio (RAS) ^(5, 6)	-	< 3	3 - 9
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	< 450	< 2.000

Continua

Tabela 4 – Continuação

Padrões de Qualidade		Categorias de Reuso	
Parâmetro	Unidade de Medida	Uso com restrição controlada	Uso com restrição severa
Cloreto	mg/L	< 106 ⁽⁷⁾	< 350
Boro	mg/L	< 0,7	< 2,0
Distâncias de precaução ⁽⁸⁾	m	70 (para poços de captação de água potável)	
	Tipo de tratamento	Tratamento secundário, desinfecção e filtração. Este tratamento não poderá ter níveis mensuráveis de patógenos ⁽⁹⁾ .	Tratamento secundário, desinfecção e filtração.

(1) O critério de Turbidez deve ser respeitado antes da desinfecção. Esse critério deve ser baseado na média das medições horárias da Turbidez dentro de um período de 24 horas. Nenhuma medição horária deve exceder 5 UNT. No caso de utilização de sistemas de membrana filtrante, a Turbidez não poderá exceder 0,2 UNT e os Sólidos Suspensos Totais, 0,5 mg/L, uma vez que concentrações superiores a esses valores são indicativas de problemas de integridade desse sistema.

(2) Se utilizado o parâmetro *E. coli*, o limite para o uso restrito deve ser 120 UFC/100mL.

(3) Também poderá ser aceito o parâmetro ovos viáveis de *Ascaris* sp., que deverá limitar-se a <0,1 ovo viável por litro para Uso com Restrição Moderada e a 0,1 ovo viável por litro para Uso com Restrição Severa.

(4) Outros tratamentos que não utilizem o cloro serão aceitos para desinfecção, desde que tenham eficiência semelhante.

(5) A fim de minimizar problemas de permeabilidade dos solos, o critério da RAS deverá ser interpretado em conjunto com a Condutividade Elétrica (CE), sendo: RAS 0 – 3, condutividade elétrica de 0,2 a 2,9 dS/m; RAS 3 – 6, condutividade elétrica de 0,3 a 2,9 dS/m; RAS 6 – 12, condutividade elétrica de 0,5 a 2,9 dS/m.

(6) RAS = Razão de Adsorção de Sódio, determinado na água de irrigação e indicando a quantidade relativa de sódio (meq/L) que pode ser adsorvido pelo solo. Seu cálculo depende da determinação dos teores de cálcio (meq/L) e magnésio (meq/L). Seu cálculo se dá pela fórmula:

$$RAS = Na^+ / [(Ca^{++} + Mg^{++}) / 2]^{1/2}$$

(7) Este padrão aplica-se para o uso de irrigação. Para os demais usos, aplica-se o padrão do uso com Restrição Severa.

(8) O critério de distância de precaução tem como base o Perímetro de Alerta definido em legislação específica para águas subterrâneas (Decreto Estadual nº 32.955/1991), que considera tempo de trânsito de 50 (cinquenta) dias até a água atingir a zona de captura da água. Para as unidades hidrogeológicas do Estado de São Paulo, o Instituto Geológico (2010) calculou distâncias de 30 a 70m, em função da característica do aquífero e da vazão de captação. Este valor poderá ser modificado caso haja dados disponíveis, tecnicamente justificados, que comprovem riscos aos poços de captação de água potável.

(9) Recomenda-se realizar uma caracterização microbiológica completa (bactéria, vírus e protozoário) da água tratada de reuso antes do início de operação da planta.

3.3 TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

O esgoto sanitário contém alta carga de matéria orgânica e os parâmetros de análise mais utilizados nessa verificação são: demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5dias,20°C}), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), sólidos

suspensos totais (SST), potencial hidrogeniônico (pH), bactérias indicadoras do grupo coliformes (totais e termotolerantes) e em casos específicos, faz-se também o monitoramento de alguns metais, cloretos, fluoretos, nutrientes, óleos de graxas, pesticidas, micropoluentes orgânicos, entre outros (SANTOS, 2002).

De acordo com Von Sperling (2014), os níveis de tratamento mais utilizados no tratamento de esgotos sanitários podem ser classificados como:

- Tratamento preliminar: destina-se principalmente à remoção de sólidos grosseiros e areia, por mecanismos básicos de ordem física como peneiramento e sedimentação, que ocorrerem no gradeamento e nos desarenadores, respetivamente.
- Tratamento primário: destina-se à remoção de sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis e sólidos flutuantes que não foram removidos no tratamento preliminar.
- Tratamento secundário: destina-se a remoção de matéria orgânica dissolvida ou em suspensão através de processo biológico realizado em biorreatores por microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica.
- Tratamento terciário: destina-se a remoção complementar de contaminantes não removidos no tratamento secundário ou contaminantes específicos (tóxicos ou compostos biodegradáveis) por processo físico e químico, como coagulação, floculação, decantação, filtração, adsorção por carvão ativado, calagem e osmose reversa.

O tratamento preliminar deve ocorrer em todos os sistemas de tratamento de efluentes sanitários em etapa primária, secundária (que pode ocorrer imediatamente após o tratamento preliminar) ou terciária, sendo este último menos frequente em países em desenvolvimento, e desta forma o tratamento para reuso pode ser considerado um tratamento terciário (VON SPERLING, 2014).

Quando se tem por objetivo o reuso do esgoto sanitário tratado, as técnicas de tratamento mais empregadas são: adsorção em carvão ativado e filtro de areia; oxidação com ozônio, dióxido de cloro e peróxido de hidrogênio; floculação; separação por membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa); troca iônica; destilação e precipitação (METCALF e EDDY, 1991; MANCUSO e SANTOS, 2003; MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

3.3.1 Desinfecção de esgoto sanitário

A desinfecção do esgoto sanitário é um processo unitário que não tem o objetivo de proporcionar a esterilidade do efluente tratado, mas sim, resguardar a saúde pública através da inativação seletiva de certos grupos de microrganismos patogênicos presentes nas fezes de animais de sangue quente e conseqüentemente no esgoto sanitário (JORDÃO e PESSÔA, 2005).

A desinfecção do esgoto sanitário pode ocorrer de maneira física, que pode ser de forma natural, através do emprego de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação com a remoção da matéria orgânica pela radiação solar, ou de forma artificial, com o uso de lâmpadas de radiação UV; ou ainda de maneira química, com o uso de oxidantes clorados ou outros (DANIEL, 2001).

Entretanto, a desinfecção feita de maneira química ainda é bastante cautelosa, pois sabe-se que acarreta a formação de subprodutos da desinfecção, porém, toda ETE é obrigada a ter uma unidade de desinfecção química.

Dos microrganismos presentes no esgoto sanitário como bactérias, fungos protozoários, vírus, algas e cianobactérias, as bactérias são o grupo de maior destaque, pois são as responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica. Contudo, para que a desinfecção do esgoto sanitário seja de fato garantida não se faz necessária a quantificação de todos os microrganismos presentes, mas apenas dos microrganismos indicadores, que estão presentes em grande quantidade no efluente da ETE e são os mais resistentes aos processos de desinfecção.

Portanto, se o teor de microrganismos indicadores presentes no efluente sanitário tratado estiver dentro do limite instituído na Resolução nº 357 (2005) do CONAMA para as diferentes classes de águas e atender à qualidade requerida pelo manancial, ou ainda, atender aos parâmetros microbiológicos estabelecidos na NBR 13.969 (ABNT, 1997) e na Resolução Conjunta Estadual-SP SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017) para reuso não potável de esgoto sanitário tratado, significa que os demais microrganismos patogênicos, e menos resistentes, também foram eliminados.

Dentre os microrganismos indicadores podem ser destacados os seguintes grupos:

- Coliformes totais: podem estar associados aos mamíferos, mas também podem se desenvolver livremente no solo. A sua medida é dada em Número Mais Provável de Coliformes (NPM/100 mL) ou Unidades Formadoras de Colônias (UFC/100 mL) e o esgoto bruto contem cerca de 10^6 a 10^9 NPM/100 mL ou 10^9 a 10^{12} org.hab⁻¹.d⁻¹.
- Coliformes fecais ou termotolerantes: constitui um subgrupo dos coliformes totais, diferentes por resistirem a temperaturas mais elevadas e serem de origem exclusivamente fecal. O esgoto bruto tem cerca de 10^5 a 10^8 NPM/100 mL ou 10^8 a 10^{11} org.hab⁻¹.d⁻¹.
- *Escherichia coli*: único coliforme que se desenvolve apenas no intestino de mamíferos, sendo um indicador exclusivo de contaminação fecal (JORDÃO e PESSÔA, 2005).

Entretanto, uma atenção especial deve ser dada às contaminações ocasionadas pelos protozoários *Giardia lamblia* na forma de cistos, com os primeiros surtos da doença ocorridos no período de 1960 e 1970, bem como o *Cryptosporidium muris* e *parvum* na forma de oocistos, sendo o seu primeiro registro de contaminação em seres humanos no ano de 1975. Ambas as formas contaminantes dos protozoários podem sobreviver por um longo período em condições adversas até serem ingeridos por um animal de sangue quente e iniciar o ciclo de vida.

Além de tudo, esses protozoários são resistentes à desinfecção com cloro, que apresenta pequeno impacto tanto sobre os cistos de *Giardia* quanto nos oocistos de *Cryptosporidium*, principalmente quando são utilizadas dosagens baixas de cloro, valores altos de pH e baixas temperaturas. Portanto, em casos da identificação desses protozoários no efluente tratado, há a necessidade do emprego de outras tecnologias na etapa de desinfecção como, por exemplo, aplicação de ozônio (NUVOLARI, 2011).

No que diz respeito à escolha do agente desinfetante, Rossin (1987) descreve que ele deve apresentar as seguintes características a fim de cumprir a sua função:

- Ser capaz de destruir em um tempo aceitável, os organismos patogênicos ou proporcionar a eliminação seletiva de microrganismos indicadores nas condições em que se encontra a água;
- Não deve ser tóxico para o homem e aos animais domésticos e não deve causar sabor e odor à água nas doses usuais;

- Ter baixo custo, além de apresentar facilidade e segurança no transporte, armazenamento, manuseio e aplicação;
- Ser de fácil de determinar sua concentração na água tratada;
- Deve produzir um residual persistente na água, de maneira a constituir uma barreira sanitária.

Em vista disso, dentre os agentes desinfetantes existentes, o mais empregado é o cloro, por ser considerado um desinfetante forte e efetivo na destruição ou inativação de microrganismos patogênicos, algas e bactérias de vida livre como as ferorrredutoras do gênero *Crenothrix*, além de ser agente oxidante de compostos orgânicos e inorgânicos e apresentar como vantagens baixo custo de aquisição, fácil aplicação, boa eficiência e residual persistente na solução. Por esses motivos, a dosagem de cloro aplicada e o tempo de contato são quase sempre direcionados para a inativação de cistos ou oocistos de protozoários, que juntamente com os ovos de helmintos também podem ser removidos por filtração ou sedimentação (NUVOLARI, 2011; DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

Na Tabela 5 estão apresentados os valores usuais de dosagens de cloro para a desinfecção de efluentes de sistemas de tratamento de águas residuárias.

Tabela 5 - Dosagens usuais de cloro para a desinfecção de efluentes de sistemas de tratamento de águas residuárias

Efluente de	Dosagem de cloro (mg/L)
Água residuária sem cloração (pré-cloração)	6 – 25
Decantador primário	5 – 20
Precipitação química	3 – 10
Filtro biológico	3 – 10
Lodo ativado	2 – 8
Lodo ativado seguido de filtro	1 – 5

Fonte: NUVOLARI, 2011.

De acordo Nuvolari (2011), existem três mecanismos primários de inativação de patogênicos no processo de desinfecção, sendo:

- Ataque à parede celular ou funções semipermeáveis das membranas, que causa a destruição ou danificação estrutural da organização celular;
- Interferência do balanço energético do metabolismo através da produção de enzimas não funcionais;

- Impedimento do crescimento dos componentes celulares como proteínas, ácidos nucleicos ou parede celular.

3.3.2 Condições que afetam a cloração

A eficiência da desinfecção do esgoto sanitário com cloro e a obtenção de níveis mais altos de inativação de patogênicos dependem de fatores como: tipos de microrganismos a serem destruídos; grau de tratamento prévio do esgoto a fim de garantir melhor ação do cloro livre; ausência de metais oxidáveis pelo cloro como ferro e manganês; temperatura da água elevada; boas condições de mistura; baixo valor de pH; baixa turbidez; ausência de substâncias interferentes.

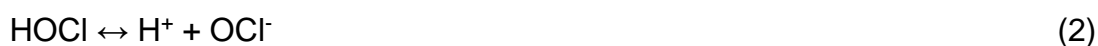
Além do mais, o tipo de desinfetante clorado a ser usado e as suas características, bem como a concentração de cloro residual livre aplicada e tempo de contato, que são fatores descritos nos itens 3.3.2.1 e 3.3.2.2, são de grande importância e afetam a funcionalidade da desinfecção (JORDÃO e PESSÔA, 2005; NUVOLARI, 2011).

3.3.2.1 Influência do tipo de desinfetante a ser usado

A eficiência da cloração depende do tipo de desinfetante clorado a ser usado, pois quando ocorre o contato entre o cloro e o esgoto sanitário há uma reação de hidrólise e o produto formado, o ácido hipocloroso, que é o grande responsável pela desinfecção por ter alto poder letal, pode ser visto na Equação 1.



Mas o ácido hipocloroso pode ser dissociado em íon hipoclorito e H^+ , como apresentado na Equação 2.



A partir da Equação 2, para se atingir o grau de equilíbrio da reação química, pode ser feita relação entre os produtos e reagentes, como apresentado nas Equações 3 e 4.

$$\frac{[H^+][OCl^-]}{[HOCl]} = K_1 \quad (3)$$

$$\frac{[OCl^-]}{[HOCl]} = K_1 \cdot \frac{1}{[H^+]} \quad (4)$$

Assim, como representado na Equação 4, é possível identificar que tanto o ácido hipocloroso (HOCl) quanto o íon hipoclorito (OCl⁻) são função de 1/H⁺, ou seja, do pH. Ambos os compostos possuem ação desinfetante e oxidante, porém o HClO é mais eficiente que o OCl⁻ na inativação dos microrganismos em geral. O poder de oxidação de um composto clorado, expresso em termos de cloro elementar, é quantificável e conhecido como “cloro disponível” e o cloro presente na água, na forma de HClO e OCl⁻ é denominado “cloro residual livre” (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

Na Tabela 6 está apresentada a distribuição do percentual de cloro residual livre nas duas formas de cloro em função do pH, onde é possível verificar que em um pH próximo à neutralidade, que é comumente presente nas estações de tratamento, o ácido hipocloroso destaca-se como agente oxidante, e em pH básico o agente oxidante predominante é o íon hipoclorito.

Tabela 6 - Distribuição de quantidade de HOCl e OCl⁻ disponível em função do pH

pH	Percentagem de cloro livre, %	
	Ácido hipocloroso (HOCl)	Íon hipoclorito (OCl ⁻)
6,0	96,8	3,2
7,0	75,2	24,8
7,5	49,1	50,9
8,0	23,2	76,8
9,0	2,9	97,1

Fonte: JORDÃO e PESSÓA, 2005

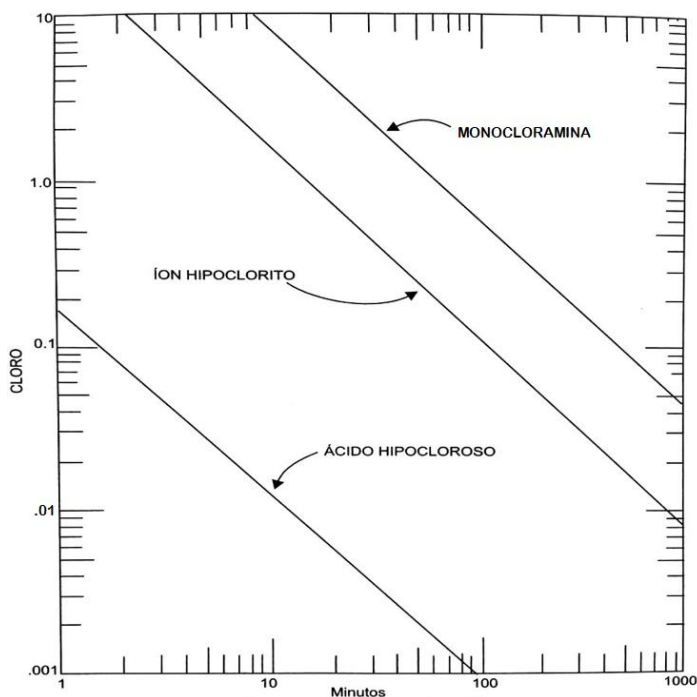
O cloro residual livre combina-se com amônia e compostos nitrogenados, que estão presentes em grande quantidade no esgoto sanitário, e forma compostos clorados ativos conhecidos como cloraminas. Se o R-NH₂ for de origem orgânica,

formam-se as cloraminas orgânicas, que são indesejáveis devido seu baixo poder de inativação de microrganismos e inexistência de uma técnica de quantificação específica; já se o R-NH₂ for de origem inorgânica (sulfato de amônia, cloreto de amônia, amônia gasosa) há formação de cloraminas inorgânicas, sendo a monocloramina (NH₂Cl), a dicloramina (NHCl₂) e a tricloramina (NCl₃), as quais podem ser usadas como desinfetantes em certos casos.

A concentração de cloro na forma de cloraminas inorgânicas é denominada “cloro residual combinado” que, além de apresentar capacidade oxidante e poder desinfetante reduzido em relação ao cloro livre, interfere na cinética da inativação dos coliformes termotolerantes (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

Como pode ser visto na Figura 1, para que a mesma quantidade de bactérias *E. coli* sejam mortas, mantendo-se a mesma temperatura entre 2 a 5°C, são necessários um tempo de contato de 70 minutos e uma dosagem cloro de 1,0 mg/L com uso de monocloramina (cloro residual combinado), enquanto que com uso do ácido hipocloroso (cloro residual livre) são necessários um tempo de contato de aproximadamente 11 minutos e uma dosagem cloro de 0,01 mg/L.

Figura 1 – Propriedades germicidas dos compostos clorados: ácido hipocloroso, íon hipoclorito e monocloramina



De acordo com Di Bernardo, Dantas e Voltan (2017), a geração de cloraminas, assim como a formação de cloro residual livre na forma de HClO e OCl⁻, é governada pelo pH da água e, também, pela relação cloro/amônia (massa Cl₂/massa NH₃-N). Via de regra, a diminuição do pH e o aumento da relação Cl₂/NH₃-N, fazem com que a molécula de amônia se torne mais clorada. Na Tabela 7 estão apresentados o pH predominante de formação das cloraminas e a relação Cl₂/NH₃-N em pH 7 e temperatura de 25°C.

Tabela 7 - pH de formação das cloraminas e relação Cl₂/NH₃-N em pH 7 e temperatura de 25°C

Parâmetro	Monocloramina	Dicloramina	Tricloramina
pH predominante de formação	7,0 a 11,0	4,4 a 7,0	< 4,4
Relação Cl ₂ /NH ₃ -N em pH 7 e temperatura de 25°C	< 5	5,0 a 7,6	>7,6

Fonte: Adaptada de DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2017

A monocloramina, NH₂Cl, é obtida em poucos segundos para valores de pH entre 8 e 9, e relação Cl₂/NH₃-N menor que 5. Com o aumento da relação Cl₂/NH₃-N ou diminuição do pH da água, há formação de dicloramina a partir da monocloramina, sendo a dicloramina a cloramina de maior poder desinfetante. A formação de tricloramina, NCl₃, ocorre somente para valores de pH < 4,4 e relação Cl₂/NH₃-N superior a 7,6, sendo que para uma relação Cl₂/NH₃-N igual a 7,6 ocorre, teoricamente, a oxidação de toda amônia disponível.

A dosagem de cloro para a qual ocorreria a oxidação de toda a amônia disponível é denominada “dosagem ao *Break Point*”, pois, daí em diante, com aumento da dosagem de cloro aplicado, há aumento igual da concentração de cloro residual livre.

3.3.2.2 Influência da aplicação do desinfetante

Os principais fatores a serem considerados na eficiência do processo de desinfecção são o tempo de contato e a concentração do desinfetante, sendo a concentração ainda mais importante que o tempo de contato. A partir dessa observação foi definido o fator CT, que é o produto da concentração do desinfetante (C) em mg/L, pelo tempo (T) em minutos que o produto fica em contato com a água,

sendo que os valores de CT para desinfecção com cloro estão baseados na concentração de cloro residual livre e, para um determinado valor de CT, um baixo valor de C e alto valor de T é mais efetivo que o inverso (METCALF e EDDY, 1991; NUVOLARI, 2011).

3.4 FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA DESINFECÇÃO

O processo de desinfecção tem por objetivo a inativação ou destruição dos organismos patogênicos além da diminuição de microrganismos do grupo coliformes e sua principal importância para a saúde pública é garantir o controle de doenças de veiculação hídricas. De acordo com a WHO (2004), cerca de 80% de todas as doenças disseminadas nos países subdesenvolvidos estão relacionadas à água contaminada e para controlá-las tem-se utilizado produtos à base de cloro, possibilitando a redução de casos de cólera, disenteria e febre tifoide em todo o mundo.

Entretanto, até o ano de 1995, a cloração de esgoto bruto ou tratado era quase nula, em razão do elevado custo e deficiência na capacidade de tratamento em todo o país, haja vista que em grande parte do território brasileiro o esgoto sanitário não é nem coletado, que dirá tratado e desinfetado (MONTEIRO, 2005).

Como o esgoto sanitário é rico em compostos orgânicos e os produtos mais utilizados para a desinfecção são à base de cloro, a matéria orgânica presente no esgoto irá reagir com o agente desinfetante levando à formação de diversos subprodutos da desinfecção, pois irá consumir parte do cloro que seria necessário para destruição dos microrganismos (DEGRÉMONT, 1979).

Desde que existam fatores que favoreçam a formação dos subprodutos, como descrito no item 3.5, os mesmos serão formados tanto em estações de tratamento de água quanto em estações de tratamento de efluentes.

Em ETA a formação de subprodutos pode acontecer tanto durante o processo de tratamento quanto na rede de distribuição e para que esse problema seja controlado, deve-se dar atenção especial à qualidade da água do manancial em virtude de variações de parâmetros físicos, químicos e biológicos, além da escolha de outros pontos para aplicação do agente oxidante e diminuição do tempo de contato.

Aliás, a utilização de oxidantes alternativos ao cloro, como ácido peracético, permanganato de potássio, dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio, ozônio,

peroxônio, monocloramina e radiação ultravioleta, quando associados à coagulação, filtração e pós-cloração, garantem menor formação dos subprodutos (PASCHOALATO; TRIMAILOVAS; DI BERNARDO, 2008).

Já em ETE, como a aplicação do desinfetante é a etapa final do processo de tratamento, e prevê a disposição do esgoto tratado em mananciais, de acordo com a Resolução nº 357 (2005) do CONAMA, ou a sua reutilização de maneira direta e não potável, de acordo com a USEPA (2004), a NBR 13.969 (ABNT, 1997) e a Resolução Conjunta Estadual-SP SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017), faz-se necessária a garantia da segurança e preservação da integridade de quem irá manusear o efluente tratado, a fim de se evitar riscos e/ou contaminações de ordem físico-química e microbiológica.

Muito embora a matéria orgânica presente no esgoto tratado seja bastante reduzida em comparação ao esgoto bruto, mesmo essa pequena quantidade em contato com o desinfetante clorado acarretará a formação dos subprodutos, trazendo prejuízos à saúde do operador.

Arnesen et al. (2017) desenvolveram um trabalho para avaliar a técnica de radiação UV para a desinfecção do efluente tratado de uma ETE da capital do estado de São Paulo, no intuito de melhorar a qualidade da água de reuso, que tem uma vazão média de produção de 29,5 L/s e é destinada à reuso industrial e limpeza urbana.

Os autores fizeram um comparativo entre o método de desinfecção atual (hipoclorito de sódio com 12% de cloro ativo) com o uso de radiação UV apenas e com os dois métodos combinados. Eles concluíram que a utilização dos métodos combinados reduz a dosagem de cloro e de UV para $\frac{1}{4}$ da dosagem atual (caso fossem utilizados os métodos isolados), mantendo-se a mesma eficiência de desinfecção de remoção de 4 log₁₀ de *E. coli*, além de reduzir a formação de cloretos e condutividade elétrica, parâmetros de interesse para o reuso industrial e manter um residual de cloro persistente na água final.

Os autores não avaliaram a formação de subprodutos na comparação entre os métodos, mas pode-se afirmar, que a formação dos mesmos, em vista da redução da aplicação do hipoclorito para $\frac{1}{4}$ da dosagem atual, também foi diminuída.

3.4.1 Principais subprodutos da desinfecção e seu potencial risco à saúde

Os principais subprodutos da desinfecção, e foco de estudo nesse trabalho, são os Subprodutos Orgânicos Halogenados (SOH), que foram identificados ao longo dos anos em água com matéria orgânica em contato com cloro, sendo quatro trialometanos (THM) seguidos por nove ácidos haloacéticos (AHA), ambos os grupos prescritos na Portaria PCR nº 5, Anexo XX (2017).

Todavia, outros subprodutos podem ser detectados em águas cloradas, cloraminadas ou ozonizadas como haloaldeídos, halopicrinas, haloacetoneitrilas, haloacetonas, haletos cianogênicos, halofenóis e mutágeno-X, que além de afetarem igualmente a saúde da população, não estão previstos na referida Portaria. Todos os SOH supracitados estão listados na Tabela 8, juntamente com seu nome comum, fórmula química e classificação de carcinogenicidade de acordo com a USEPA (1999).

Tabela 8 – Principais subprodutos orgânicos halogenados identificados em água clorada que continha matéria orgânica, nomes comuns, fórmulas químicas e classificação carcinogênica

Nome	Nome comum	Fórmula	Câncer
Trialometanos (THM)			
Triclorometano	Clorofórmio	CHCl ₃	B2
Bromodiclorometano	Diclorobromometano	CHBrCl ₂	B2
Clorodibromometano	Dibromoclorometano	CHBr ₂ Cl	C
Tribromometano	Bromofórmio	CHCl ₃	B2
Ácidos Haloacéticos (AHA)			
Ácido monocloroacético	AMCA	CH ₂ ClCOOH	-
Ácido dicloroacético	ADCA	CHCl ₂ COOH	B2
Ácido tricloroacético	ATCA	CCl ₃ COOH	C
Ácido monobromoacético	AMBA	CH ₂ BrCOOH	-
Ácido dibromoacético	ADBA	CHBr ₂ COOH	-
Ácido tribromoacético	ATBA	CBr ₃ COOH	-
Ácido bromocloroacético	ABCA	CHBrClCOOH	-
Ácido bromodicloroacético	ABDCA	CBrCl ₂ COOH	-
Ácido clorodibromoacético	ACDBA	CBr ₂ ClCOOH	-
Haloaldeídos (HAD)			
Dicloroacetaldeído	-	CCl ₂ CHO	-
Tricloroacetaldeído	Cloro hidrato	CCl ₃ CHO	C
Halopicrinas (HP)			
Tricloronitrometano	Cloropicrina	CCl ₃ NO ₂	-
Tribromonitrometano	Bromopicrina	CBr ₃ NO ₂	-

Continua

Tabela 8 - Continuação

Nome	Nome comum	Fórmula	Câncer
Haloacetonitrilas (HAN)			
Dicloroacetonitrila	DCAN	CHCl ₂ CN	C
Tricloroacetonitrila	TCAN	CCl ₃ CN	-
Dibromoacetonitrila	DBAN	CHBr ₂ CN	C
Tribromoacetonitrila	TBAN	CBr ₃ CN	-
Bromocloroacetonitrila	BCAN	CHBrClCN	-
Haloacetonas (HK)			
1,1-Dicloropropanona	Dicloroacetona	CHCl ₂ COCH ₃	-
1,1,1-Tricloropropanona	Tricloroacetona	CCl ₃ COCH ₃	-
1,1-dicloro-2-butanona	-	C ₄ H ₆ Cl ₂ O	-
3,3-dicloro-2-butanona	-	C ₄ H ₆ Cl ₂ O	-
1,1,1-tricloro-2-butanona	-	C ₄ H ₅ Cl ₃ O	-
Haleto cianogênicos (HC)			
Cloreto de cianogênio	Cianeto de cloro	CCIN	-
Brometo de cianogênio	Cianeto de bromo	CBrN	-
Halofenóis (HF)			
2-clorofenol	-	C ₆ H ₄ ClOH	D
2,4-diclorofenol	-	C ₆ H ₃ Cl ₂ OH	D
2,4,6-triclorofenol	-	C ₆ H ₂ Cl ₃ OH	B2
Mutágeno-X [3-cloro-4-(diclorometil)-5-hidroxi-2(5H)-furanona]			

Nota: **Grupos B**, provável carcinogenicidade humana: B1-evidência limitada em estudos epidemiológicos; B2-evidência suficiente por estudos com animais. **Grupo C**, possível carcinogenicidade humana: evidência limitada em estudos realizados em animais. **Grupo D**, não classificado: inadequado para o ser humano e evidência de carcinogenicidade em animal
 Fonte: adaptado de SINGER, 1993; XIE, 2004; USEPA, 1999.

Todos esses SOH são notadamente carcinogênicos, poluem o ambiente, não são facilmente biodegradados, são persistentes e acumulam em sistemas aquáticos e no solo por infiltrações, neste caso, devido ao reuso de esgotos clorado para irrigação e recarga de aquífero (NARKIS e KOTT, 1992; USEPA, 1999).

O trabalho de Rook (1974) fez a primeira comprovação que a aplicação de cloro na desinfecção final, potencializa a formação de SOH devido à combinação do cloro com a matéria orgânica dissolvida presente nos mananciais de abastecimento. Além disso, foi identificada uma associação positiva em estudos epidemiológicos entre o número de anos de exposição do ser humano aos SOH e incidência de câncer (CANTOR, 1982; CANTOR et al., 1999).

Segundo Tominaga e Midio (1999), devido os SOH terem alta volatilidade, serem adsorvidos rapidamente pela pele e serem transportados para a corrente

sanguínea, a exposição humana a estes compostos não ocorre somente por ingestão da água tratada, mas também em atividades como: lavagem de roupas e louças, durante o banho ou qualquer atividade que exponha a pessoa ao contato com a água utilizada.

Em relação à formação de SOH em água de abastecimento, a primeira norma publicada foi a Portaria nº 36 GM do Ministério da Saúde (1990) que limitou o valor máximo permissível de trihalometanos em 100 µg/L. A Portaria nº 1.469 GM (2000) atualizou esse valor para 0,1 mg/L e exigiu que fosse feita análise obrigatória dos componentes identificados. Em sequência, foi publicada a Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) e manteve em 0,1 mg/L o limite da concentração de trihalometanos presentes na água.

A revisão da Portaria MS nº 518 (2004) gerou a Portaria MS nº 2.914 (2011) que manteve o mesmo valor de referência máximo permitido (VMP) e estabeleceu valores máximos permitidos para outros produtos da desinfecção, como: bromato (0,01 mg/L), clorito (1,0 mg/L), cloro livre (5,0 mg/L), cloraminas totais (4,0 mg/L), 2,4,6-triclorofenol (0,2 mg/L) e ácidos haloacéticos (0,08 mg/L). A revogação da Portaria MS nº 2.914 (2011) gerou a Portaria de Consolidação PCR nº 5 (2017), que em seu Anexo XX trata sobre os padrões de potabilidade e mantém todos os parâmetros estabelecidos na Portaria anterior.

Em comparação com a legislação de alguns países sobre o valor máximo permitido de THM, são observadas grandes diferenças com os valores estabelecidos na legislação brasileira em águas destinadas ao consumo humano: na França 10 µg/L, na Alemanha 25 µg/L, nos Estados Unidos 80 µg/L, no Canadá 100 µg/L, no México 200 µg/L, na Austrália 250 µg/L (WHO, 2004). Todos esses valores são para água de abastecimento e servem apenas como norteadores para água de reuso a fim de garantir segurança sanitária.

Os cinco ácidos acéticos clorados (ácido monocloroacético, ácido monobromoacético, ácido dicloroacético, ácido tricloroacético e ácido dibromoacético) que já estavam delimitados na legislação dos Estados Unidos (60 µg/L) e no Canadá (80 µg/L), foram estabelecidos na legislação brasileira apenas a partir da Portaria MS nº 2.914 (2011) e limitado em 0,08 mg/L para ácidos haloacéticos totais e mantidos na Portaria PCR nº 5 (2017). A WHO (2004) não estabelece um valor máximo permitido para cada THM (bromofórmio, dibromoclorometano, bromodiclorometano e

clorofórmio), mas recomenda que a soma das razões entre a concentração de cada THM seja menor ou igual a 1.

3.4.1.1 Cloro hidratato

O cloro hidratato é um haloaldeído popularizado como hidrato de cloral. É um SOH que não está previsto na legislação brasileira para água de abastecimento, mas que é formado em quantidades significativas quando água com matéria orgânica passa por processo de desinfecção com produtos clorados. O cloro hidratato é usado por mais de cem anos como um sedativo e hipnótico em medicina humana e veterinária, além de ser utilizado para a fabricação de DDT, ácido dicloroacético e como intermediário na produção de inseticidas, herbicidas e drogas hipnóticas (BUDAVARI, 1996).

De acordo com Health Canada (2008), os dados disponíveis na literatura são insuficientes para determinar os efeitos adversos que o cloro hidratato pode causar em seres humanos, sendo os efeitos mais comuns quando é administrado via oral em dosagens elevadas: irritação gástrica, náusea, vômito, diarreia. O nível sanguíneo tóxico e o nível de sangue letal para o CH foram estimados em 100 mg/L e 250 mg/mL, respectivamente (ELLENHORN et al., 1997).

Vários efeitos adversos como cirrose do fígado (15%), obstrução crônica do trato respiratório (7%), carcinoma da mama (7%), insuficiência cardíaca (7%), além de sintomas gastrointestinais (10 pacientes), depressão do sistema nervoso central (20 pacientes) e erupção cutânea (5 pacientes) foram relatados nos estudos realizados por Shapiro et al. (1969) em 1618 pacientes que receberam cloro hidratato em várias dosagens.

Em outra revisão feita por Greenberg et al. (1991), foram identificados sintomas de depressão do sistema nervoso central em 5435 pacientes submetidos a dosagens de cloro hidratato. Contudo, não ficou evidente em ambos estudos que os pacientes já apresentavam antecedentes clínicos antes de serem expostos ao cloro hidratato ou se desenvolveram os efeitos após a administração do mesmo. Portanto, fica explícita a necessidade da realização de mais estudos sobre os efeitos adversos à saúde causados pelo cloro hidratato.

3.5 FATORES QUE INFLUENCIAM A FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS

Os mecanismos de formação das diferentes espécies de SOH podem ser afetados por parâmetros operacionais e de qualidade da água como: características e concentração dos precursores, dosagem e tipo de cloro utilizado, tempo de contato do desinfetante, pH, temperatura e presença de brometos e serão detalhados nos itens 3.5.1 a 3.5.5 (DI BERNARDO, 1993; XIE, 2004).

3.5.1 Precursores

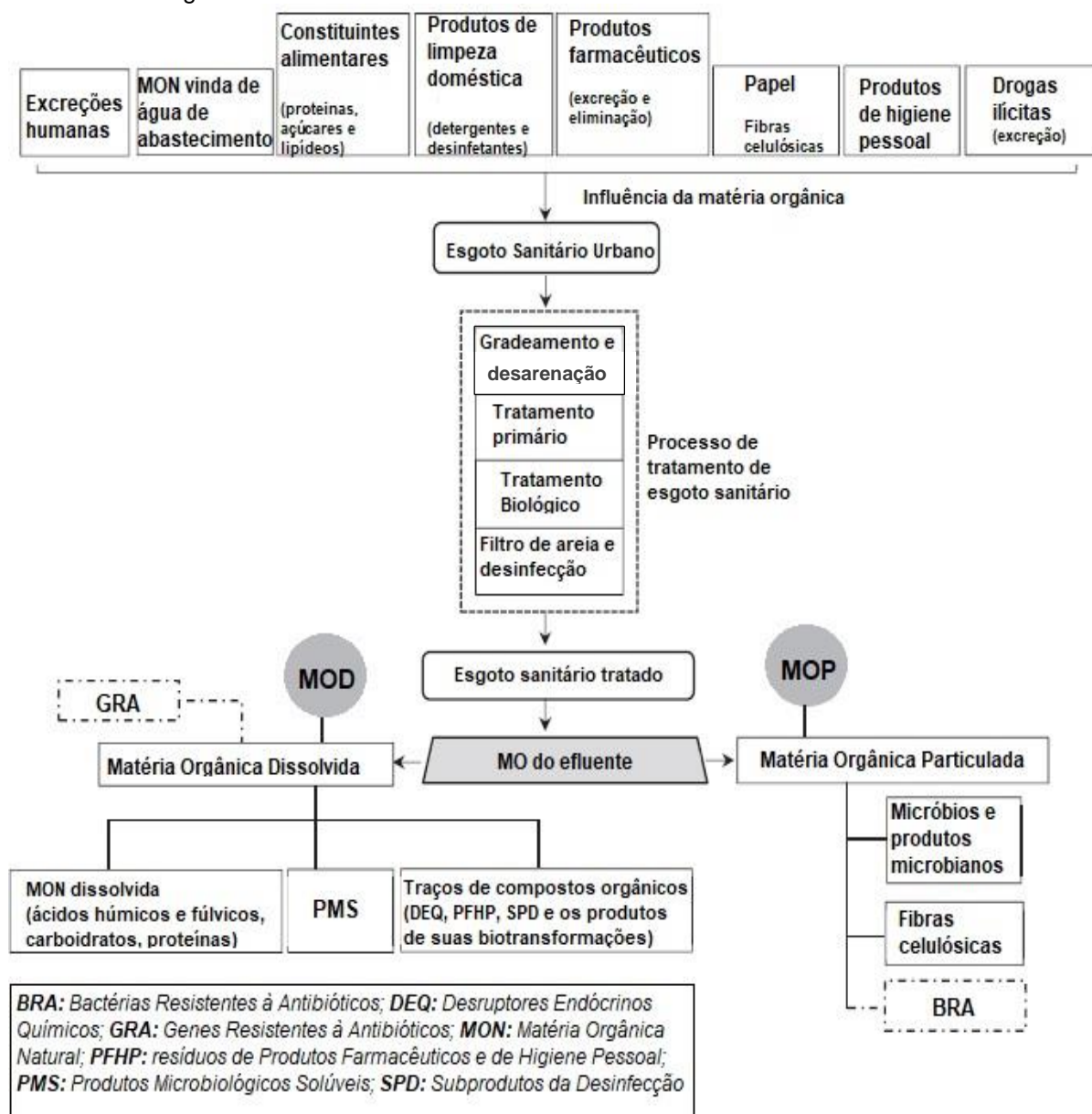
A quantidade de precursores presente na água que será tratada e destinada para consumo, quer seja para abastecimento público no caso de água superficial, quer seja para reuso no caso de tratamento de efluentes, é o fator de maior influência na escolha da tecnologia a ser empregada no tratamento, na escolha do agente oxidante e conseqüentemente na formação de SOH (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Na água superficial destinada para consumo, o precursor orgânico pode estar presente na forma de matéria orgânica natural (MON), representada pelos ácidos húmicos e fúlvicos, ou pelas atividades antropogênicas advindas dos despejos de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, que além de elevar a quantidade de matéria orgânica disponível, também gera o aumento desordenado da população de algas e do nível de trofia do manancial.

A conseqüência dessa elevação de matéria orgânica acarretará maior dificuldade no tratamento dessa água em um processo convencional (coagulação, floculação, sedimentação e filtração), fazendo-se necessário o emprego de fortes oxidantes, geralmente à base de cloro, em etapas precedentes, o que elevará a formação de SOH além dos limites máximos estabelecidos na Portaria PCR nº 5 (2017) para água potável.

Já no esgoto sanitário urbano que passou por tratamento biológico em ETE, a origem da matéria orgânica dissolvida advém de várias fontes, as quais estão apresentadas na Figura 2, adaptado do trabalho de Michael-Kordatou et al. (2015).

Figura 2 - A origem da matéria orgânica dissolvida em esgoto sanitário urbano que passou por tratamento biológico em ETE



Fonte: Adaptado de MICHAEL-KORDATOU et al. (2015)

Uma maneira de medir diretamente a matéria orgânica presente na água bruta ou tratada é através da quantificação do carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico dissolvido (COD) e uma maneira de medição indireta é através de análises de demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) e absorvância 254 nm.

De acordo Jordão e Pessôa (2005) e Von Sperling (2014), a DBO_{5,20} do esgoto sanitário bruto gira em torno de 300 a 350 mg O₂/L de, e em um processo de tratamento para que o mesmo atenda a Resolução COMANA nº 430 (2011) para

qualidade de efluentes serem dispostos em corpos d'água, está determinado que a $DBO_{5,20}$ deve ter um valor máximo de 120 mg O_2/L ou uma eficiência de remoção mínima de 60%, valor esse que só poderá ser atingido caso exista um estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove o atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Muito embora essa exigência legal seja atendida, quando o esgoto sanitário tratado passar pela etapa de desinfecção, a quantidade de matéria orgânica presente nele funcionará como um precursor para a formação de SOH, que trará prejuízos à saúde de quem manuseá-lo em um futuro reuso direto não potável, pois a entrada dos SOH no corpo humano pode ocorrer por contato direto com a pele ou inalação dos vapores dos compostos, por serem altamente voláteis.

3.5.2 Dosagem de cloro

A dosagem de cloro aplicada na etapa de desinfecção é fator fundamental na formação de SOH. Em geral, quanto maior a dosagem de cloro aplicada maior é a formação de SOH. Segundo Trussel e Umphres (1978), a formação de THM pode ocorrer em três fases.

Na primeira fase ocorre a demanda imediata de cloro aplicado, devido à oxidação de compostos inorgânicos como sulfeto, ferro e amônia, sendo que esta reação consumirá parte do cloro e os THM formados serão apenas vestígios. Na segunda fase, depois de satisfeita a demanda imediata, o cloro adicional reage com a matéria orgânica em uma reação com tendência linear entre a dosagem de cloro aplicada e a concentração de THM formados. Na terceira fase, depois de satisfeitas as duas primeiras demandas, se houver um residual de cloro livre, ocorrerá pequena formação de THM.

3.5.3 pH

Quanto mais alto o pH da água ou efluente que passará pela etapa de desinfecção, maiores serão os níveis de formação de THM, em contrapartida, com o aumento do pH há a diminuição de formação de AHA, halopropanonas e haletos cianogênicos (ROOK, 1974; EL-DIB e ALI, 1995; SINGER, 1999).

Kim et al. (2002) realizaram um experimento em tempos de contato de 6, 24 e 48 horas e valores de pH na faixa de 5,5 a 7,0. O aumento de SOH formados variou de 55 a 93%, para o maior valor de pH em comparação com o de menor valor e as águas dessas análises tinham COD médio de 5,45 mg/L e pH 7,95.

Navalon, Alvaro e Garcia (2008) utilizaram 10 espécies de carboidratos como precursores na formação de THM a fim de avaliar a influência do pH em amostras ácidas, neutras e básicas. Foram prefixadas as mesmas condições para todos os 10 carboidratos utilizados, sendo: 2 mg/L de COD, 10 mg/L de cloro livre, temperatura de 20°C e tempo de reação de 72 horas. Os valores de pH escolhidos foram 5, 8 e 11 e verificaram que a formação média de THM foi da ordem de 18,2 µg/L em meio ácido, de 102,6 µg/L em meio neutro e 120,9 µg/L em meio básico, confirmando que a elevação do pH do meio favorece a formação de THM.

3.5.4 Temperatura

Efeitos de sazonalidade foram avaliados ao longo do tempo e qual a sua influência na taxa de formação de SOH. No verão, como as temperaturas são mais elevadas, possibilitam reações químicas mais rápidas entre a matéria orgânica e o cloro e até mesmo uma maior volatilização do agente oxidante, que provoca um aumento na demanda de cloro e conseqüentemente na geração de SOH. Em contrapartida, no inverno, a formação de SOH é menor devido menor demanda de cloro e diminuição da velocidade das reações químicas (SINGER, 1994; YE et al., 2009).

Segundo Garcia-Villanova et al. (1997), não existe uma relação linear entre a temperatura e a formação de THM, entretanto, os autores comprovaram que a formação de THM é influenciada por uma temperatura crítica (T_c) de 18,97°C e que acima dessa temperatura a taxa de formação de THM pode ser reduzida. Em vista disso, Abdullah, Yew e Ramli (2003) explicaram que o aumento inicial da temperatura até atingir a T_c favorece a formação de THM. Todavia, acima da T_c , devido à alta volatilidade desses subprodutos, sua taxa de formação não é compensada, havendo um decréscimo da quantidade total de THM formados.

Wu, Benjamin e Korshin (2001) relatam que a taxa de formação dos AHA é semelhante aos THM, porém, sendo os AHA menos voláteis, seu nível não decairá

tão rapidamente com o aumento da temperatura, mesmo depois de se ter ultrapassado a T_c .

Stevens et al. (1976) realizaram em Ohio, EUA, ensaios avaliando a mudança sazonal da temperatura da água na rede de distribuição, com a medição mínima de temperatura de 2°C no inverno e máxima de 28°C no verão. Eles verificaram que a concentração de clorofórmio variou de 30 a 200 µg/L respectivamente.

El-Dib e Ali (1995) realizaram estudos de formação de THM nas águas do rio Nilo e mencionam a temperatura como importante fator de interferência, sendo que um acréscimo de 20°C para água com temperatura inicial de 10°C promoveu o aumento na concentração de THM de 20 µg/L para 80 µg/L, em um tempo de contato de 2 horas, pH de 8,0 e dosagem de cloro de 5 mg/L.

Fooladvand et al. (2011) avaliaram o potencial de formação (PF) de THM no inverno (temperatura da água de 8°C) e no verão (temperatura da água de 15°C e 30°C). A dosagem de cloro aplicada foi de 10 mg/L, pH de 7,32 e COT de 3,32 mg/L e tempo de reação de 100 h. Os resultados de PFTHM obtidos foram: $87,16 \pm 4,37$ µg/L para água a 8°C, $140,55 \pm 8,69$ µg/L para água a 15°C e $251,75 \pm 12,97$ µg/L para água a 30°C, concluindo que a variação de PFTHM no inverno foi pequena, porém no verão foi rápida e significativa.

3.5.5 Brometos

A presença do íon brometo na água pode influenciar o tipo de THM formado, pois mesmo que a reação do cloro com a matéria orgânica seja mais rápida, a presença de brometos na água possibilita que novas reações de substituições halofórmicas sejam feitas, reduzindo assim, a formação de espécies cloradas (BLACK, HARRINGTON e SINGER, 1996).

Na pesquisa de Marmo, Santos e Breasola Jr. (2006) foi demonstrada a formação THM através da cloração de água contendo substâncias húmicas, na ausência e presença de íon brometo, e quanto maior era essa concentração, tanto maior foi a formação de THM, assim como ocasionou a elevação na formação das espécies bromadas (bromofórmio e dibromoclorometano) em relação às espécies cloradas (clorofórmio e diclorobromometano).

Navalon, Alvaro e Garcia (2008) utilizaram 12 espécies de carboidratos como precursores na formação de THM e avaliaram a influência da quantidade do íon brometo adicionado à amostra. As condições de reação foram pré-definidas, sendo: 2 mg/L de COD, 10 mg/L de cloro livre, temperatura de 20°C, pH de 8 e tempo de reação de 72 horas e a concentração do íon brometo adicionado foi de 0, 50, 100 e 300 µg/L.

O valor médio da formação de THM foi de 102,9 µg/L para a amostra sem adição de brometo, 129,8 µg/L com adição de 50 mg/L de brometo, 149,3 µg/L com adição de 100 mg/L de brometo e 202,3 µg/L com adição de 300 mg/L de brometo, confirmando que quanto maior a presença do íon brometo na água, maior será a formação de THM. Também foi possível notar que quanto maior a cadeia carbônica do carboidrato (monossacarídeos, dissacarídeos e oligossacarídeos), tanto maior foi a formação de THM, sendo que os valores aqui apresentados são valores de média aritmética dos 12 carboidratos avaliados.

3.6 DESINFETANTES CLORADOS

Sir Humprey Davy identificou o cloro como elemento em 1808 e em 1881 Koch realizou testes laboratoriais de suas propriedades bactericidas. O uso do cloro foi aprovado em 1886 pela American Public Health Association (APHA) para ser usado como desinfetante, então no início do século XIX, algumas regiões dos Estados Unidos começaram a utilizá-lo no processo de desinfecção de águas para abastecimento (CHAMBERS, 1956).

Desde que a cloração foi introduzida no processo de tratamento de água de abastecimento no início do século XX nos Estados Unidos, verificou-se que as epidemias de doenças de veiculação hídrica foram erradicadas, sendo que nesse período o desinfetante utilizado era derivado de cloro inorgânico em suas formas gasosa e em soluções de hipoclorito de sódio e de cálcio.

É notória a vantagem da utilização do cloro inorgânico, devido ao seu baixo custo, efetividade na inativação de microrganismos, facilidade de aplicação e mantenedor de um residual constante na água tratada. Todavia, devido à qualidade da água bruta, muitas ETA têm utilizado o mesmo produto da etapa de desinfecção, como um agente oxidante de matéria orgânica em etapas que antecedem o tratamento convencional (coagulação, floculação, sedimentação e filtração) e esse

contato com a matéria orgânica desde o início do tratamento, intensificou a formação de SOH.

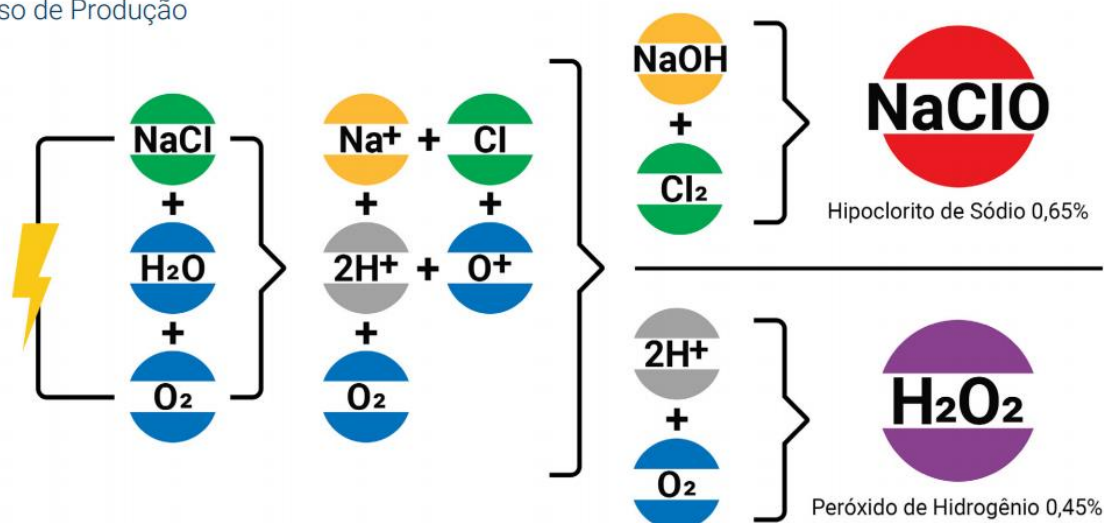
Foi então que pesquisadores avaliaram o uso de oxidantes e desinfetantes alternativos, como permanganato de potássio, ozônio, peróxido de hidrogênio, peroxônio e radiação UV. Em vista disso, Daniel (2001) alerta que qualquer que seja o desinfetante escolhido como alternativo ao cloro, deve-se ter garantia que ele seja efetivo na inativação de bactérias, vírus e protozoários entre outros organismos patogênicos e que não produza qualquer composto secundário que cause risco à saúde humana.

Sobre a utilização de geradores de hipoclorito de sódio *in loco*, a empresa Hidrogeron® foi a pioneira no Brasil e seu objetivo era suprir à carência de acesso à água clorada em pequenas comunidades além de amenizar problemas de segurança próprios do gás cloro, quer na segurança civil, transporte, meio ambiente e trabalho. Os modelos disponíveis no mercado atendem a partir de 105 g de cloro ativo/dia e são projetados para atender qualquer capacidade (HIDROGERON®, 2017).

Na Figura 3 é possível ver como ocorre quimicamente o processo de eletrólise do cloreto de sódio e a formação dos produtos hipoclorito de sódio 0,65% e peróxido de hidrogênio 0,45% no equipamento da Hidrogeron® que atuarão como agentes oxidantes da matéria orgânica e desinfetantes na etapa equivalente.

Figura 3 - Processo de produção do hipoclorito de sódio 0,65% e peróxido de hidrogênio 0,45% no equipamento da Hidrogeron®

Processo de Produção



Fonte: HIDROGERON®, 2017

De acordo com informações da empresa, a geração da solução oxidante ocorre por uma eletrólise a partir de uma solução de salmoura a 3% que é injetada contínua e automaticamente na célula eletrolítica, onde ocorrem as reações eletroquímicas para a conversão do cloreto de sódio em hipoclorito de sódio. O produto final da reação possui além do cloro ativo, peróxido de hidrogênio e ácido hipocloroso, logo, ação mais rápida que o cloro gás e hipoclorito de sódio comercial na desinfecção, além de proporcionar maior nível de estabilidade do cloro até a ponta da rede e formar menor quantidade de THM.

Na década de 70 ganharam destaque os compostos clorados orgânicos, que são produtos de reações do ácido hipocloroso com aminas, iminas, amidas e imidas, com destaque para e os sais de sódio e potássio do ácido dicloroisocianúrico e o ácido tricloroisocianúrico (DYCHDALA, 1991).

O ácido tricloroisocianúrico (ATCI), conhecido comercialmente como Simclosene, ACL-85 ou cloreal e o 1,3-dicloro-1,3,5-triazina-6-oxo-2,4-diona, conhecido como dicloroisocianurato de sódio (DCIS), dicloro-s-triazinatriona de sódio, 1,3,5-triazina-2,4,6-(1H,3H,5H)-triona e trocloseno sódico, são N-cloraminas orgânicas utilizadas no processo de desinfecção de água de piscinas e de água para abastecimento público, bem como na indústria de alimentos nos processos de desinfecção das águas de resfriamento, de superfícies de alimentos, de tubulações e equipamentos e de ambientes, pisos e paredes (CUNHA et al., 2006).

No processo de desinfecção de água, dentre as vantagens comerciais em relação aos compostos clorados inorgânicos, estão associadas ao ATCI e ao DCIS a possibilidade de sua utilização na forma de pó, bastão e tabletes e sua maior estabilidade no processo de armazenamento.

As N-cloraminas possuem maior estabilidade em solução aquosa, liberando lentamente o ácido hipocloroso, devido sua baixa solubilidade em água, permanecendo assim, efetivo por mais tempo no meio. Como pode ser visto na Tabela 9, adaptada do trabalho desenvolvido por Triolli et al. (2002) *apud* Macêdo (2004), o desinfetante que apresentou a maior estabilidade e manteve o nível de cloro residual mais duradouro por um maior período de tempo foi o DCIS, em comparação com os derivados clorados inorgânicos.

Tabela 9 - Avaliação de estabilidade após a desinfecção de uma amostra feita com três derivados clorados de origem inorgânica (cloro gasoso, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio) e um de origem orgânica (dicloroisocianurato de sódio)

Tempo de contato	Residual de cloro (mg/L Cl ₂)			
	Cloro gasoso	Hipoclorito de sódio	Hipoclorito de cálcio	Dicloroisocianurato de sódio
Imediato	1,94	1,94	2,10	2,04
Após 1h	1,22	1,31	1,32	1,64
Após 2h	0,98	1,01	1,29	1,50
Após 3h	0,85	0,89	1,13	1,37
Após 4h	0,68	0,77	1,00	1,27
Após 5h	0,53	0,66	0,87	1,20

Fonte: TROLLI et al. 2002, *apud* MACÊDO, 2004

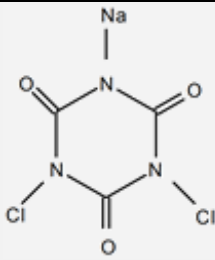
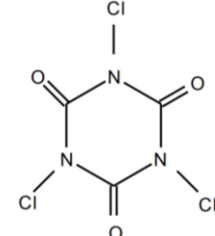
Segundo pesquisa de Macêdo (1997), um aspecto importante com relação à saúde pública e que contribui para o uso de derivados clorados orgânicos, é a sua capacidade de reduzir a formação de THM em comparação com os derivados clorados inorgânicos. No entanto, o contato de precursores com desinfetantes clorados de qualquer categoria leva à formação de diversos outros SOH, como apresentado na Tabela 7 do item 3.4.1, e não se restringe apenas à formação de THM.

A fim de obter economia com o uso de desinfetantes tradicionais (hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio e cloro gasoso, por exemplo), além de justificar a diminuição da formação de THM e garantir uma barreira sanitária com um residual de cloro como está estabelecido pela Portaria PCR nº 5 (2017) de 0,2 a 2,0 mg/L de Cl₂ em qualquer ponto da rede de distribuição, algumas ETA estão utilizando o ácido dicloroisocianúrico e seus sais de sódio e potássio em pó como princípio ativo na etapa de desinfecção da água para consumo humano, sendo este procedimento autorizado no Anexo II da Resolução ANVISA nº 150 (1999).

Contudo, como os compostos orgânicos clorados (DCIS e ATCI) possuem carbono em sua estrutura química, cuida-se que esse carbono molecular provoca o incremento da concentração de COT e COD na água ou efluente tratado, além de se comportar como um importante precursor da formação de outros SOH ainda desconhecidos e/ou não vigentes na Portaria PCR nº 5 (2017), mas que possuem toxicidade e carcinogenicidade tão alarmantes quanto os SOH vigentes na legislação brasileira atual, conforme apresentado na seção de resultados desta pesquisa.

Na Tabela 10 estão apresentados os produtos clorados inorgânicos e orgânicos escolhidos para estudo nesta pesquisa.

Tabela 10 - Teor de cloro ativo, fórmula química, solubilidade em água e pH da solução aquosa dos compostos clorados inorgânicos e orgânicos utilizados estudados nessa pesquisa

Comp. clorados	Cloro ativo (%)	Fórmula química	Solubilidade em água	pH solução 1%
Hipoclorito gerado <i>in loco</i> (solução)	4	NaClO <i>in loco</i> a partir do NaCl	Completa	9,6
Hipoclorito de sódio (solução comercial)	2 – 2,5	NaClO	Completa	11,5 a 12,5
Dicloroisocianurato de sódio	56 (dihidratado) 60 (anidro)		33 g /100 mL (25°C)	6,0 a 8,0
Ácido tricloroisocianúrico	90		1,2 g /100 mL (25°C)	2,7 a 2,9

Fonte: Adaptado de DYCHDALA, 1991; MACÊDO, 2010; HIDROGERON®, 2017

3.7 POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS

De acordo com recomendações da APHA et al. (1998), os ensaios de potencial de formação de subprodutos orgânicos halogenados realizados em 7 dias (PF_{SOH}_{7d}) são úteis para verificação da capacidade que uma determinada água bruta apresenta quanto à possível formação desses compostos, que estão principalmente associados ao tipo e dosagem do oxidante (cloro e derivados) e concentração de matéria orgânica precursora presente na água bruta.

O PF_{7d} é uma proposta auxiliar à operação das ETA na previsão da formação de SOH e é obtido pela diferença entre a quantidade de subprodutos formados no tempo de contato inicial de 30 minutos e ao final de 7 dias. O teste também pode ser aplicado na água tratada da rede de abastecimento, neste caso, denominado de potencial de formação de 24 horas, que representa uma situação mais próxima à realidade.

A fim de evitar interferências do pH e temperatura, faz-se necessário que o ensaio seja realizado com adição de uma solução tampão de fosfato para manutenção do pH 7,0 e durante 7 dias os frascos sejam mantidos em temperatura de 25° C. A dosagem de cloro empregada deve ser tal que após 7 dias resulte um teor de cloro residual livre de 3,5 mg/L a 5,0 mg/L, a ser estabelecido por meio de ensaio de demanda de cloro.

Paschoalato (2005) realizou ensaios de PF_{7d} de 22 SOH em água sinteticamente preparada com substâncias húmica extraída de solo turfoso para investigar a influência de sete agentes oxidantes, sendo: cloro, dióxido de cloro, permanganato de potássio, ácido peracético, peróxido de hidrogênio, ozônio e peroxônio. Os resultados evidenciaram que o maior PF ocorreu com uma pré-oxidação feita com cloro, desatacando-se além dos THM, também o cloro hidratado e os AHA.

Rosário et al. (2013) realizaram um monitoramento em dois mananciais da grande São Paulo em um período de 12 meses para a determinação do PFSOH_{7d}. Conjuntamente, investigaram a qualidade da água quanto à formação de SOH além de características físico-químicas e bacteriológicas na saída de duas ETA e em três pontos na rede de distribuição. Verificou-se que o PF no manancial 1 foi maior que do manancial 2, sendo o clorofórmio o principal THM formado além do cloro hidratado, que também foi identificado em 100% das amostras de água tratada. Na rede, o sistema 1 apresentou maior formação de SOH comparado ao sistema 2, além de 23,5% das amostras analisadas estarem fora dos padrões estabelecidos na Portaria PCR nº 5 (2017), enquanto no sistema 2 o não atendimento foi de 5,9%.

Como o precursor presente no efluente da ETE, previamente apresentado na Figura 2 do item 3.5.1, é diferente do presente na água superficial tratada e destinada ao consumo, viu-se a necessidade da avaliação do potencial de formação de SOH em esgoto sanitário com o uso de desinfetantes clorados orgânicos e inorgânicos, bem como os possíveis danos ocasionados à saúde dos indivíduos, caso esse efluente seja destinado ao reuso.

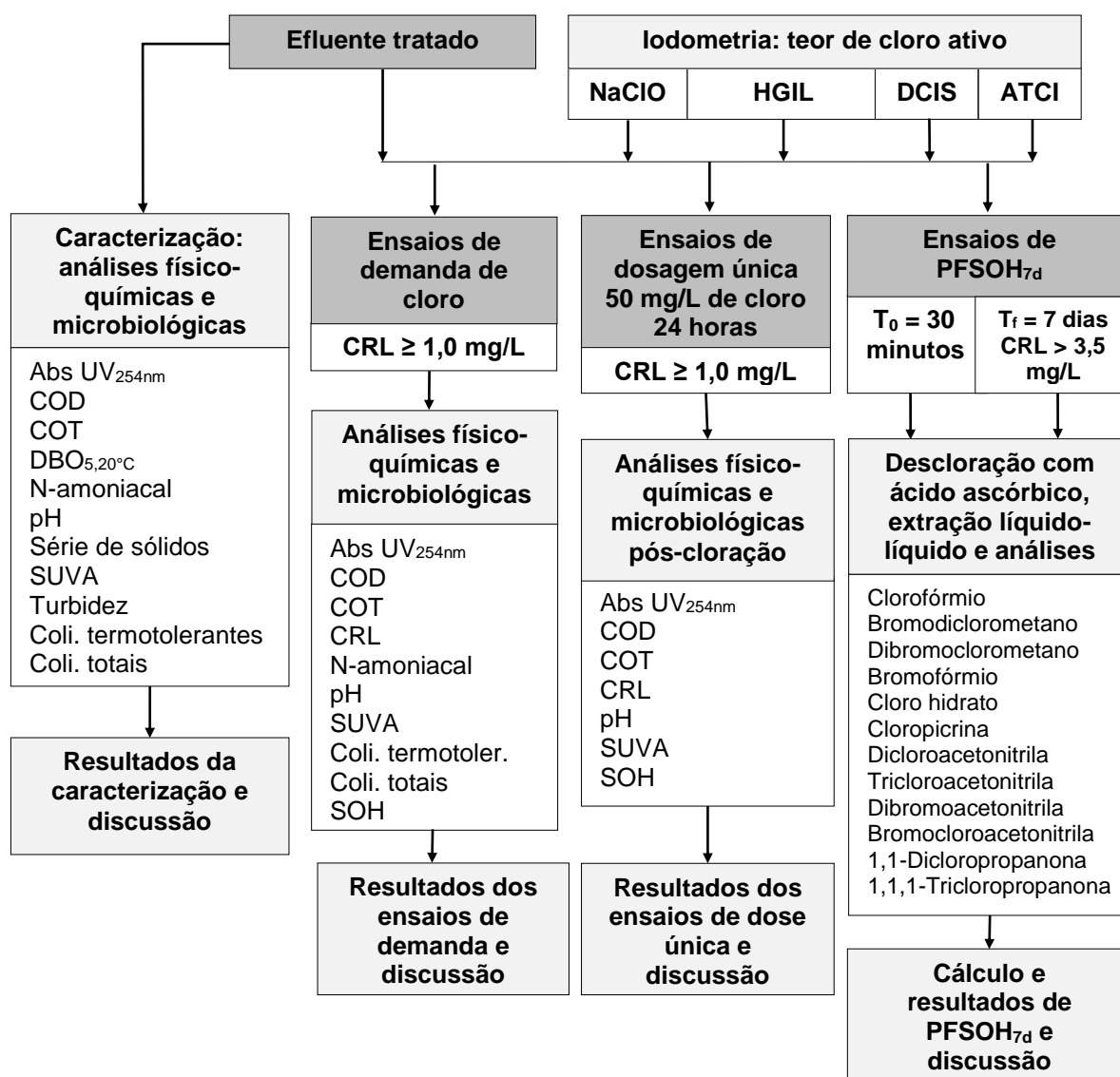
Isso será capaz de gerar uma mudança na percepção dos agentes públicos e profissionais da área sobre a necessidade de avançarem no estudo da identificação e quantificação de subprodutos formados na etapa de desinfecção de esgoto sanitário destinado ao reuso, a fim de garantir o fornecimento de água de reuso com segurança

sanitária, tanto em aspectos microbiológicos quanto físico-químicos, semelhantes aos que são exigidos na Portaria PCR nº 5 (2017) para água de abastecimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho proposto foi desenvolvido em seis etapas e todos os ensaios e determinações analíticas foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos da UNAERP. Na Figura 4 está apresentado o fluxograma das etapas do trabalho.

Figura 4 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa utilizando o efluente tratado da ETE destinado para reuso direto não potável



Sendo:

- I. Coleta e caracterização do efluente tratado através de análises físico-químicas e microbiológicas;

- II. Ensaios de iodometria para determinação do teor de cloro ativo em cada um dos quatro produtos clorados;
- III. Desenvolvimento de uma metodologia analítica por cromatografia em fase gasosa com detector de captura de elétrons, extração e calibração para a determinação de doze compostos orgânicos halogenados;
- IV. Ensaios de demanda de cloro para os quatro produtos clorados;
- V. Ensaio de dosagem única de 50 mg/L de cloro para comparar o consumo de cloro e a formação de SOH entre os quatro produtos clorados em um tempo de contato de 24 horas;
- VI. Ensaios de PFSOH_{7d} que resultassem em um residual de cloro livre de 3,5 mg/L a 5,0 mg/L após um tempo de contato de 7 dias.

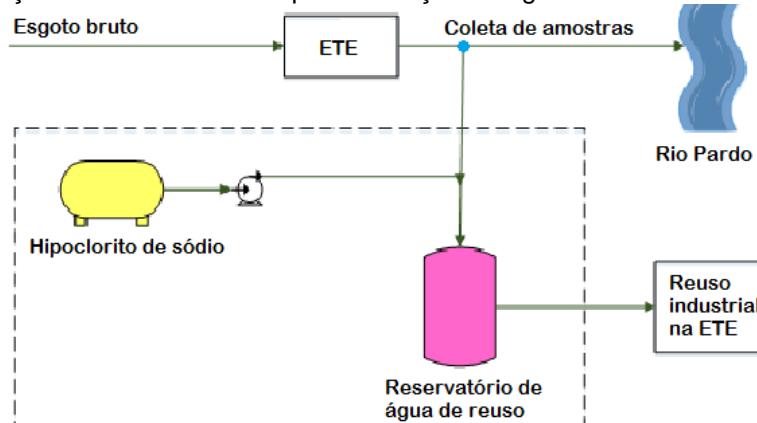
4.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA ETE

As coletas das amostras do efluente tratado foram feitas no sedimentador secundário da ETE, visto na Figura 5, após o esgoto ter passado pelo tratamento preliminar, primário e secundário, mas antes de ser desinfectado. Na Figura 6 está representado um esquema do local de coleta das amostras da água de estudo, bem como da etapa de desinfecção feita com adição de hipoclorito de sódio com 12% de cloro ativo, sendo que a ETE reutiliza essa água de maneira direta não potável em atividades industriais como: pré-tratamento, diluição de polímeros, lavagem de equipamentos e piso e irrigação de gramado ao redor dos reatores e sedimentadores.

Figura 5 – Local de coleta do efluente tratado na saída do sedimentador secundário da ETE



Figura 6 – Representação esquemática do local de coleta das amostras da água de estudo e da etapa de desinfecção do efluente tratado para obtenção de água de reuso direto não potável



Entre as etapas de caracterização das amostras e realização dos ensaios, ao todo, foram realizadas 11 coletas de água de estudo, com volume de 100 L cada, nas seguintes datas: 22/09/2016; 20/10/2016; 07/03/2017; 04/04/2017; 19/04/2017; 08/05/2017; 22/05/2017; **18/07/2017**; **21/08/2017**; **22/11/2017** e **28/11/2017**, sendo que as quatro últimas coletas foram destinadas à realização dos ensaios de demanda de cloro, dosagem única e potencial de formação. O critério para a realização das coletas foi o de fazê-las de maneira aleatória propositalmente, com o intuito de verificar a ocorrência de variações nas características do efluente tratado ao longo do ano.

O efluente tratado foi coletado em 4 tambores de 25 L com lacre adequado para transporte e posteriormente homogeneizado e armazenado em um recipiente com tampa e capacidade de 100 L e mantido à temperatura ambiente no Laboratório de Recursos Hídricos da UNAERP, como visto na Figura 7.

Figura 7 – Recipiente de armazenamento da amostra do efluente tratado coletado para análises



A metodologia analítica empregada na caracterização do efluente da ETE seguem as orientações de APHA (2012) e os valores de referência foram a compilação

da Resolução CONAMA nº 430 (2011), Resolução CONAMA nº 357 (2005) e o Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976), tendo sido considerado o mais restritivo. Na Tabela 11 estão apresentados os parâmetros, as unidades, métodos analíticos, o limite de detecção do método (LDM) e os valores máximos permissíveis (VMP) das legislações.

Tabela 11 – Parâmetros analisados na caracterização do efluente estudado, unidades, metodologias, equipamentos, limite de quantificação do método (LQM) e Valor Máximo Permissível (VMP) de lançamento em mananciais

Parâmetro	Unidade	Método	Equipamento	LQM	VMP
Absorbância 254 nm	adimensional	Espectrofotométrico UV	Espectrofotômetro Varian modelo Cary	0,001	NE
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	Combustão Infravermelho não dispersivo - NPOC	TOC Shimatzu	0,1	NE
Carbono Orgânico Total	mg/L C	Combustão Infravermelho não dispersivo - NPOC	TOC Shimatzu	0,1	NE
Coliformes termotoler.	UFC/100 mL	Cromocult	-	1	NE
Coliformes totais	UFC/100 mL	Cromocult	-	1	NE
Demanda Bioquímica de Oxigênio 5, 20°C	mg/L O ₂	Potenciométrico SM	Oxímetro Digimed modelo DM4 e incubadora FANEM modelo 347-G	1	60 mg/L ou 80%
Nitrogênio amoniacal	mg/L NH ₃	Espectrofotométrico com Nessler 4500-NH ₃ D com destilação prévia	Destilador Marconi MA modelo 036 e Espectrofotômetro Hach modelo DR/3900	0,01	0,5
pH	adimensional	Eletrométrico SM 4500 HB	pHmetro Orion modelo 230	0,01	5 a 9
Série de Sólidos	mg/L	Gravimétrico SM 2540 C	Balança analítica Sartorius	1	NE
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	Abs _{254nm} .100/COD	-	-	NE
Turbidez	uT (UNT)	Neftelométrico SM 2130 B	Turbidímetro HACH modelo 2100P	0,01	NE

NE: não estabelecido. Fonte: APHA (2012); CONAMA nº 430 (2011); CONAMA nº 357 (2005); Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976)

Dentre os parâmetros avaliados, alguns tiveram o objetivo do conhecimento da qualidade do efluente em atendimento aos padrões de lançamento em corpos d'água, tais como DQO, DBO, COT, absorvância UV_{254nm} e amônia. Outros parâmetros foram investigados com intuito de caracterizar efluente, sendo: pH, turbidez, série de sólidos e coliformes, sendo que todos as análises foram feitas em triplicata.

Para a determinação do COD e absorvância UV foi necessário um pré-tratamento para remoção de sólidos particulados, através da filtração da amostra em filtro de fibra de vidro de porosidade de 0,45 µm, sendo todos os resultados obtidos em mg C/L.

Para a determinação da absorvância, a amostra pré-filtrada foi transferida para uma cubeta de quartzo e com caminho óptico de 1 cm e a leitura foi realizada no comprimento de onda de 254 nm, tendo o resultado obtido em cm⁻¹.

De acordo com o Standard Methods (2012), há indícios de uma forte correlação entre a absorvância UV com o teor de carbono orgânico e a cor verdadeira (devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos em águas superficiais), além de outros precursores da formação de SOH. Por isso a absorvância UV específica, ou como é conhecida internacionalmente, *Specific UV Absorption* (SUVA), que é uma fração da absorvância UV que leva em conta a concentração de COD, tem sido utilizada para caracterizar a matéria orgânica natural presente nas águas superficiais e ajudar no controle da formação de SOH.

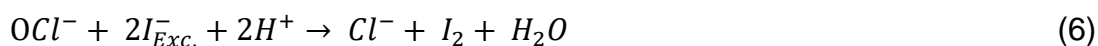
O cálculo da SUVA é feito pela divisão da AbsUV_{254nm} (cm⁻¹) pelo COD (mg/L) e multiplicado por 100 cm/m, sendo o resultado reportado em L.mg⁻¹.m⁻¹, como pode ser visto na Equação 5.

$$SUVA = \frac{AbsUV_{254nm} \left[\frac{1}{cm} \right] \cdot 100 \left[\frac{cm}{m} \right]}{COD \left[\frac{mg}{L} \right]} \quad (5)$$

Todavia, como nessa pesquisa a matriz de carbono é proveniente de efluente sanitário tratado e não de matéria orgânica natural (MON), a utilização do cálculo da SUVA servirá apenas como um possível indicador da potencialidade de formação de SOH, porém, a confiança nesse resultado só poderá ser efetivada a partir da confirmação dos resultados dos ensaios de demanda de cloro e PFSOH_{7d}.

4.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO ATIVO POR IODOMETRIA

A cada nova coleta do efluente na ETE foram preparadas novas soluções-padrão dos quatro desinfetantes utilizados nesta pesquisa e determinado o teor de cloro ativo dos produtos e comparados com o valor fornecido pelo fabricante, através da metodologia de iodometria, que é uma reação química de oxirredução do tiosulfato a tetrionato com a utilização de iodo. Nesse método, junta-se excesso de iodeto a um sistema contendo o íon hipoclorito (analito oxidante) e forma-se o iodo. A determinação do teor de cloro ativo está baseada na titulação do iodo liberado pela ação do ânion hipoclorito sobre o excesso de iodeto, em meio ácido, utilizando-se solução padronizada de tiosulfato, como visto nas Equações 6 e 7.



O iodeto em excesso usado na iodometria tem duas funções: garantir a qualidade do redutor (I^-) a fim de garantir a completa redução do íon hipocloroso oxidante e solubilizar o iodo produzido no processo, como triiodeto (VOGEL, 2002).

Os produtos utilizados como agentes oxidantes e que tiveram os seus teores de cloro ativo analisados por iodometria estão representados nas Figuras de 8 a 11. Na Figura 8 está apresentada a solução comercial de hipoclorito de sódio, na Figura 9 o equipamento para a geração da solução de hipoclorito *in loco* e nas Figuras 10 e 11 estão apresentados os produtos comerciais utilizados para preparo das soluções-padrão de DCIS e ATCI respectivamente, com descrição do teor de cloro ativo informado pelo fabricante no rótulo de cada produto. No Anexo A, estão apresentadas as fichas completas de informação dos produtos químicos hipoclorito de sódio, DCIS e ATCI fornecidas pela CETESB.

Todas as soluções-padrão foram preparadas com água desmineralizada de acordo com os seguintes procedimentos analíticos:

- Hipoclorito de sódio: utilizou-se o produto bruto e realizou-se uma diluição de 10 vezes para determinação do teor de cloro ativo.

- HGIL: pesou-se aproximadamente 7,5 g de cloreto de sódio e avolumou-o para 1 L com água desmineralizada, obtendo-se assim uma salmoura com 0,75% de concentração de NaCl, que após injetada no equipamento produziu a solução de hipoclorito. Para a medição do teor de cloro ativo fez-se uma diluição de 10 vezes da solução-padrão.
- DICS: pesou-se aproximadamente 5 g do produto e avolumou-o para 1 L de água desmineralizada, obtendo assim uma solução com 0,5% de concentração do produto comercial. O teor de cloro ativo foi determinado nesta solução.
- ATCI: macerou-se a pastilha do produto comercial para obtenção do pó, pesou-se aproximadamente 1 g e avolumou-o para 2 L de água desmineralizada, obtendo assim uma solução com 0,05% de concentração do produto comercial. O teor de cloro ativo foi determinado nesta solução.

Figura 8 - Solução comercial de hipoclorito de sódio com teor de cloro ativo entre 2 a 2,5% informado pelo fabricante



Figura 9 - Equipamento para geração de hipoclorito *in loco* a partir de NaCl e água deionizada



Figura 10 - Dicloroisocianurato de sódio com 45% de teor de cloro ativo informado pelo fabricante

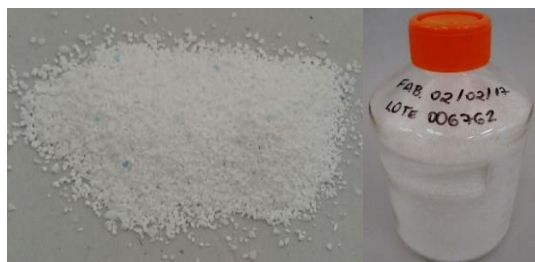


Figura 11 - Ácido tricloroisocianúrico com 90% de teor de cloro ativo informado pelo fabricante. Imagem da esquerda produto em forma de pastilha e da direita produto macerado para utilização na forma de pó



Com cada uma das quatro soluções-padrão preparadas, separou-se 20 mL da solução diluída e transferiu-a para um erlenmeyer de 250 mL com tampa esmerilhada,

onde também foram adicionados 2 g de iodeto de potássio (KI) como agente redutor e 3 mL de ácido acético glacial (CH_3COOH). A reação foi mantida no escuro por 6 minutos e posteriormente adicionou-se 5 mL de solução de indicadora de amido 1% e titulou-a com solução de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N até que a solução ficasse incolor. Para o cálculo do teor de cloro ativo foi utilizada a Equação 8.

$$\text{Teor cloro ativo} = \left[\left(\frac{V_{\text{gasto}}(\text{mL})}{1000} \right) \frac{N \times f \times \text{PM}}{V_{\text{amostra}}(\text{mL})} \right] \times 1000 \quad (8)$$

Sendo:

V_{gasto} : Volume gasto na titulação realizada com tiosulfato de sódio (mL);

N: Normalidade do tiosulfato de sódio (0,1N);

f: Fator de correção do tiosulfato de sódio;

PM: Massa molar do cloro (35,45 g/gmol);

V_{amostra} : Volume da amostra utilizada (20 mL).

O teste de iodometria de cada desinfetante clorado foi realizado em triplicata e feita a média aritmética das análises.

4.3 DETERMINAÇÃO DE ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS SUPRODUTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS

Para a realização das análises cromatográficas foi utilizado um cromatógrafo a gás (CG), da marca Varian, modelo 3600CX, com detector de captura de elétrons (DCE) como pode ser visto na Figura 12.

Para a determinação cromatográfica dos subprodutos foi empregado o método 551.1 recomendado pela USEPA, porém, os parâmetros operacionais do equipamento com fluxo a gás podem variar de um equipamento para outro. As condições aplicadas para esta pesquisa foram as recomendadas por Paschoalato (2005) e Butião et al. (2010) nas quais foram definidas as seguintes condições operacionais do cromatógrafo:

- Coluna J&W-DB-1, 30 m x 0,32 mm ID e 5 μm filme;

- Gás de arraste nitrogênio 5.0 ECD com fluxo de 3,6 mL/min, 74 cm/s com pressão de 15 psi (1,071 atm);
- Temperatura do injetor a 160°C e temperatura do detector a 290°C;
- Temperatura inicial de 40°C por 1 minuto, aquecimento até 125°C numa razão de 5°C/min permanecendo em 125°C por 2 minutos, aquecimento até 180°C numa razão de 20°C/min permanecendo em 180°C por 10 minutos;
- Fluxo de divisão de amostra em 2 mL/min e sensibilidade de 10;
- Tempo total de 15 minutos para cada análise;
- Volume de extrato injetado 1µL.

Figura 12 - Cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons para análise e quantificação dos SOH



Por este método foram determinados os seguintes compostos organoclorados:

- Trialometanos (THM): clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio;
- Haloaldeído: Cloro hidrato (CH);
- Halopicrina (HP): cloropicrina;
- Haloacetoneitrilas (HAN): dicloroacetoneitrila, tricloroacetoneitrila, dibromoacetoneitrila e bromocloroacetoneitrila;
- Haloacetonas (HK): 1,1-dicloropropanona, 1,1,1-tricloropropanona.

O composto utilizado como padrão interno (PI) foi o diclorometano grau cromatográfico, marca J.T. Baker e foram utilizados os seguintes padrões para calibração:

- Padrão misto de trihalometanos, marca Supelco (48140-U), para THM;
- Padrão puro de cloro hidratado, marca Supelco (47335-U).
- Padrão misto de halogenados voláteis (EPA 551 B), marca Supelco; (48046) para haloacetoneitrilas, cloropicrina e haloacetonas;

Originalmente a concentração dos padrões é elevada, então fez-se uma diluição e mistura com acetona de pureza grau cromatográfico da marca J. T. Baker. A partir da diluição e mistura, foram preparadas as diluições para a elaboração de uma curva analítica de calibração.

4.3.1 Curva de calibração

As amostras para a curva analítica de calibração foram diluídas em meio aquoso utilizando-se balões volumétricos aferidos de 10 mL. A água utilizada para diluição foi previamente purificada partindo de um volume de 5 L de água ultrapura, obtida em purificador Mili-Q. Para garantia da isenção de compostos voláteis, cloro e matéria orgânica a água utilizada foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Adição de carvão ativado e filtração em 0,45 µm;
- Fervura por 10 minutos;
- Exposição à radiação UV por 1 minuto;
- Resfriamento e acondicionamento em frasco de vidro escuro a 4°C.

Em cada balão foram adicionados volumes de 10 µL de padrão interno, diclorometano 1%, inclusive em um branco, seguido de uma leve agitação. Posteriormente um volume de 4 mL de MTBE (metil-tercio-butil-eter) a 4°C foi adicionado para extração líquido-líquido, seguido de forte agitação por 5 minutos e decantação a temperatura de -4°C.

Durante todo o procedimento de manipulação com padrões e solventes para diluição e preparo da curva de calibração, exige-se o cuidado de colocar gelo em uma bandeja plástica onde os reagentes e vidrarias em uso permaneceram imersas para evitar perdas por evaporação.

Com base nos trabalhos de Paschoalato (2005) e Butião et al. (2010) foram estabelecidos os pontos para a criação da curva de calibração do CG, a qual é apresentada na Tabela 12 e foi feita de acordo com o método 551.1 da USEPA para determinação de trialometanos, cloro hidrato, haloacetoneitrilas, haloacetonas e cloropicrina utilizada nesta pesquisa.

Tabela 12 - Curva de calibração para os 12 subprodutos orgânicos halogenados avaliados: trialomentanos, haloaldeído, halopicrina, haloacetoneitrilas e haloacetonas em µg/L

Compostos analisados	Pontos da curva de calibração (µg/L)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Padrão Interno (µL)	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofórmio	10	20	40	60	80	100	120	140
Tricloroacetoneitrila	10	20	40	60	80	100	120	140
Dicloroacetoneitrila	10	20	40	60	80	100	120	140
Bromodiclorometano	10	20	40	60	80	100	120	140
Cloro hidrato	5	10	20	30	40	50	60	70
1,1-Dicloropropanona	10	20	40	60	80	100	120	140
Cloropicrina	10	20	40	60	80	100	120	140
Dibromoclorometano	10	20	40	60	80	100	120	140
1,1,1-Tricloropropanona	10	20	40	60	80	100	120	140
Bromocloroacetoneitrila	10	20	40	60	80	100	120	140
Dibromoacetoneitrila	10	20	40	60	80	100	120	140
Bromofórmio	10	20	40	60	80	100	120	140

4.4 NOMENCLATURA DAS ÁGUAS DE ESTUDO

Dentre todas as 11 coletas realizadas, os ensaios iniciais foram testes do tipo “tentativa e erro”, pois não foi encontrado na literatura nenhuma referência que avaliou a formação SOH em efluente sanitário tratado, utilizando-se os quatro desinfetantes estudados nessa pesquisa. Em vista disso, quatro amostragens foram utilizadas para a realização dos ensaios, sendo denominadas como está apresentado na Tabela 13.

Com o emprego da ÁGUA 1 e da ÁGUA 4, coletadas em 18/07/2017 e 28/11/2017 respectivamente, foram realizados ensaios de demanda de cloro e PFSOH_{7d}. Com a ÁGUA 2, coletada em 21/08/2018, foi realizado apenas o ensaio de demanda de cloro, sendo que no ensaio de PFSOH_{7d} os resultados não puderam ser aproveitados, pois o residual de cloro após 7 dias foi de 0,10 mg/L com o uso do ATCl e por esse motivo todo o ensaio foi descartado. Já com a ÁGUA 3, coletada em

22/11/2018 foi realizado apenas o ensaio de dosagem única, pois nessa etapa do estudo, notou-se a necessidade da realização de um ensaio que empregasse a mesma dosagem de cloro para os quatro desinfetantes utilizados e fosse feito um comparativo entre a formação de SOH.

Tabela 13 - Nomenclatura das águas de estudo utilizadas para a realização dos ensaios de demanda de cloro, dosagem única e potencial de formação de SOH de 7 dias

ÁGUA 1 - Data da coleta: 18/07/2017			ÁGUA 2 - Data da coleta: 21/08/2017		
Ensaio	Produto	Data	Ensaio	Produto	Data
Demanda de cloro	Hipoclorito	25/07/2017	Demanda de cloro	Hipoclorito	22/08/2017
	HGIL	20/07/2017		HGIL	23/08/2017
	DICS	21/07/2017		DICS	23/08/2017
	ATCI	20/07/2017		ATCI	24/08/2017
Potencial de Formação de SOH de 7 dias	Hipoclorito	25/07/2017	Potencial de Formação de SOH de 7 dias	Hipoclorito	01/12/2017
	HGIL	20/07/2017		HGIL	06/12/2017
	DICS	21/07/2017		DICS	04/12/2017
	ATCI	20/07/2017		ATCI	05/12/2017

ÁGUA 3 - Data da coleta: 22/11/2017			ÁGUA 4 - Data da coleta: 28/11/2017		
Ensaio	Produto	Data	Ensaio	Produto	Data
Dosagem única	Hipoclorito	23/11/2017	Demanda de cloro	Hipoclorito	01/12/2017
	HGIL	23/11/2017		HGIL	06/12/2017
	DICS	23/11/2017		DICS	04/12/2017
	ATCI	23/11/2017		ATCI	05/12/2017
Potencial de Formação de SOH de 7 dias	Hipoclorito	23/11/2017	Potencial de Formação de SOH de 7 dias	Hipoclorito	01/12/2017
	HGIL	23/11/2017		HGIL	06/12/2017
	DICS	23/11/2017		DICS	04/12/2017
	ATCI	23/11/2017		ATCI	05/12/2017

4.4.1 Ensaio de demanda de cloro

A demanda de cloro pode ser definida como a diferença entre a dosagem de cloro aplicado e a concentração de cloro residual disponível, no final de um período de tempo especificado, sendo que a concentração de cloro residual disponível corresponde à medida do cloro residual total (livre e combinado), em termos de cloro elementar (Cl_2). A perda do cloro adicionado ocorre por participação dele em reações secundárias sem finalidade exclusiva de desinfecção e deve-se à presença de

substâncias redutoras na água, por exemplo: compostos de cadeia aromática, moléculas com presença de carbono e/ou nitrogênio, ferro, manganês e ácido sulfídrico (APHA, 1998; JORDÃO; PESSÔA, 2005; DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

Após o preparo das soluções-padrão dos quatro desinfetantes clorados, foi analisado o cloro residual livre (CRL) com adição do reagente DPD (n,n-dietil-p, fenilenodiamina). Sabendo-se a concentração de CRL da solução foi utilizada a Equação 9 para a determinação do volume a ser dosado em cada frasco de 1 litro.

$$C_1.V_1 = C_2.V_2 \quad (9)$$

Sendo:

C = concentração da solução em g/L;

V = volume da solução em L.

Para se conhecer a demanda, determinou-se o CRL após um tempo de 30 minutos, sendo que a diferença entre a dosagem de CRL medido na solução-padrão e o residual após o tempo de contato foi a demanda de cloro para cada desinfetante.

Para a realização dos ensaios de demanda para cada desinfetante utilizaram-se quinze frascos de vidro âmbar com capacidade de 1 L, sendo preenchidos com aproximadamente 3/4 do volume com o efluente e aplicadas dosagens crescentes de cloro, além de acrescido 2 mL de solução tampão de fosfato para a obtenção de pH 7,0 como pode ser visto na Figura 13.

Figura 13 - Preparo dos quinze frascos para o ensaio de demanda



Após o instante inicial do contato do desinfetante com o efluente, os frascos foram fechados, agitados por alguns segundos para homogeneização e mantidos em repouso em temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ até findar 30 minutos. Em seguida abriram-se os frascos, a amostra de cada um foi filtrada rapidamente (tempo de filtração de aproximadamente 5 segundos) em papel de filtro comum, o qual não ocasiona consumo nem adição de cloro ao meio, e teve por finalidade a remoção de qualquer partícula em suspensão; a solução filtrada teve o cloro residual livre medido por espectrofotometria com adição do reagente DPD, como visto na Figura 14.

Figura 14 - Determinação do cloro residual livre de cada frasco por DPD após tempo de contato de 30 minutos



Após 30 minutos de contato, o ponto que resultou em um cloro residual mínimo de 1,0 mg/L, conforme é exigido para reuso pela USEPA (2004), teve o valor do nitrogênio amoniacal analisado para garantir que o cloro existente no ponto escolhido não era cloro combinado com amônia, mas sim cloro livre. Caso contrário, escolhia-se o ponto subsequente e analisava-se o N-amoniacal até garantir que resultado fosse $<0,01$ mg/L NH_3 . O frasco selecionado teve os parâmetros avaliados, os quais estão descritos na Tabela 14.

Tabela 14 – Parâmetros analisados após o ensaio de demanda e escolha do frasco com cloro residual livre igual ou maior 1,0 mg/L após 30 minutos de contato, unidades, metodologias, equipamentos, limite de quantificação dos métodos (LQM) e Valor Máximo Permissível (VMP) de lançamento e mananciais

Parâmetro	Unidade	Método	Equipamento	LQM	VMP
Absorbância 254 nm	adimen.	Espectrofotométrico UV	Espectrofotômetro Varian modelo Cary	0,001	NE
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	Combustão Infraver. não dispersivo - NPOC	TOC Shimatzu	0,1	NE

Continua

Tabela 14 - Continuação

Parâmetro	Unidade	Método	Equipamento	LQM	VMP
Carbono Orgânico Total	mg/L C	Combustão Infraver. não dispersivo - NPOC	TOC Shimatzu	0,1	NE
Cloro residual livre	mg/L Cl ₂	DPD	Espectrofotômetro Hach modelo DR/3900	0,01	NE
Nitrogênio amoniacal	mg/L NH ₃	Espectrofotométrico com Nessler 4500-NH ₃ D com destilação prévia	Destilador Marconi MA modelo 036 e Espectrofotômetro Hach modelo DR/3900	0,01	0,5
pH	adimen.	Eletrométrico SM 4500 HB	pHmetro Orion modelo 230	0,01	5 a 9
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	Abs _{254nm} .100/ COD	-	-	NE
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	Cromocult	-	1	NE
Coliformes totais	UFC/100 mL	Cromocult	-	1	NE
Clorofórmio	µg/L				
Bromodichlorometano	µg/L				
Dibromoclorometano	µg/L				
Bromofórmio	µg/L				
Cloro hidrato	µg/L				
Cloropicrina	µg/L				
Dicloroacetoneitrila	µg/L				
Tricloroacetoneitrila	µg/L				
Dibromoacetoneitrila	µg/L				
Bromocloroacetoneitrila	µg/L				
1,1-dicloropropanona	µg/L				
1,1,1-tricloropropanona	µg/L				
		Cromatografia Gasosa com Detector de Captura de Elétrons	CG-DCE Varian modelo 3600CX	0,1	NE

NE: não estabelecido.

Fonte: APHA (2012); CONAMA nº 430 (2011); CONAMA nº 357 (2005); Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976)

4.4.2 Ensaios de dosagem única de cloro

Realizou-se o ensaio de dosagem única em triplicata com o uso de três frascos de vidro âmbar com capacidade de 1 L para cada desinfetante clorado. Os frascos foram preenchidos com aproximadamente 3/4 do seu volume com o efluente tratado

e aplicada a mesma dosagem de cloro residual livre, sendo de 50 mg/L, pré-determinada nos ensaios de demanda para cada um dos quatro desinfetantes, além de 2 mL de solução tampão de fosfato para a obtenção de pH 7,0.

Em seguida, os frascos foram fechados, agitados por alguns segundos para homogeneização e mantidos em repouso em temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ por 24 horas. Esse tempo de contato entre o efluente e os desinfetantes clorados possibilitou a avaliação da potencialidade de formação real de SOH, pois é o tempo médio entre o efluente passar por tratamento adequado e ser destinado para o reuso.

Após esse tempo, abriram-se os frascos e a amostra de cada um foi filtrada em papel de filtro comum para remoção de partículas em suspensão e a solução filtrada foi avaliada de acordo com os parâmetros apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Parâmetros analisados após o ensaio de dosagem única, unidades, metodologias, equipamentos, limite de quantificação dos métodos (LQM) e Valor Máximo Permissível (VMP) de lançamento e mananciais

Parâmetro	Unidade	Método	Equipamento	LQM	VMP
Absorbância 254 nm	adimen.	Espectrofotométrico UV	Espectrofotômetro Varian modelo Cary	0,001	NE
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	Combustão Infravermelho não dispersivo - NPOC	TOC Shimatzu	0,1	NE
Carbono Orgânico Total	mg/L C	Combustão Infravermelho não dispersivo - NPOC	TOC Shimatzu	0,1	NE
Cloro residual livre	mg/L Cl ₂	DPD	Espectrofotômetro Hach modelo DR/3900	0,01	NE
Nitrogênio amoniacal	mg/L NH ₃	Espectrofotométrico com Nessler 4500-NH ₃ D com destilação prévia	Destilador Marconi MA modelo 036 e Espectrofotômetro Hach modelo DR/3900	0,01	0,5
pH após cloração	adimen.	Eletrométrico SM 4500 HB	pHmetro Orion modelo 230	0,01	5 a 9

Continua

Tabela 15 – Continuação

Parâmetro	Unidade	Método	Equipamento	LQM	VMP
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	Abs _{254nm} .100/ COD	-	-	NE
Clorofórmio	µg/L	Cromatogra- fia Gasosa com Detector de Captura de Elétrons	CG-DCE Varian modelo 3600CX	0,1	NE
Bromodiclorometano	µg/L				
Dibromoclorometano	µg/L				
Bromofórmio	µg/L				
Cloro hidratado	µg/L				
Cloropicrina	µg/L				
Dicloroacetoneitrila	µg/L				
Tricloroacetoneitrila	µg/L				
Dibromoacetoneitrila	µg/L				
Bromocloroacetoneitrila	µg/L				
1,1-dicloropropanona	µg/L				
1,1,1-tricloropropanona	µg/L				

NE: não estabelecido. Fonte: APHA (2012); CONAMA nº 430 (2011); CONAMA nº 357 (2005); Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976)

4.4.3 Ensaios de potencial de formação de SOH de 7 dias

Os ensaios de potencial de formação de subprodutos orgânicos halogenados de 7 dias (PFSOH_{7d}) são realizados a fim de verificar a capacidade que uma determinada água bruta apresenta quanto à formação de SOH. Nesta pesquisa realizou-se uma adaptação da metodologia empregada para água de abastecimento e o teste foi feito com o uso dos quatro desinfetantes clorados propostos, para avaliação do PF do efluente da ETE que será destinado para reuso direto não potável.

Os métodos 5710 A e B da APHA et al. (2012) para a realização do ensaio de PF sugerem uma dosagem excessiva de cloro na água bruta (neste caso o efluente), tal que, após 7 dias de contato e em condições controladas de temperatura de 25°C ± 2 e pH 7,0 adquirida com adição de uma solução tampão de fosfato, resulte em um teor de cloro residual livre entre 3,5 e 5,0 mg/L.

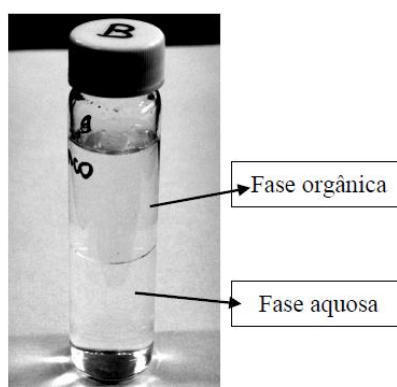
Aproveitando-se o mesmo tempo de realização dos ensaios de demanda, foram adicionados, além dos quinze frascos originais, outros quatro frascos de vidro âmbar de 1 L cada e preenchidos com 3/4 do seu volume com o efluente da ETE. Os frascos foram submetidos a dosagens crescentes de cloro, tamponados em pH 7,0, agitados por alguns segundos para homogeneização e mantidos em repouso à temperatura de 25°C ± 2 por 30 minutos.

Em seguida abriram-se os frascos, a amostra de cada um foi filtrada em papel de filtro comum para remoção de partículas em suspensão e a solução filtrada teve o cloro residual medido por espectrofotometria com adição do reagente DPD (n,n-dietil-p, fenilenodiamina). O frasco ou os frascos que apresentaram um CRL acima de 5,0 mg/L foram guardados por 7 dias nas mesmas condições de temperatura para que após esse período o residual de cloro fosse de pelo menos 3,5 mg/L até 5,0 mg/L.

Após a escolha dos frascos, de acordo com o resultado de CRL no tempo inicial de 30 minutos e no tempo final de 7 dias, a reação de oxidação foi interrompida e a amostra desclorada por adição de aproximadamente 50 mg de ácido ascórbico, e os parâmetros de controle para os tempos inicial e final foram o CRL e os SOH.

Para a determinação dos SOH, as amostras foram analisadas conforme descrito no item 4.3. A extração foi realizada em *vials* de 25 mL onde adicionou-se 10 mL de amostra desclorada, 10 µL de padrão interno submerso na amostra e 10 mL de MTBE; lacraram-se os *vials* com Parafilm® a fim de avaliar se haveria algum vazamento dos compostos, agitaram-se os frascos por 30 min a 100 rpm e os mantiveram resfriados a 4°C. Em sequência a fase orgânica foi injetada no CG-DCE para quantificação dos SOH em µg/L como pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 - Amostra pronta para ser analisada em cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons, evidenciando a separação de fases orgânica e aquosa



PFSOH pôde ser então calculado pela diferença entre a quantidade de SOH formados após 7 dias (SOH_{7d}), e a quantidade de SOH formados após 30 minutos ($\text{SOH}_{30\text{min}}$), conforme visto na Equação 10.

$$\text{PFSOH} = \text{SOH}_{7\text{dias}} - \text{SOH}_{30\text{min}} \quad (10)$$

Borges et al. (2002) realizaram um estudo para verificar a influência da amônia em água preparada em laboratório com ácido húmico comercial na presença de sulfato de amônio e brometo de sódio e avaliaram a redução do PF de THM. A dosagem de cloro aplicada foi de 3,0 mg/L e eles comprovaram que o aumento da concentração de amônia provocou diminuição no PF, dado que o cloro adicionado à água de estudo foi demandado para a formação das cloraminas e só posteriormente para a formação dos THM.

Com essa observação, neste trabalho também foi possível avaliar a influência do uso dos derivados clorados orgânicos quanto à sua real preferência para a oxidação do N-amoniaco e comparação com os derivados clorados inorgânicos, que são internacionalmente conhecidos pela rápida oxidação da matéria orgânica e da amônia presente, e conseqüente alta formação de SOH.

4.5 ESTATÍSTICA UTILIZADA

Os resultados estão apresentados através das seguintes ferramentas de tratamento estatístico:

- Tabelas de estatística descritiva (nº de dados, média aritmética, mediana, desvio padrão, mínimo, máximo, primeiro quartil e terceiro quartil);
- Gráficos de séries temporais;
- Gráficos tipo *box-whisker*;
- Gráficos de dispersão (apenas no Apêndice B);

Os conceitos referentes às ferramentas utilizadas no tratamento estatístico, utilizados para análise e interpretação dos dados experimentais, estão descritos de acordo com Correa (2003) e Triola (2013).

Estatística descritiva é a estatística que recolhe, organiza de maneira resumida, descreve e analisa as características de um conjunto de dados, sem, contudo, tirar qualquer conclusão sobre um grupo maior.

Número de dados é uma seqüência de valores numéricos não organizados, obtidos diretamente da observação de um fenômeno coletivo.

Média aritmética de um conjunto de valores é a medida de centro encontrada pela adição dos valores e divisão do total pelo número de valores, sendo de modo geral, a mais importante de todas as medidas descritivas.

Mediana de um conjunto de dados é uma medida de posição, sendo uma separatriz, pois encontra-se no centro da série estatística organizada, de tal forma que o número de elementos situados antes desse valor é igual ao número de elementos que se encontram após esse mesmo valor e divide o conjunto em duas partes iguais, com o mesmo número de elementos.

Desvio padrão de um conjunto de valores amostrais é uma medida de variação e determina a dispersão dos valores em torno da média, sendo calculado por meio da raiz quadrada da variância, que é uma medida de variação igual ao quadrado do desvio padrão, sendo útil para a comparação do grau de concentração.

Mínimo valor de um conjunto de dados indica o menor valor presente dentre os analisados.

Máximo valor de um conjunto de dados indica o maior valor presente dentre os analisados.

Primeiro quartil de um conjunto de dados indica que 25% dos dados estão abaixo do valor mencionado e 75% acima.

Terceiro quartil de um conjunto de dados indica que 75% dos dados estão abaixo do valor mencionado e 25% acima.

Gráfico série temporal é um conjunto de observações sobre uma variável feitas em um período de tempo, que tem por objetivo identificar padrões não aleatórios da variável de interesse.

Gráfico *box-whisker* é utilizado para representar descritivamente os dados observados de determinado conjunto. É desenvolvido através do desenho de uma caixa, cujos extremos correspondem ao primeiro quartil (haste superior) e ao terceiro quartil (haste inferior) dos dados, com o local da mediana indicado por uma linha central dentro da caixa. O local da mediana indica se existe ou não simetria central dos dados, em comparação aos extremos da caixa. A amplitude dos dados é representada por linhas, cujo comprimento vai da caixa até o extremo das hastes.

Gráfico de dispersão é um gráfico cartesiano de pares de dados quantitativos (x, y) com um eixo x horizontal que corresponde à primeira variável, sendo a variável independente e um eixo y vertical que corresponde à segunda variável, a variável dependente, onde os pares ordenados formam uma nuvem de pontos. A configuração geométrica do diagrama de dispersão pode estar associada a uma linha reta (correlação linear), uma linha curva (correlação curvilínea) ou, ter os pontos dispersos

de maneira que não definam nenhuma configuração linear; nesta última situação, não há correlação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de facilitar a apresentação e discussão dos resultados, os mesmos foram separados em:

- I. Caracterização do efluente tratado na ETE;
- II. Determinação do teor de cloro ativo pelo método de iodometria para os quatro desinfetantes clorados;
- III. Caracterização do efluente após os ensaios de demanda de cloro;
- IV. Caracterização do efluente após os ensaios de dosagem única;
- V. Determinação do PFSOH_{7d} do efluente tratado na ETE.

5.1 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO

A caracterização foi realizada a cada nova coleta do efluente sanitário tratado e os resultados de todas as análises estão apresentados no Apêndice A1. Os parâmetros analisados foram: absorvância_{254nm}, carbono orgânico dissolvido, carbono orgânico total, coliformes termotolerantes, coliformes totais, $\text{DBO}_{5,20}$, nitrogênio amoniacal, pH, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, SUVA e turbidez. Todos foram realizados em triplicata para cada parâmetro avaliado.

Na Tabela 16 estão apresentados os resultados da estatística descritiva (número de dados, média aritmética, mediana, desvio padrão, mínimo, máximo, primeiro quartil e terceiro quartil) dos parâmetros supracitados. Todos os resultados são valores médios de todas as 11 coletas do efluente sanitário.

Os resultados da caracterização do efluente sanitário da ETE foram importantes para o conhecimento da qualidade do tratamento secundário, assim como as possíveis variações da qualidade do efluente de estudo. Os parâmetros que possuíam referências para comparação com os padrões de qualidade do manancial para lançamento de efluente tratado, de acordo com a Resolução CONAMA nº 430 (2011) e com o Decreto nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976). Nas Figuras 16 a 39 estão apresentados os gráficos séries temporais e *box-whisker* para cada um dos parâmetros analisados seguidos da discussão de cada resultado.

Tabela 16 - Resultados expressos em valores médios (triplicata, n=3) de acordo com o número de análises, desvio padrão, mediana, mínimo, máximo, primeiro quartil e terceiro quartil do monitoramento do efluente sanitário da ETE e os valores de referência para lançamento e reuso

Parâmetros	Unidades	Nº	Média	Mediana	DP	Mínimo	Máximo	Q1	Q3	Lançamento*
Abs _{254nm}	adimensional	11	0,0975	0,1046	0,0330	0,0034	0,1360	0,0950	0,1130	NE
COD	mg/L C	7	4,970	4,744	0,862	3,672	6,530	4,408	5,686	NE
COT	mg/L C	11	5,272	4,812	1,287	3,972	8,346	4,400	6,161	NE
Coli. Termot.	UFC/100 mL	11	656	800	608	ausente	2000	10	1000	1000
Coli. Totais	UFC/100 mL	8	2259	2750	68	ausente	5600	403	3725	4000
DBO	mg/L O ₂	10	11	5	17	<10	57	4	7	≤ 5
N-amoniacoal	mg/L NH ₃	11	3,59	1,06	6,00	<0,01	24,75	0,23	3,48	0,5
pH	adimensional	11	7,48	7,52	0,16	7,12	7,75	7,42	7,56	5 a 9
SDT	mg/L	11	238	243	49	173	373	200	258	NE
SST	mg/L	11	8	0	127	0	24	3	13	NE
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	7	1,722	2,023	0,713	0,087	2,392	1,683	2,105	NE
Turbidez	uT	11	5,41	4,38	3,21	2,73	14,80	3,72	5,46	NE

NE: Não estabelecido.

* Lançamento: VMP (mais restrito) segundo Resolução CONAMA nº 430 (2011), Artigo 16º; Decreto do Estado de São Paulo nº 8.468 (1976), Artigo 11º para mananciais Classe 2.

Na Figura 16 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 17 o *box-whisker* do parâmetro Absorbância 254nm, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. A absorbância resultou em um valor médio de 0,0975 e um desvio padrão de 0,0330. Na amostragem do dia 22/05/2017 o resultado médio da triplicata foi de 0,0039, com mínimo de 0,0034, sendo a única coleta com resultado fora da média geral.

Figura 16 - Resultados de monitoramento do parâmetro absorbância 254 nm em função do período de amostragem

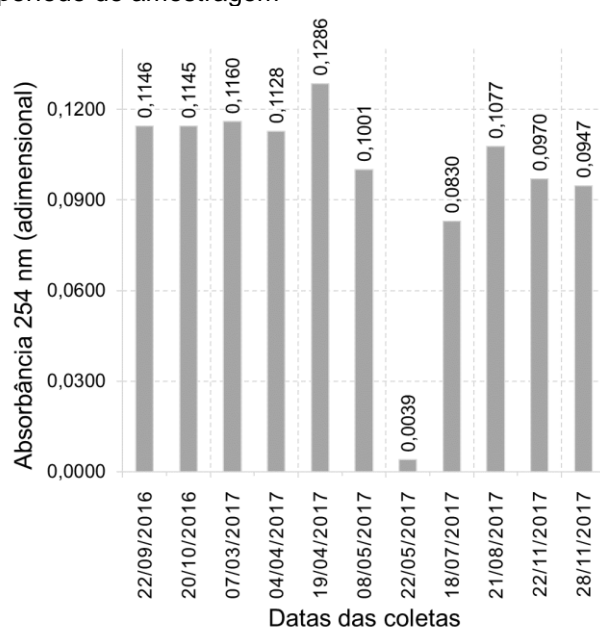
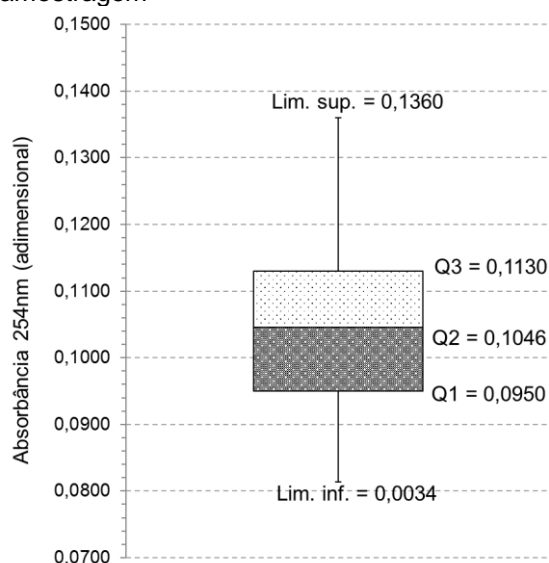


Figura 17 - *Box-whisker* do parâmetro absorbância 254 nm em função do período de amostragem



Na Figura 18 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 19 o *box-whisker* do parâmetro carbono orgânico dissolvido (COD), realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. Foram realizadas 7 análises em triplicata para o COD, que resultou em um valor médio de 4,970 mg/L de C e um desvio padrão de 0,862. Na amostragem do dia 22/05/2017 o resultado mínimo foi de 3,856 mg/L de C e na amostragem de 21/08/2017 o resultado máximo foi de 6,369 mg/L de C.

Na Figura 20 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 21 o *box-whisker* do parâmetro carbono orgânico total (COT), realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. O parâmetro COT resultou em um valor médio de 5,272 mg/L de C e um desvio padrão de 1,287. Na amostragem do dia 04/04/2017 o resultado médio foi de 3,799 mg/L, sendo o menor do período e

na amostragem de 20/10/2016 o resultado médio foi de 7,972 mg/L sendo o maior do período.

Figura 18 - Resultados de monitoramento do parâmetro carbono orgânico dissolvido em função do período de amostragem

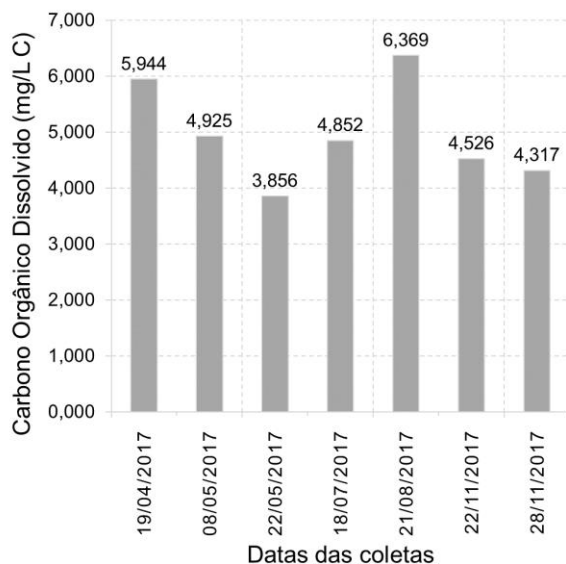


Figura 19 - *Box-whisker* do parâmetro carbono orgânico dissolvido em função do período de amostragem

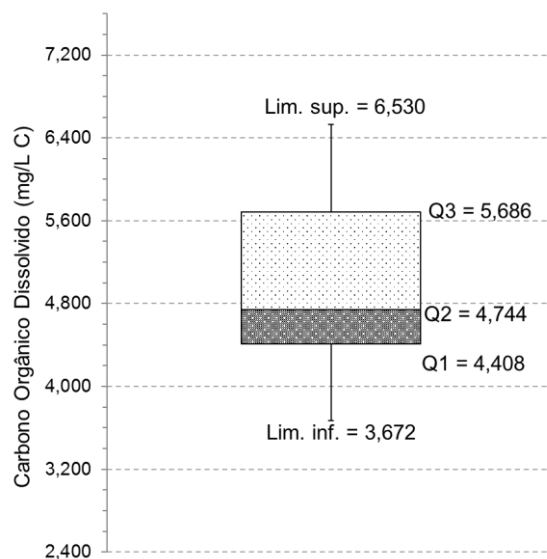


Figura 20 - Resultados de monitoramento do parâmetro carbono orgânico total em função do período de amostragem

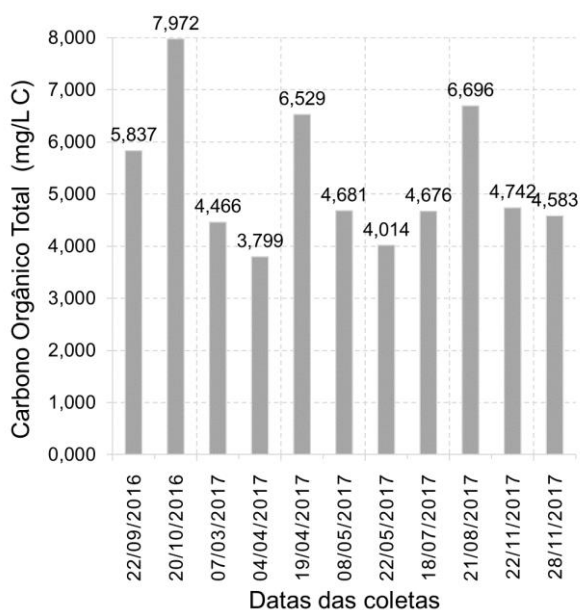
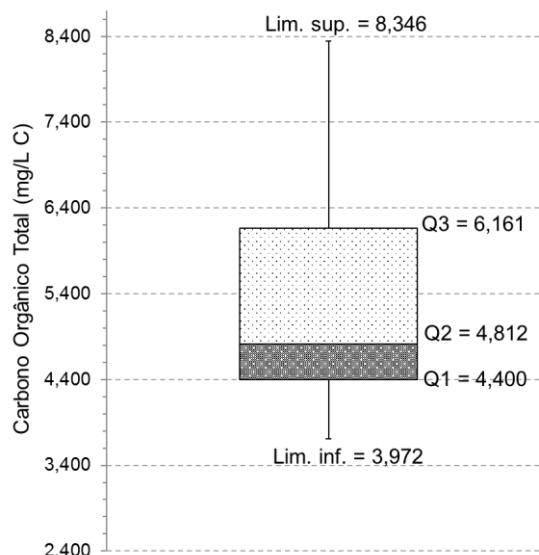


Figura 21 - *Box-whisker* do parâmetro carbono orgânico total em função do período de amostragem



Os três parâmetros supracitados são medidas diretas (COD e COT) e indireta (absorbância 254nm) para a quantificação da matéria orgânica presente no efluente

tratado e servem como um indicativo da potencialidade de formação de subprodutos quando essa matéria orgânica entrar em contato com produtos clorados na etapa de desinfecção. Contudo, nenhum dos três parâmetros estão previstos nas Normas dos padrões de qualidade de mananciais e lançamento de efluente tratado (Resolução CONAMA nº 430 (2011) e Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976)).

Na Figura 22 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 23 o *box-whisker* do parâmetro coliformes termotolerantes, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. Esse parâmetro resultou em um valor médio de 656 UFC/100 mL e um desvio padrão de 608. Na amostragem do dia 22/11/2017 o resultado médio foi de 4 UFC/100 mL, com ausência em algumas análises e na amostragem de 08/05/2017 o resultado médio foi de 1767 UFC/100 mL, com máximo de 2000 UFC/100 mL.

Figura 22 - Resultados de monitoramento do parâmetro coliformes termotolerantes em função do período de amostragem

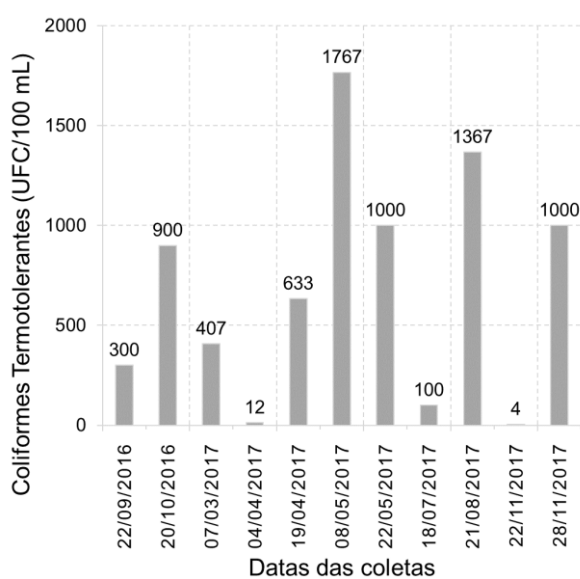
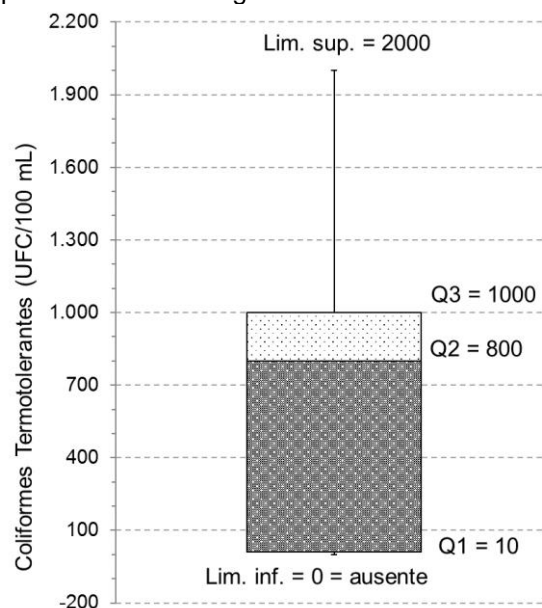


Figura 23 - *Box-whisker* do parâmetro coliformes termotolerantes em função do período de amostragem



Em relação aos padrões de lançamento de efluente tratado em corpos d'água, de acordo com Art. 11 do Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976), nas águas de Classe 2 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que apresentem coliformes termotolerantes superior a 1000 UFC/100 mL para 80% de, pelo menos, cinco amostras colhidas, num período de até cinco semanas consecutivas. O valor médio de 656 UFC/100 mL para esse parâmetro atendeu a legislação.

Todavia, nas datas de 22/05/2017 e 28/11/2017, em uma das análises feitas em triplicata, os resultados ultrapassaram o máximo de 1000 UFC/100 mL estabelecido no Art. 11 do Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976). Contudo, o valor médio permaneceu dentro do máximo permitido.

Já nas datas de 08/05/2017 e 21/08/2017 os resultados ultrapassaram o máximo permitido em todas as três análises e o resultado médio para cada data foi de 1767 UFC/100 mL e 1367 UFC/100 mL respectivamente, que sinaliza a impossibilidade de lançamento do efluente tratado no corpo de água receptor sem passar pelo processo de desinfecção.

Na Figura 24 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 25 o *box-whisker* do parâmetro coliformes totais, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE.

Figura 24 - Resultados de monitoramento do parâmetro coliformes totais em função do período de amostragem

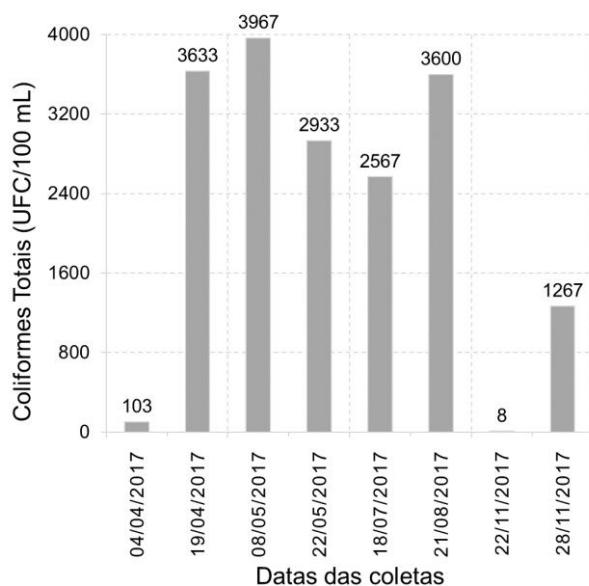
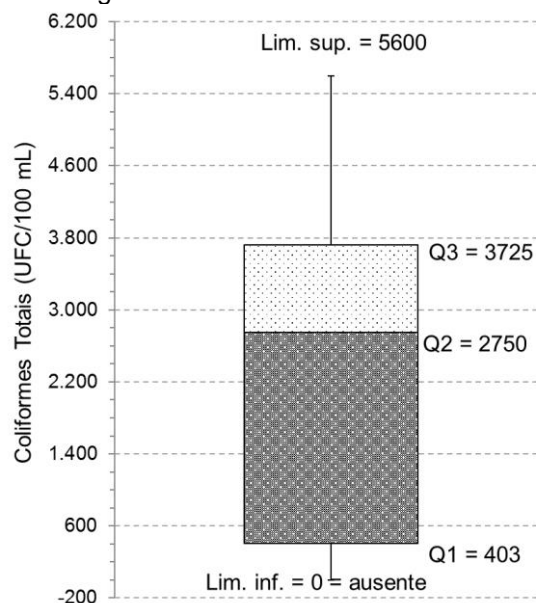


Figura 25 - *Box-whisker* do parâmetro coliformes totais em função do período de amostragem



Foram realizadas 8 análises em triplicata para o parâmetro coliformes totais, que resultou em um valor médio de 2259 UFC/100 mL e um desvio padrão de 68. Na amostragem do dia 22/11/2017 o resultado médio da triplicata foi de 8 UFC/100 mL, com ausência em algumas análises e na amostragem de 08/05/2017 o resultado médio da triplicata foi de 3967 UFC/100 mL, com máximo de 5600 UFC/100 mL.

Em relação aos padrões de lançamento de efluente tratado em corpos d'água, o valor mais restritivo, de acordo com Art. 11 do Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976), nas águas de Classe 2 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que apresentem coliformes totais superior a 4000 UFC/100 mL para 80% de pelo menos cinco amostras colhidas num período de até cinco semanas consecutivas. O valor médio de 2259 UFC/100 mL para esse parâmetro atendeu a legislação.

Entretanto, nas datas de 19/04/2017, 08/05/2017 e 18/07/2017 em pelo menos uma das análises em triplicata, os resultados de coliformes totais ultrapassaram o máximo de 4000 UFC/100 mL estabelecido no Art. 11 do Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976). Porém, o resultado médio para as datas ficou dentro do máximo permitido, sendo 3633 UFC/100 mL, 3967 UFC/100 mL e 2567 UFC/100 mL respectivamente, salientando a importância da realização de todas as análises em triplicata.

Na Figura 26 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 27 o *box-whisker* do parâmetro DBO_{5,20}, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. Esse parâmetro resultou em um valor médio de 11 mg/L e um desvio padrão de 17. Na amostragem do dia 19/04/2017 o resultado médio da triplicata foi <10 mg/L, sendo o mínimo registrado e na amostragem de 20/10/2016 o resultado médio da triplicata foi de 57 mg/L, sendo o máximo registrado.

Figura 26 - Resultados de monitoramento do parâmetro DBO em função do período de amostragem

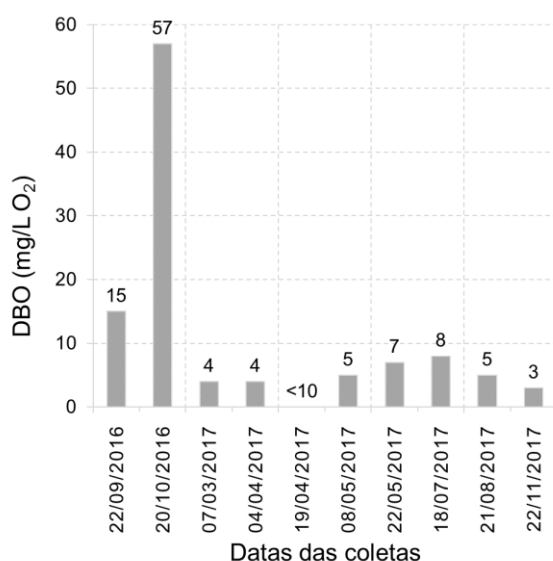
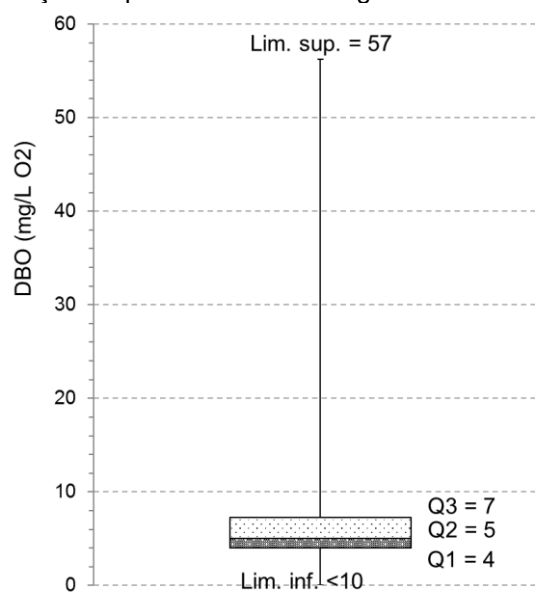


Figura 27 - *Box-whisker* do parâmetro DBO em função do período de amostragem



Em relação aos padrões de qualidade do manancial para lançamento de efluente tratado, de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011 a remoção mínima de $DBO_{5,20}$ deve ser de 60%, com possível diminuição desse limite no caso de existência de um estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

De acordo Jordão e Pessoa (2005) e Von Sperling (2014), o esgoto sanitário apresenta valor médio de $DBO_{5,20}$ de 350 mg O_2/L . O efluente sanitário estudado nessa pesquisa, após passar pelo tratamento biológico na ETE, apresenta residual médio de $DBO_{5,20}$ de apenas 11 mg O_2/L , ou seja, a ETE promove uma remoção de aproximadamente 97% da matéria orgânica consumida biologicamente, e, portanto, atendeu à Resolução.

Todavia, de acordo com o Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976), o valor de qualidade de $DBO_{5,20}$ do manancial para lançamento de qualquer efluente deve ser de até 5 mg O_2/L , e a esta Norma o efluente da ETE não atendeu.

Na Figura 28 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 29 o *box-whisker* do parâmetro Nitrogênio Amoniacal, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE.

Figura 28 - Resultados de monitoramento do parâmetro nitrogênio amoniacal em função do período de amostragem

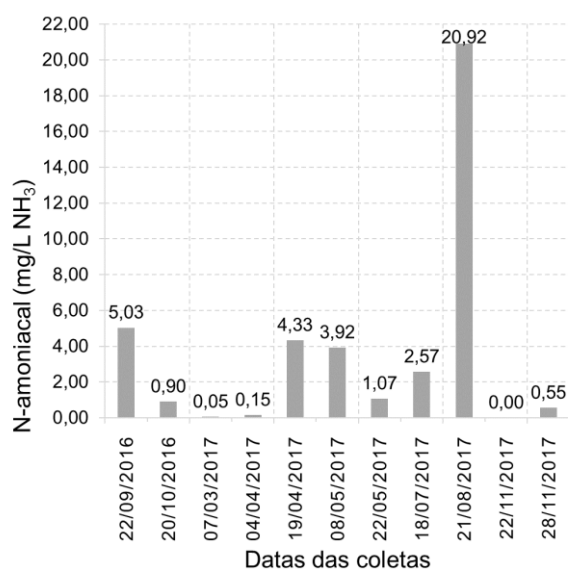
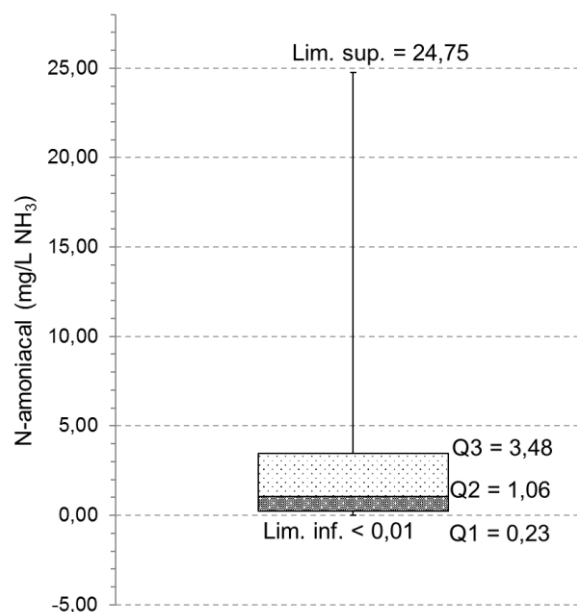


Figura 29 - *Box-whisker* do parâmetro nitrogênio amoniacal em função do período de amostragem



O nitrogênio amoniacal resultou em um valor médio de 3,59 mg/L NH₃ e um desvio padrão de 6,00. Na amostragem do dia 22/11/2017 o resultado médio foi <0,01 mg/L NH₃, sendo o mínimo registrado e na amostragem de 21/08/2017 o resultado médio foi de 20,92 mg/L NH₃, com máximo de 24,75 mg/L NH₃. Porém, pelo pequeno DP, comprovou-se que a água de estudo apresentou relativa homogeneidade nesse parâmetro.

Em relação à qualidade do manancial para lançamento de efluentes tratados em corpos d'água, de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011, o valor máximo de N-amoniacal permitido é de 20,0 mg/L. Como o resultado médio obtido foi de 3,59 mg/L de NH₃, está, portanto, dentro dessa Norma. Entretanto, na data de 21/08/2017, duas das análises feitas em triplicata ultrapassaram o limite de 20 mg/L, com valores respectivos de 21,50 mg/L e 24,75 mg/L, que não atenderam à Resolução.

Ademais, de acordo com o Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976), o VMP de qualidade do manancial para o lançamento de qualquer efluente em relação ao parâmetro N-amoniacal é de 0,5 mg/L de N, e o efluente da ETE atendeu ao limite estabelecido nessa Norma apenas nas datas 07/03/2017, 04/04/2017 e 22/11/2017 com valores médios respectivos de 0,03 mg/L, 0,15 mg/L e <0,01 mg/L.

Na Figura 30 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 31 o *box-whisker* do parâmetro pH, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. O valor médio foi de 7,48 e o desvio padrão de 0,16. Em relação à qualidade do manancial para lançamento de efluentes, de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011, em seu artigo 16º, a faixa de pH para lançamento de efluente sanitário em corpos de água deve estar compreendido entre 5 a 9. Como o resultado médio obtido foi de 7,52, está, portanto, dentro da Norma.

Na Figura 32 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 33 o *box-whisker* do parâmetro sólidos dissolvidos totais (SDT), realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE.

O resultado médio foi de 238 mg/L e o desvio padrão de 49. Na amostragem de 19/04/2017 o resultado médio foi de 357 mg/L, com máximo de 373 mg/L. O DP relativamente alto deve-se à sensibilidade do método de análise de SDT. Vale ressaltar que o valor máximo de SDT são sólidos não removidos por sedimentação e conferem cor à água, e existem devido a presença de metais dissolvidos como ferro e manganês, ou por serem matéria orgânica dissolvida. Sendo assim, funcionam

como um importante precursor da formação de SOH quando a água passar pela etapa de desinfecção para ser destinada ao reuso.

Figura 30 - Resultados de monitoramento do parâmetro pH em função do período de amostragem

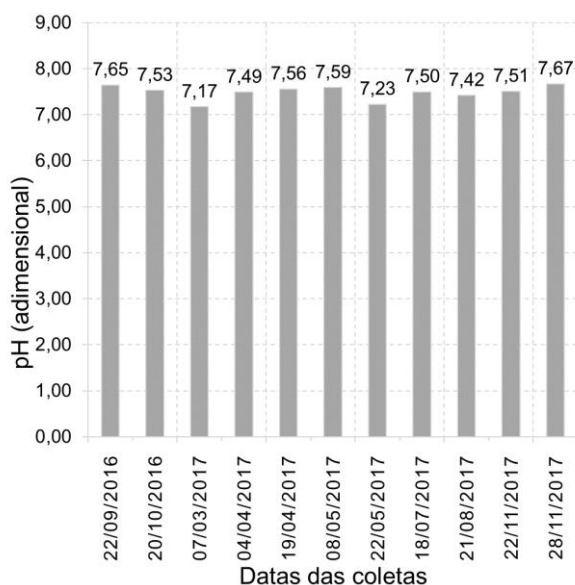


Figura 31 - *Box-whisker* do parâmetro pH em função do período de amostragem

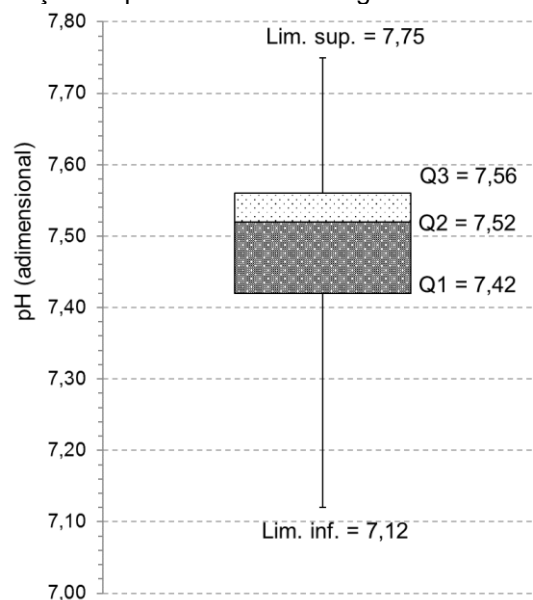


Figura 32 - Resultados de monitoramento do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais em função do período de amostragem

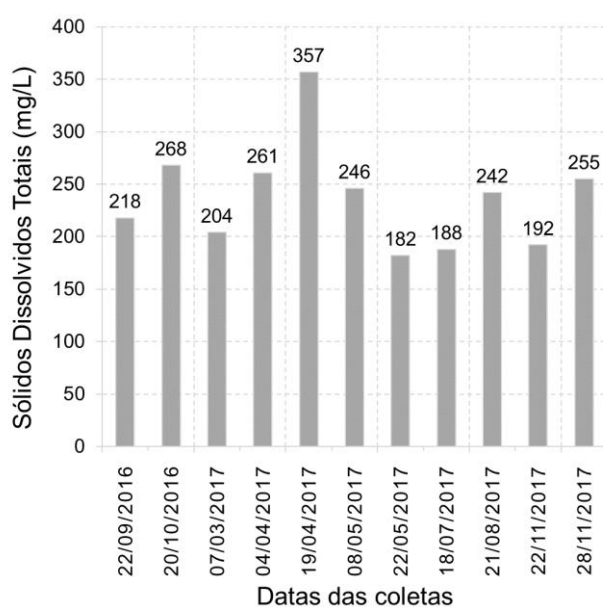
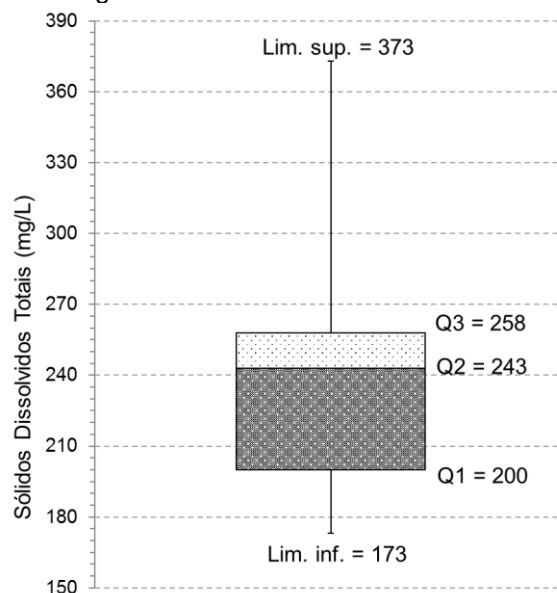


Figura 33 - *Box-whisker* do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais em função do período de amostragem



Em relação à qualidade do manancial e ao lançamento de efluentes, nenhuma das duas Normas utilizadas como base para essa pesquisa, (Resolução CONAMA nº

430 (2011) e Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976), menciona um Valor Máximo Permitido (VMP) em relação aos SDT.

Na Figura 34 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 35 o *box-whisker* do parâmetro Sólidos Suspensos Totais, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. O resultado médio foi de 8 mg/L e o desvio padrão de 127. Nas amostragens dos dias 07/03/2017, 08/05/2017 e 28/11/2017 o resultado médio da triplicata foi 2 mg/L, com mínimo representado pela ausência de SST. O DP alto deve-se à sensibilidade do método de análise de SST.

Figura 34 - Resultados de monitoramento do parâmetro Sólidos Suspensos Totais em função do período de amostragem

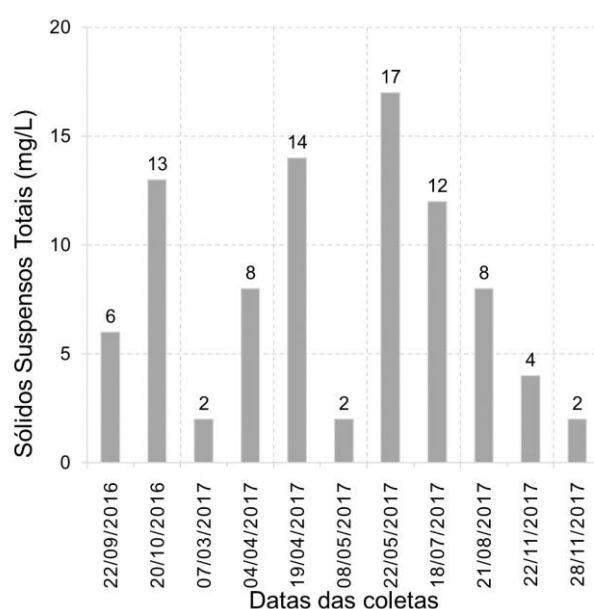
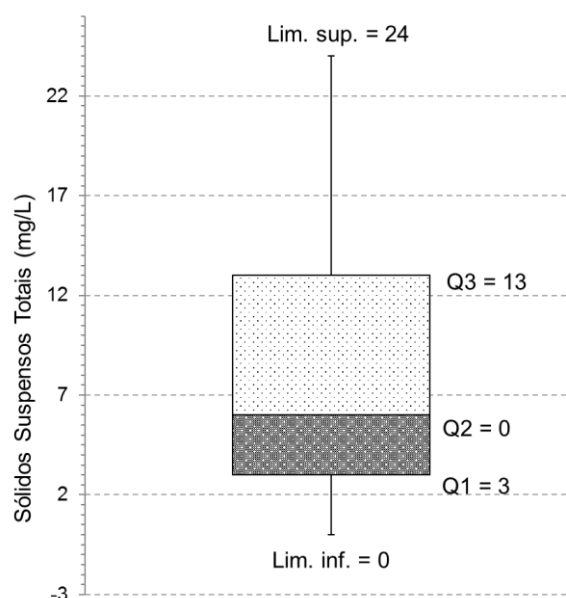


Figura 35 - *Box-whisker* do parâmetro Sólidos Suspensos Totais em função do período de amostragem



Em relação à qualidade do manancial e lançamento de efluentes, nenhuma das Normas (Resolução CONAMA nº 430 (2011) e Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976) menciona um Valor Máximo Permitido (VMP) em relação aos SST.

Na Figura 36 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 37 o *box-whisker* do parâmetro SUVA, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. Foram realizadas 7 análises para o parâmetro SUVA, que resultou em um valor médio de 1,722 L.mg⁻¹.m⁻¹ e um desvio padrão de 0,713. Na amostragem do dia 22/05/2017 o resultado médio foi 0,102 L.mg⁻¹.m⁻¹, sendo o mínimo de 0,087 L.mg⁻¹.m⁻¹, sendo que essa queda brusca no resultado

médio da SUVA no dia 22/05/2017 deveu-se ao fato do resultado extremamente baixo da absorvância nesse dia.

Figura 36 - Resultados de monitoramento do parâmetro SUVA em função do período de amostragem

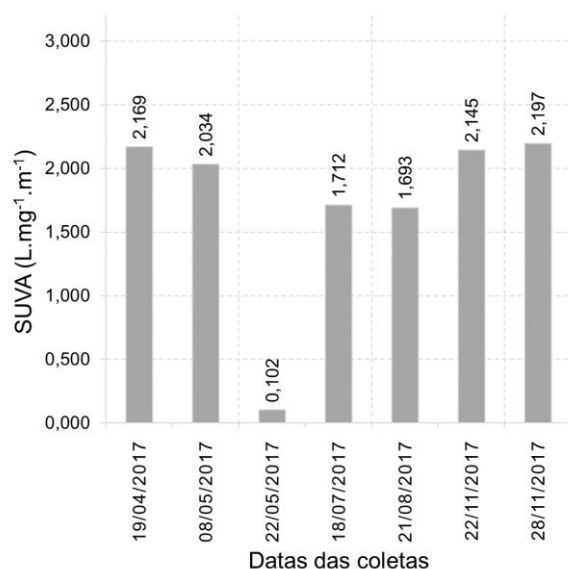
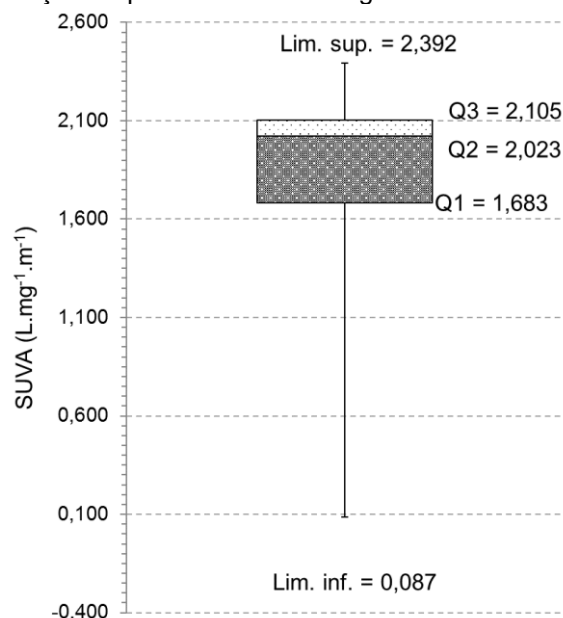


Figura 37 - *Box-whisker* do parâmetro SUVA em função do período de amostragem



Esse parâmetro é uma correlação entre os resultados de COD e absorvância 254 nm e foi efetuado a fim de verificar se ao utilizar uma matriz de carbono diferente da matriz presente em mananciais com presença de MON, o resultado da SUVA poderia ser usado com confiança como um indicativo da água bruta apresentar um alto potencial de formação subprodutos da desinfecção.

Em relação à qualidade dos mananciais para lançamento de efluentes, nenhuma Normas (Resolução CONAMA nº 430 (2011) e Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976)) menciona um Valor Máximo Permitido (VMP) para SUVA.

Na Figura 38 está apresentado o gráfico série temporal e na Figura 39 o *box-whisker* do parâmetro turbidez, realizados para monitoramento do efluente sanitário após tratamento secundário na ETE. O resultado médio foi de 5,41 e o desvio padrão de 3,21. Na amostragem de 22/05/2017 o resultado médio foi de 14,70 uT, sendo o maior e único do período.

Em relação à qualidade de manancial para lançamento de efluentes, nenhuma Norma (Resolução CONAMA nº 430 (2011) e Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976)) menciona um Valor Máximo Permitido (VMP) em relação a turbidez.

É fato que, quanto menores forem os valores de turbidez, menores também são os valores de SST, o que indica uma boa eficiência do sedimentador da ETE.

Figura 38 - Resultados de monitoramento do parâmetro turbidez em função do período de amostragem

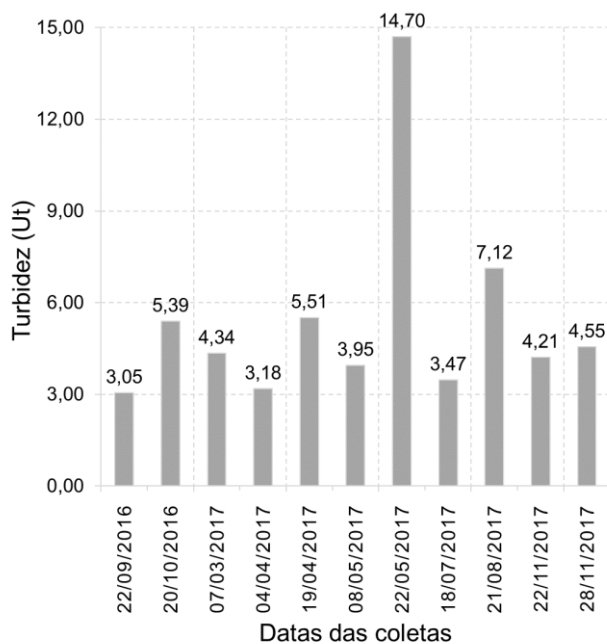
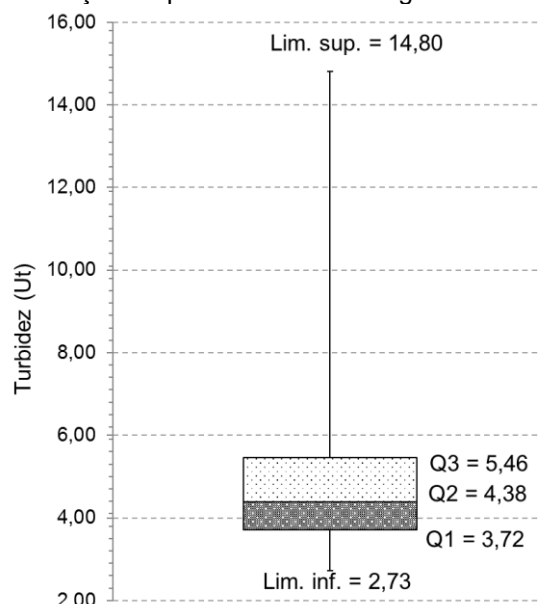


Figura 39 - *Box-whisker* do parâmetro turbidez em função do período de amostragem



Em suma, a tecnologia de tratamento biológico empregada na ETE precisaria ser readequada a fim de atender a uma Norma mais restritiva para lançamento em corpos de água, como o Decreto nº 8.468/76, para atingir valores de DBO \leq 5 mg/L e N-amoniaco de 0,5 mg/L de NH_3 . Contudo, os mesmos parâmetros são atendidos em concordância à Resolução CONAMA nº 430/2011.

5.2 RESULTADOS DO TEOR DE CLORO ATIVO POR IODOMETRIA NOS DESINFETANTES CLORADOS

O fabricante de cada produto clorado informa no rótulo o teor de cloro ativo presente no produto comercial, ou no caso do HGIL, o fabricante indica o teor de cloro ativo a ser atingido caso as recomendações de preparo da salmoura sejam seguidas. Porém, a confirmação do teor de cloro ativo em cada solução preparada foi muito importante, pois a partir desses resultados foi possível identificar as possíveis variações do teor de cloro ativo devido às perdas por volatilização e degradação ou

dificuldade de dissolução do produto comercial em água (fato verificado nos compostos orgânicos clorados).

A determinação do teor de cloro ativo por iodometria para os quatro desinfetantes foi realizada em triplicata a cada novo preparo das soluções, sendo que os resultados de todas as análises estão detalhados nos Apêndices A2a a A2d. Na Tabela 17 estão apresentados os resultados da estatística descritiva (número de dados, média aritmética, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo) dos quatro desinfetantes analisados.

Tabela 17 - Resultados expressos em valores médios do teor de cloro ativo obtido de acordo com o número de análises, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo para os quatro desinfetantes analisados

Estatística	Hipoclorito	HGIL	DCIS	ATCI
Nº análises	10	9	10	7
Cloro ativo fabricante (%)	2 a 2,5	4	45	90
Média (%)	2,41	4,32	44,35	89,15
Mediana	2,36	4,44	45,11	87,60
DP	0,33	0,52	2,42	8,80
Mínimo	2,11	2,16	40,95	73,34
Máximo	3,60	4,84	47,76	99,39

Ao todo foram preparadas 10 soluções novas para a determinação do teor de cloro ativo para o hipoclorito de sódio, 12 soluções para a determinação do teor de cloro ativo para o ATCI e 11 soluções para os demais produtos. Contudo, para o HGIL, as soluções geradas nos dias 24/10/2016 e 17/03/2017 foram desconsideradas na apresentação dos resultados, pois o valor médio de teor de cloro ativo de 0,37%, estava totalmente fora do indicado pelo fabricante.

Para o DCIS a solução preparada no dia 14/02/2017 foi desconsiderada na apresentação dos resultados, pois o valor médio, de 35,89% de teor de cloro ativo estava muito abaixo do fornecido pelo fabricante. Já para o ATCI, as soluções preparadas nos dias 07/04/2017, 19/04/2017, 26/04/2017, 09/05/2017 e 28/08/2017 foram desconsideradas na apresentação dos resultados, pois o valor médio foi de 60,14%, evidenciado pela grande dificuldade de o produto ser dissolvido na água, que requer um grande tempo de agitação e mistura para completar a dissolução.

Em todos os demais ensaios, os resultados do teor de cloro ativo nas soluções preparadas no dia do ensaio ficaram próximos aos valores fornecidos pelo fabricante e descritos no rótulo de cada produto, com destaque para o DP menor que 1 para o

hipoclorito de sódio e para o HGIL; já para o DCIS e o ATCI o DP foi maior que 1 e afetado principalmente pelos valores mínimos do teor de cloro ativo identificados nos dias 07/04/2017 para o DCIS e 26/05/2017 para o ATCI.

5.3 RESULTADOS DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DO CROMATÓGRAFO A GÁS COM DETECTOR DE CAPTURA DE ELÉTRONS

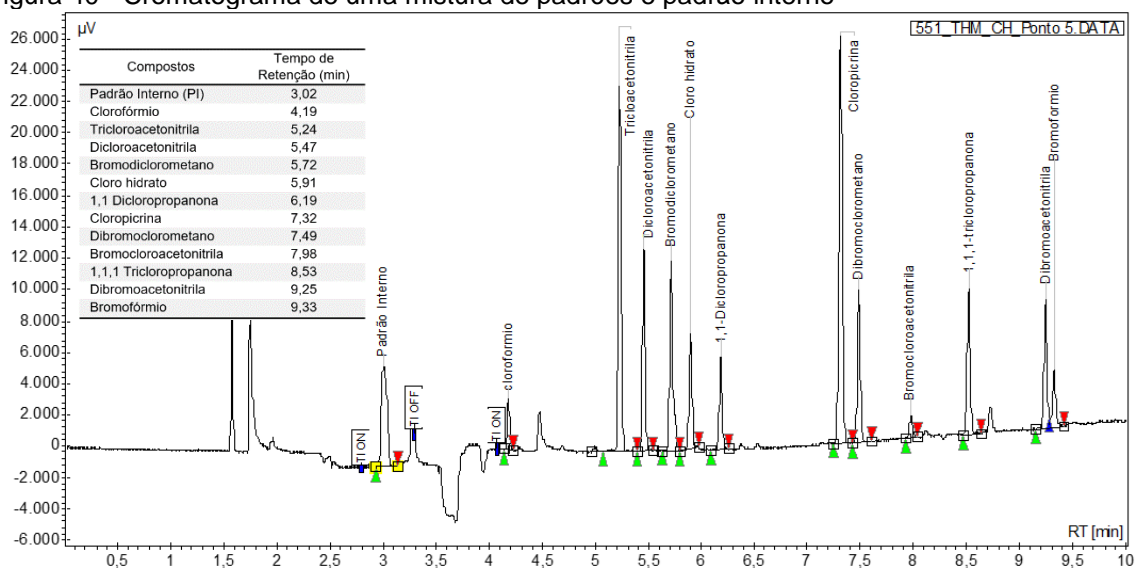
Na Tabela 18 estão apresentados os resultados do tempo de retenção e coeficiente de linearidade (r^2) da curva de calibração dos doze SOH analisados. Percebe-se que todos os r^2 apresentam pelo menos dois noves depois da vírgula, com exceção do bromodiclorometano com r^2 de 0,9775, além do desvio padrão do método estar fixado em 3, evidenciando assim, a confiabilidade no método utilizado.

Tabela 18 - Resultados do tempo de retenção, coeficiente de linearidade, limite de detecção do método dos doze subprodutos orgânicos halogenados analisados

Compostos	Tempo de Retenção (min)	Coeficiente de Linearidade r^2	LDM ($\mu\text{g/L}$)
Padrão Interno (PI)	3,02	-	-
Clorofórmio	4,19	0,9989	0,1
Tricloroacetoneitrila	5,24	0,9975	0,01
Dicloroacetoneitrila	5,47	0,9965	0,01
Bromodiclorometano	5,72	0,9775	0,01
Cloro hidrato	5,91	0,9978	0,01
1,1 Dicloropropanona	6,19	0,9976	0,01
Cloropicrina	7,32	0,9971	0,01
Dibromoclorometano	7,49	0,9945	0,01
Bromocloroacetoneitrila	7,98	0,9961	0,01
1,1,1 Tricloropropanona	8,53	0,9968	0,01
Dibromoacetoneitrila	9,25	0,9963	0,01
Bromofórmio	9,33	0,9932	0,01

Na Figura 40 está representado um cromatograma obtido após análise de uma mistura dos padrões no ponto 5 da curva de calibração, onde se verificou excelente estabilidade na linha de base, a correta identificação do padrão interno e todos os 12 subprodutos de interesse com áreas dos picos bem definidas.

Figura 40 - Cromatograma de uma mistura de padrões e padrão interno



5.4 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE SANITÁRIO APÓS OS ENSAIOS DE DEMANDA DE CLORO

A finalidade dos ensaios de demanda foi identificar a dosagem requerida por cada desinfetante clorado após 30 minutos de contato, que é tempo comumente empregado na etapa de desinfecção, até que fosse atingido um residual de cloro mínimo de 1 mg/L de acordo com a legislação para reuso (USEPA, 2004).

A caracterização da ÁGUA 1 bruta, coletada no dia 18/07/2017 e utilizada para a realização de ensaio de demanda de cloro está apresentada na Tabela 19.

Tabela 19 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 1

Parâmetros	Unidades	Data: 18/07/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0846	0,0814	0,0831	0,0830	0,0016
Amônia	mg/L NH ₃	2,95	2,32	2,45	2,57	0,33
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	5,026	4,786	4,744	4,852	0,152
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,824	4,274	4,929	4,676	0,352
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	100	Aus.	Aus.	100	0
Coliformes Totais	UFC/100mL	500	1600	5600	2567	2684
DBO	mg/L O ₂	7	7	7	7	0

Continua

Tabela 19 - Continuação

Parâmetros	Unidades	Data: 18/07/2017			Média	DP
		A	B	C		
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,45	7,53	7,52	7,50	0,04
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	184	184	197	188	8
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	7	24	4	12	11
Sólidos Totais	mg/L	191	208	201	200	9
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	1,683	1,701	1,752	1,712	0,036
Turbidez	UT	3,23	3,20	3,97	3,47	0,44

Para o ensaio de demanda, foram utilizados 15 frascos de 1 L e o frasco selecionado teve o seu conteúdo analisado quanto aos parâmetros de cloro residual livre, absorvância_{254nm}, carbono orgânico dissolvido, carbono orgânico total, coliformes termotolerantes, coliformes totais, nitrogênio amoniacal, pH, SUVA e subprodutos orgânicos halogenados. No Apêndice D1a estão apresentados todos os cromatogramas onde é possível visualizar a linearidade da linha de base e a área dos picos dos SOH identificados bem definidas.

Na Tabela 20 estão apresentados os resultados dos parâmetros analisados no frasco selecionado após o ensaio de demanda de cloro para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 1.

De acordo com Nuvolari (2011) a dosagem usual de cloro para a etapa de desinfecção do efluente que passou pelo tratamento do tipo lodos ativados deve ser de 2 a 8 mg/L, mas de acordo com os resultados, verificou-se que a dosagem necessária, a fim de atingir um cloro residual mínimo de 1,0 mg/L (CRL nesse caso), foi superior à essa recomendação para todos os desinfetantes analisados.

Os resultados foram de 47,96 mg/L para o hipoclorito de sódio, 53,82 mg/L para o HGIL, 55,79 mg/L para o DCIS e 74,07 mg/L para o ATCI. É provável que a diferença entre as dosagens de CRL da solução-padrão para cada desinfetante seja devido ao comportamento reacional dos produtos clorados em contato com o efluente e a variação do pH que ocasionam no meio.

O valor mínimo de cloro residual recomendado pela USEPA (2004) para reuso é de 1,0 mg/L e esse parâmetro foi atendido para todos os desinfetantes, com exceção do hipoclorito de sódio, que resultou em um CRL de 0,73 mg/L, ligeiramente abaixo do indicado na referida legislação.

Tabela 20 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de demanda de cloro (30 minutos) para os quatro desinfetantes para a ÁGUA 1

Família	Parâmetros	Unidades	Hipoclorito de sódio	HGIL	DCIS	ATCI	Reuso*
-	Cloro dosado	mg/L Cl ₂	47,96	53,82	55,79	74,07	-
	CRL	mg/L Cl ₂	0,73	1,06	1,82	1,80	1
	Absorbância 254nm	adimensional	0,0751	0,0901	0,0641	0,0581	NE
	COD	mg/L	5,665	7,926	20,690	16,600	NE
	COT	mg/L	5,181	6,186	20,300	17,130	NE
	Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	4	25	ausente	4	< 1
	Coliformes Totais	UFC/100mL	42	60	84	44	NE
	N-amoniacal	mg/L NH ₃	0,03	1,54	<0,01	0,08	NE
	pH	adimensional	6,79	7,45	6,47	6,28	6 a 8
	SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	1,326	1,137	0,310	0,482	NE
THM	Clorofórmio	µg/L	120,23	<0,01	69,64	<0,01	NE
	Bromodiclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
	Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
	Bromofórmio	µg/L	<0,01	2,30	<0,01	<0,01	NE
HAD	Cloro Hidrato	µg/L	148,71	<0,01	117,16	37,81	NE
HP	Cloropicrina	µg/L	4,79	3,31	<0,01	<0,01	NE
HAN	Dicloroacetnitrila	µg/L	86,18	<0,01	61,17	16,56	NE
	Tricloroacetnitrila	µg/L	30,07	<0,01	3,57	<0,01	NE
	Dibromoacetnitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
	Bromocloroacetnitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
HK	1,1-dicloropropanona	µg/L	4,00	<0,01	12,51	4,59	NE
	1,1,1-tricloropropanona	µg/L	75,34	<0,01	44,01	19,55	NE
	SOH totais	µg/L	469,32	5,61	308,06	78,51	NE

Reuso*: VMP mais restrito de acordo com a USEPA (2004), NBR 13.696 (ABNT, 1997) e Resolução Conjunta do Estado de São Paulo SES/SMA/SSRH nº 01 (2017)

O resultado de absorvância 254 nm após o ensaio de demanda para a ÁGUA 1 em comparação ao resultado médio de absorvância 254 nm do efluente bruto (0,0975) apresentou diminuição nos resultados com o uso de todos os desinfetantes, com destaque para o ATCI (0,0581).

Em relação ao valor médio do COD do efluente bruto (4,970 mg/L), nota-se uma pequena elevação da concentração de carbono para os desinfetantes clorados inorgânicos, com resultados de 5,665 mg/L para o hipoclorito e 7,926 mg/L para o HGIL. Já os desinfetantes clorados orgânicos incrementaram a concentração de carbono em relação ao resultado do efluente bruto, com valores de 20,690 mg/L para o DCIS e 16,600 mg/L para o ATCI.

Em relação ao valor médio do COT do efluente bruto (5,272 mg/L), também é possível notar pequena elevação da concentração de carbono para os desinfetantes clorados inorgânicos, com resultados de 5,181 mg/L para o hipoclorito de sódio e 6,186 mg/L para o HGIL. Os desinfetantes clorados orgânicos, elevaram significativamente a concentração de carbono em relação ao resultado do efluente bruto, com resultados de 20,300 mg/L para o DCIS e 17,130 mg/L para o ATCI.

Ficou evidente que o uso de desinfetantes clorados orgânicos em contato com o efluente bruto, devido à presença de carbono em suas moléculas, gerou importante aumento nos valores de COD e COT, que posteriormente servirão como precursores da formação de SOH. O valor de COT ter sido menor que o de COD para os desinfetantes hipoclorito de sódio, HGIL e DCIS pode ser justificado pela necessidade de diluição da amostra associado a elevada sensibilidade do método analítico de carbono bem como uma possível volatilização do produto clorado da amostra.

Quanto ao parâmetro coliformes termotolerantes, em relação ao valor médio quantificado no efluente bruto (656 UFC/100 mL), o único desinfetante capaz de eliminar totalmente a presença bacteriana em um tempo de contato de 30 minutos e atender as Normas mais restritivas para reuso, sendo a USEPA (2004) para reuso urbano irrestrito e reuso agrícola em culturas de alimentação processada comercialmente e a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017) para o reuso com restrição controlada, ambas com exigência da ausência de coliformes termotolerantes em 100 mL de amostra analisada, foi o DCIS com dosagem inicial de 55,79 mg/L de cloro.

Quanto ao parâmetro coliformes totais em relação ao valor médio quantificado no efluente bruto (2259 UFC/100 mL), todos os quatro desinfetantes diminuíram as

UFC para a casa das dezenas, sendo o menor valor para o HGIL (42 UFC/100 mL) e o maior para o DCIS (84 UFC/100 mL). Nenhuma das três Normas (USEPA (2004), NBR 13.696 (ABNT, 1997) e Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017)) menciona um VMP em relação aos coliformes totais.

Os resultados de N-amoniaco foram praticamente $<0,01$ mg/L NH_3 para todos os quatro desinfetantes clorados, com exceção do HGIL, que mesmo após ser aplicada uma dosagem de 53,82 mg/L Cl_2 , resultou em 1,54 mg/L NH_3 , sendo que o resultado médio do efluente bruto foi de 3,59 mg/L NH_3 , fato que indica que o cloro residual presente neste ponto trata-se de cloro combinado.

Em relação aos resultados de pH do efluente bruto (7,48), todos os desinfetantes analisados atenderam às Normas com vistas ao reuso, tanto a USEPA (2004), a NBR 13.696 (ABNT, 1997) e a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017), com variações permitidas na faixa de 6 a 8. O desinfetante que mais abaixou o pH do meio foi o ATCI, com resultado de 6,28, seguido pelo hipoclorito de sódio, com resultado de 6,79.

Segundo Jordão e Pessoa (2005), nessa faixa de pH tem-se maior predominância do cloro livre na forma de ácido hipocloroso (97%) que íon hipoclorito (3%) e como o ácido hipocloroso tem maior poder de desinfecção que o íon hipoclorito, teoricamente o ATCI deveria proporcionar maior eficiência de diminuição microbiana, porém, ambos os desinfetantes se mostraram igualmente eficazes na diminuição de coliformes totais e termotolerantes, além de que, quanto menor o pH do meio, menor a formação de SOH.

De posse dos resultados médios de COD e $\text{Abs}_{254\text{nm}}$ foi possível calcular a SUVA após a desinfecção através da Equação 5. Os resultados foram $1,326 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o hipoclorito de sódio, $1,137 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o HGIL, $0,310 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o DCIS e $0,482 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o ATCI.

De acordo com a USEPA (2000), se uma água superficial com presença de MON apresentar SUVA igual ou inferior a $2 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$, então a necessidade de remoção de COT pode ser dispensada, pois a potencialidade de formação de subprodutos será pequena.

Contudo, sabe-se que a matriz de carbono empregada nesse estudo não é MON, portanto, esse mesmo pensamento não está validado. Caso fosse utilizado o mesmo raciocínio, de acordo com o resultado de SUVA obtido para o DCIS, que foi o

menor em comparação aos resultados dos demais desinfetantes, teoricamente a formação de SOH seria mínima.

Entretanto, quando se avaliou a formação de SOH total após 30 minutos com o uso do DCIS, o resultado (308,06 µg/L) foi o segundo maior dentre os quatro compostos analisados, menor apenas quando utilizado hipoclorito de sódio (469,32 µg/L). Em contrapartida, o HGIL que resultou em um valor de SUVA de 1,137 L.mg⁻¹.m⁻¹, apresentou a menor formação de SOH totais (5,61 µg/L) em comparação aos demais.

Esse fato comprova que, no caso da utilização de uma matriz de carbono diferente da MON, apenas a realização da medição do COD e da abs_{254nm} para a determinação do parâmetro SUVA não é de inteira confiança para o avaliador, em relação à potencialidade de formação de SOH e a recomendação da USEPA (2000) não é válida.

Em relação à formação de SOH, os compostos bromodiclorometano, dibromoclorometano, dibromoacetoneitrila e bromocloroacetoneitrila estavam ausentes em todos os desinfetantes analisados.

Da família dos trialometanos (THM), a formação do composto clorofórmio ocorreu apenas com o emprego dos desinfetantes hipoclorito de sódio (120,23 µg/L) e DCIS (69,64 µg/L). Já a formação do composto bromofórmio ocorreu apenas com a utilização do HGIL, sendo um pequeno traço de 2,30 µg/L e sua origem advém da própria matéria orgânica presente na água de estudo. Ambos os subprodutos são classificados como B2 na categoria de carcinogenicidade da USEPA (1999) com evidênciasuficiente por estudos com animais.

Da família dos haloaldeídos (HAD), a formação do composto cloro hidrato não ocorreu com a utilização do desinfetante HGIL, e teve predominância com a utilização do hipoclorito de sódio, com 148,71 µg/L e do DCIS, com 117,16 µg/L. Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidêncialimitada em estudos realizados em animais.

Da família das halopicrinas (HP), a formação do composto cloropicrina ocorreu apenas com a utilização dos compostos clorados inorgânicos, sendo 4,79 µg/L com o uso do hipoclorito de sódio e 3,31 µg/L com o uso do HGIL. Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetoneitrilas (HAN), a formação do composto dicloroacetoneitrila não ocorreu com a utilização do desinfetante HGIL, e teve predominância com a utilização do hipoclorito de sódio (86,18 µg/L), do DCIS (61,17 µg/L) e do ATCI (16,56 µg/L). Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

Já a formação do composto tricloroacetoneitrila ocorreu em pequena quantidade e apenas com a utilização do hipoclorito de sódio (30,07 µg/L) e do DCIS (3,57 µg/L). Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetonas (HK), a formação do composto 1,1-dicloropropanona só não ocorreu com a utilização do HGIL mas, em pequena quantidade para os demais desinfetantes, com destaque para o DCIS com 12,51 µg/L.

A formação do composto 1,1,1-tricloropropanona não ocorreu com a utilização do HGIL mas, com maior predominância com o emprego de hipoclorito de sódio (89,02 µg/L), DCIS (44,01 µg/L) e ATCI (19,55 µg/L). Esses subprodutos não estão classificados pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

A caracterização da ÁGUA 2 bruta, coletada no dia 21/08/2017 e utilizada para a realização de ensaio de demanda de cloro está apresentada na Tabela 21.

Na Tabela 22 estão apresentados os resultados dos parâmetros analisados no frasco selecionado após o ensaio de demanda de cloro para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 2. No Apêndice D1b estão apresentados todos os cromatogramas onde é possível visualizar a linearidade da linha de base e a área dos picos dos SOH identificados bem definidas.

Os resultados foram de 48,69 mg/L para o hipoclorito de sódio, 80,99 mg/L para o HGIL, 50,39 mg/L para o DCIS e 84,07 mg/L para o ATCI. É provável que a diferença entre as dosagens de CRL da solução-padrão para cada desinfetante seja devido ao comportamento reacional dos produtos clorados em contato com o efluente e a variação do pH que ocasionam no meio.

O valor mínimo de cloro residual recomendado pela USEPA (2004) para reuso é de 1,0 mg/L e esse parâmetro foi atendido para todos os desinfetantes.

Tabela 21 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 2

Parâmetros	Unidades	Data: 21/08/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,1046	0,1146	0,1038	0,1077	0,0060
Amônia	mg/L NH ₃	21,50	16,50	24,75	20,92	4,16
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	6,400	6,177	6,530	6,369	0,179
Carbono Orgânico Total	mg/L C	6,161	7,266	6,661	6,696	0,553
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	1200	1200	1700	1367	289
Coliformes Totais	UFC/100mL	3700	3100	4000	3600	458
DBO	mg/L O ₂	8	8	8	8	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,38	7,47	7,42	7,42	0,05
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	235	244	248	242	7
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	8	6	10	8	2
Sólidos Totais	mg/L	243	250	258	250	8
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	1,634	1,855	1,590	1,693	0,142
Turbidez	UT	7,01	7,37	6,97	7,12	0,22

O resultado de absorvância 254 nm após o ensaio de demanda para a ÁGUA 2 em comparação ao resultado médio de absorvância 254 nm do efluente bruto (0,0975) apresentou aumento nos resultados com o uso de todos os desinfetantes, com destaque para o ATCI (0,9559), quase 10 vezes maior.

Em relação ao valor médio do COD do efluente bruto (4,970 mg/L), nota-se uma pequena elevação da concentração de carbono para os desinfetantes clorados inorgânicos, com resultados de 6,022 mg/L para o hipoclorito e 5,967 mg/L para o HGIL. Já os desinfetantes clorados orgânicos incrementaram a concentração de carbono em relação ao resultado do efluente bruto, com valores de 18,490 mg/L para o DCIS e 17,970 mg/L para o ATCI.

Em relação ao valor médio do COT do efluente bruto (5,272 mg/L), também é possível notar pequena elevação da concentração de carbono para os desinfetantes clorados inorgânicos, com resultados de 6,875 mg/L para o hipoclorito de sódio e 6,451 mg/L para o HGIL. Os desinfetantes clorados orgânicos, elevaram significativamente a concentração de carbono em relação ao resultado do efluente bruto, com resultados de 20,670 mg/L para o DCIS e 19,880 mg/L para o ATCI.

Tabela 22 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de demanda de cloro (30 minutos) para os quatro desinfetantes para a ÁGUA 2

Família	Parâmetros	Unidades	Hipoclorito de sódio	HGIL	DCIS	ATCI	Reuso*
-	Cloro dosado	mg/L Cl ₂	48,69	80,99	50,39	84,07	-
	CRL	mg/L Cl ₂	2,18	1,07	1,66	1,08	1
	Absorbância 254nm	adimensional	0,1459	0,1111	0,1393	0,9559	NE
	COD	mg/L	6,022	5,967	18,490	17,970	NE
	COT	mg/L	6,875	6,451	20,670	19,880	NE
	Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	3	1	4	ausente	< 1
	Coliformes Totais	UFC/100mL	10	4	5	ausente	NE
	N-amoniacal	mg/L NH ₃	<0,01	2,28	0,12	1,02	NE
	pH	adimensional	7,40	6,82	6,96	6,49	6 a 8
	SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	2,423	1,862	0,753	5,319	NE
THM	Clorofórmio	µg/L	24,95	0,49	46,97	47,32	NE
	Bromodiclorometano	µg/L	2,00	<0,01	<0,01	11,23	NE
	Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
	Bromofórmio	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
HAD	Cloro Hidrato	µg/L	13,11	<0,01	39,20	49,17	NE
HP	Cloropicrina	µg/L	<0,01	<0,01	11,28	<0,01	NE
HAN	Dicloroacetnitrila	µg/L	16,07	<0,01	38,51	44,30	NE
	Tricloroacetnitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	1,96	NE
	Dibromoacetnitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
	Bromocloroacetnitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
HK	1,1-dicloropropanona	µg/L	4,18	4,84	18,52	23,82	NE
	1,1,1-tricloropropanona	µg/L	5,76	<0,01	11,43	14,89	NE
	SOH totais	µg/L	66,07	5,33	165,91	192,69	NE

Reuso*: VMP mais restrito de acordo com a USEPA (2004), NBR 13.696 (ABNT, 1997) e Resolução Conjunta do Estado de São Paulo SES/SMA/SSRH nº 01 (2017)

Quanto ao parâmetro coliformes termotolerantes, em relação ao valor médio quantificado no efluente bruto (656 UFC/100 mL), o único desinfetante capaz de eliminar totalmente a presença bacteriana em um tempo de contato de 30 minutos e atender as Normas mais restritivas para reuso, sendo a USEPA (2004) para reuso urbano irrestrito e reuso agrícola em culturas de alimentação processada comercialmente e a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017) para o reuso com restrição controlada, ambas com exigência da ausência de coliformes termotolerantes em 100 mL de amostra analisada, foi o ATCI com dosagem inicial de 84,07 mg/L de cloro.

Quanto ao parâmetro coliformes totais em relação ao valor médio quantificado no efluente bruto (2259 UFC/100 mL), todos os quatro desinfetantes diminuíram as UFC para a casa das dezenas, sendo o maior valor para o hipoclorito de sódio (10 UFC/100 mL) e o menor para o ATCI (ausência de UFC/100 mL). Nenhuma das três Normas (USEPA (2004), NBR 13.696 (ABNT, 1997) e Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017)) menciona um VMP em relação aos coliformes totais.

Os resultados de N-amoniaco foram praticamente $<0,01$ mg/L NH_3 com o uso do hipoclorito de sódio e do DCIS. Já com o uso do HGIL, mesmo após ser aplicada uma dosagem de 80,99 mg/L Cl_2 , resultou em 2,28 mg/L NH_3 , e para o ATCI foi empregada uma dosagem de 84,07 mg/L Cl_2 e resultou em 1,02 mg/L NH_3 , sendo que o resultado médio presente no efluente bruto foi de 3,59 mg/L NH_3 , fato que indica que o cloro residual presente neste ponto trata-se de cloro combinado.

Em relação aos resultados de pH do efluente bruto (7,48), todos os desinfetantes analisados atenderam às Normas com vistas ao reuso, tanto a USEPA (2004), a NBR 13.696 (ABNT, 1997) e a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017), com variações permitidas na faixa de 6 a 8. O desinfetante que mais abaixou o pH do meio foi o ATCI, com resultado de 6,49. Nessa faixa de pH tem-se maior predominância do cloro livre na forma de ácido hipocloroso (97%) que íon hipoclorito (3%) e como o ácido hipocloroso tem maior poder de desinfecção que o íon hipoclorito, teoricamente o ATCI deveria proporcionar maior eficiência de diminuição microbiana, e tal resultado foi comprovado devido a completa eliminação das UFC dos coliformes totais e termotolerantes.

De posse dos resultados médios de COD e $\text{Abs}_{254\text{nm}}$ foi possível calcular a SUVA através da Equação 5. Os resultados foram $2,423 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o hipoclorito

de sódio, $1,862 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o HGIL, $0,753 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o DCIS e $5,319 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o ATCI. Além disso, quando se avaliou a formação de SOH total após 30 minutos com o uso do DCIS, o resultado ($165,91 \mu\text{g/L}$) foi o segundo maior dentre os quatro compostos analisados, menor apenas quando utilizado ATCI ($192,69 \mu\text{g/L}$), que neste caso, coincidiu com o alto resultado da SUVA, devido à alta absorvância 254 nm . Em contrapartida, o hipoclorito de sódio que resultou em um valor de SUVA de $2,423 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$, apresentou menor formação de SOH totais ($66,07 \mu\text{g/L}$) em comparação aos derivados clorados orgânicos.

Em relação à formação de SOH, os compostos dibromoclorometano, bromofórmio, dibromoacetoneitrila e bromocloroacetoneitrila estavam ausentes em todos os desinfetantes analisados.

Da família dos trihalometanos (THM), a formação do composto clorofórmio ocorreu com o emprego de todos os desinfetantes, com destaque para os desinfetantes orgânicos, ATCI ($47,32 \mu\text{g/L}$) e DCIS ($46,97 \mu\text{g/L}$) e menor formação com o uso do HGIL ($0,49 \mu\text{g/L}$). Já a formação do composto bromodiclorometano ocorreu apenas com a utilização do ATCI ($11,23 \mu\text{g/L}$) e do hipoclorito de sódio ($2,00 \mu\text{g/L}$). Ambos os subprodutos são classificados como B2 na categoria de carcinogenicidade da USEPA (1999) com evidência suficiente por estudos com animais.

Da família dos haloaldeídos (HAD), a formação do composto cloro hidrato não ocorreu com a utilização do desinfetante HGIL, e teve predominância com a utilização do ATCI, com $49,17 \mu\text{g/L}$ e do DCIS, com $39,20 \mu\text{g/L}$. Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

Da família das halopicrinas (HP), a formação do composto cloropicrina ocorreu apenas com a utilização do DCIS, sendo $11,28 \mu\text{g/L}$. Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetoneitrilas (HAN), a formação do composto dicloroacetoneitrila não ocorreu com a utilização do desinfetante HGIL, e teve predominância com a utilização do ATCI ($44,30 \mu\text{g/L}$), do DCIS ($38,51 \mu\text{g/L}$) e do hipoclorito de sódio ($16,07 \mu\text{g/L}$). Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

Já a formação do composto tricloroacetona ocorreu em pequena quantidade e apenas com a utilização do ATCI (1,96 µg/L). Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetonas (HK), a formação do composto 1,1-dicloropropanona ocorreu com a utilização de todos os desinfetantes, mas, em pequena quantidade para produtos inorgânicos e com destaque para os produtos orgânicos, sendo 23,82 µg/L para o ATCI e 18,52 µg/L para o DCIS

A formação do composto 1,1,1-tricloropropanona não ocorreu com a utilização do HGIL mas, com maior predominância quando utilizado ATCI (14,89 µg/L) DCIS (11,43 µg/L) e hipoclorito de sódio (5,76 µg/L). Esses subprodutos não estão classificados pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

A caracterização da ÁGUA 4 bruta, coletada no dia 28/11/2017 e utilizada para a realização de ensaio de demanda de cloro está apresentada na Tabela 23.

Tabela 23 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 4

Parâmetros	Unidades	Data: 28/11/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0980	0,0910	0,0950	0,0947	0,0035
Amônia	mg/L NH ₃	0,68	0,50	0,48	0,55	0,11
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	4,146	4,429	4,375	4,317	0,150
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,862	4,442	4,446	4,583	0,241
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	1000	1100	900	1000	100
Coliformes Totais	UFC/100mL	1200	1200	1400	1267	115
DBO	mg/L O ₂	3	3	3	3	0
DQO	mg/L O ₂	27	<10	21	24	4
pH	adimens.	7,71	7,54	7,75	7,67	0,11
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	254	254	258	255	2
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	2	0	3	2	1
Sólidos Totais	mg/L	256	254	261	257	4
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	2,364	2,055	2,171	2,197	0,156
Turbidez	UT	4,64	4,63	4,38	4,55	0,15

Na Tabela 24 estão apresentados os resultados dos parâmetros analisados no frasco selecionado após o ensaio de demanda de cloro para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 4.

Tabela 24 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de demanda de cloro (30 minutos) para os quatro desinfetantes para a ÁGUA 4

Família	Parâmetros	Unidades	Hipoclorito de sódio	HGIL	DCIS	ATCI	Reuso*
-	Cloro dosado	mg/L Cl ₂	26,11	64,85	52,63	39,78	-
	CRL	mg/L Cl ₂	1,30	22,60	22,80	8,00	1
	Absorbância 254nm	adimensional	0,0520	0,0740	0,1040	0,0760	NE
	COD	mg/L	7,278	5,072	18,000	9,497	NE
	COT	mg/L	5,757	4,908	17,400	9,602	NE
	Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	4	ausente	2	ausente	< 1
	Coliformes Totais	UFC/100mL	12	ausente	18	ausente	NE
	N-amoniacal	mg/L NH ₃	<0,01	0,03	<0,01	0,08	NE
	pH	adimensional	8,09	8,28	7,42	7,01	6 a 8
	SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	0,714	1,459	0,578	0,800	NE
THM	Clorofórmio	µg/L	357,30	479,69	234,09	917,95	NE
	Bromodiclorometano	µg/L	15,05	74,32	32,97	52,37	NE
	Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
	Bromofórmio	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
HAD	Cloro Hidrato	µg/L	183,43	222,23	110,40	519,20	NE
HP	Cloropicrina	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	11,68	NE
HAN	Dicloroacetoneitrila	µg/L	68,35	30,81	54,70	83,81	NE
	Tricloroacetoneitrila	µg/L	4,81	9,83	7,14	<0,01	NE
	Dibromoacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
	Bromocloroacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NE
HK	1,1-dicloropropanona	µg/L	<0,01	<0,01	15,06	905,43	NE
	1,1,1-tricloropropanona	µg/L	46,86	<0,01	31,08	477,33	NE
	SOH totais	µg/L	675,80	816,88	485,44	2967,77	NE

Reuso*: VMP mais restrito de acordo com a USEPA (2004), NBR 13.696 (ABNT, 1997) e Resolução Conjunta do Estado de São Paulo SES/SMA/SSRH nº 01 (2017)

No Apêndice D1c estão apresentados todos os cromatogramas onde é possível visualizar a linearidade da linha de base e a área dos picos dos SOH identificados bem definidas.

Os resultados foram de 26,11 mg/L para o hipoclorito de sódio, 64,85 mg/L para o HGIL, 52,63 mg/L para o DCIS e 39,78 mg/L para o ATCI. É provável que a diferença entre as dosagens de CRL da solução-padrão para cada desinfetante seja devido ao comportamento reacional dos produtos clorados em contato com o efluente e a variação do pH que ocasionam no meio.

O valor mínimo de cloro residual recomendado pela USEPA (2004) para reuso é de 1,0 mg/L e esse parâmetro foi atendido para todos os desinfetantes, porém, o ATCI resultou em um CRL de 8,00 mg/L, o HGIL em 22,60 mg/L e o DCIS com 22,80 mg/L, sendo bastante elevados de acordo com a legislação.

Portanto, esse cloro residual livre excessivamente elevado em relação ao exigido pela USEPA (2004), pode justificar os altos resultados de SOH formados. Contudo, vale salientar que a dosagem inicial aplicada foi da mesma ordem de grandeza das dosagens aplicadas nos ensaios de demanda para as ÁGUAS 1 e 2 (em torno de 50 mg/L de Cl_2); e os parâmetros de caracterização do efluente sanitário coletado na data de 28/11/2017 são semelhantes aos valores médios de todas as coletas, sem nenhuma alteração significativa que mereça atenção extra.

O resultado de absorvância 254 nm após o ensaio de demanda para a ÁGUA 4 em comparação ao resultado médio de absorvância 254 nm do efluente bruto (0,0975) apresentou diminuição nos resultados com o uso de todos os desinfetantes, com exceção para o DCIS (0,1040).

Em relação ao valor médio do COD do efluente bruto (4,970 mg/L), nota-se uma pequena elevação da concentração de carbono para os desinfetantes clorados inorgânicos, com resultados de 7,278 mg/L para o hipoclorito de sódio e 5,072 mg/L para o HGIL.

Já os desinfetantes clorados orgânicos, tiveram alto incremento da concentração de carbono em relação ao resultado do efluente bruto, com valores de 18,000 mg/L para o DCIS e 9,602 mg/L para o ATCI.

Em relação ao valor médio do COT do efluente bruto (5,272 mg/L), também é possível notar pequena elevação da concentração de carbono para os desinfetantes clorados inorgânicos, com resultados médios de 5,757 mg/L para o hipoclorito de sódio e 4,908 mg/L para o HGIL. Os desinfetantes clorados orgânicos, elevaram

significativamente a concentração de carbono em relação ao resultado do efluente bruto, com resultados de 17,400 mg/L para o DCIS e 9,602 mg/L para o ATCI, sendo que dentre as 3 águas utilizadas nos ensaios de demanda de cloro, a ÁGUA 4 foi a que resultou em menores valores de COD e COT com o uso do ATCI.

O valor de COT ter sido menor que o de COD para os desinfetantes hipoclorito de sódio, HGIL e DCIS pode ser justificado pela necessidade de diluição da amostra associado a elevada sensibilidade do método analítico de carbono bem como uma possível volatilização do produto clorado da amostra.

Quanto ao parâmetro coliformes termotolerantes, em relação ao valor médio quantificado no efluente bruto (656 UFC/100 mL), os desinfetantes que eliminaram totalmente a presença bacteriana em um tempo de contato de 30 minutos e atenderam as Normas mais restritivas para reuso, sendo a USEPA (2004) para reuso urbano irrestrito e reuso agrícola em culturas de alimentação processada comercialmente e a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017) para o reuso com restrição controlada, ambas com exigência da ausência de coliformes termotolerantes em 100 mL de amostra analisada, foram o HGIL e o ATCI com dosagem inicial de 64,85 mg/L e 39,78 mg/L de cloro respectivamente.

Quanto ao parâmetro coliformes totais em relação ao valor médio quantificado no efluente bruto (2259 UFC/100 mL), o HGIL e o ATCI garantiram a eliminação total dos coliformes e os demais apresentaram resultados de 12 UFC/100 mL para o hipoclorito de sódio e 18 UFC/100 mL para o DCIS. Nenhuma das três Normas (USEPA (2004), NBR 13.696 (ABNT, 1997) e Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017)) menciona um VMP em relação aos coliformes totais.

Os resultados de N-amoniaco foram praticamente $<0,01$ mg/L NH_3 com o uso de todos os desinfetantes clorados.

Em relação aos resultados de pH do efluente bruto (7,48), os desinfetantes clorados orgânicos atenderam às Normas com vistas ao reuso, tanto a USEPA (2004), a NBR 13.696 (ABNT, 1997) e a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017), com variações permitidas na faixa de 6 a 8. Os desinfetantes inorgânicos elevaram o pH do meio acima do estabelecido nas Normas para reuso.

O desinfetante que mais abaixou o pH do meio foi o ATCI, com resultado de 7,01. Nessa faixa de pH tem-se maior predominância do cloro livre na forma de ácido hipocloroso (75%) que íon hipoclorito (25%) e como o ácido hipocloroso tem maior

poder de desinfecção que o íon hipoclorito, teoricamente o ATCI deveria proporcionar maior eficiência de diminuição microbiana, e tal resultado foi comprovado devido a completa eliminação das UFC dos coliformes totais e termotolerantes. Já o desinfetante HGIL foi o que mais elevou o pH do meio (8,28), todavia, garantiu igual eliminação dos coliformes tanto quanto com o uso do ATIC.

De posse dos resultados médios de COD e Abs_{254nm} foi possível calcular a SUVA através da Equação 5. Os resultados foram $0,714 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o hipoclorito de sódio, $1,459 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o HGIL, $0,578 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o DCIS e $0,800 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o ATCI. Porém, quando se avaliou a formação de SOH total após 30 minutos com o uso do DCIS, o resultado ($485,44 \mu\text{g/L}$) foi o segundo maior dentre os quatro compostos analisados, menor apenas quando utilizado ATCI ($2967,77 \mu\text{g/L}$).

Em relação à formação de SOH, os compostos dibromoclorometano, bromofórmio, dibromoacetoneitrila e bromocloroacetoneitrila estavam ausentes em todos os desinfetantes analisados.

Da família dos trihalometanos (THM), a formação do composto clorofórmio ocorreu com o emprego de todos os desinfetantes, com destaque para o ATCI ($917,95 \mu\text{g/L}$), o HGIL ($479,69 \mu\text{g/L}$) e o hipoclorito de sódio ($357,30 \mu\text{g/L}$) e menor formação com o uso do DCIS ($234,09 \mu\text{g/L}$). Já a formação do composto bromodichlorometano também ocorreu com a utilização de todos os desinfetantes, com destaque para o HGIL ($74,32 \mu\text{g/L}$) seguido pelo ATIC ($52,37 \mu\text{g/L}$). Ambos os subprodutos são classificados como B2 na categoria de carcinogenicidade da USEPA (1999) com evidência suficiente por estudos com animais.

Da família dos haloaldeídos (HAD), a formação do composto cloro hidrato ocorreu com a utilização de todos os desinfetantes e teve predominância com a utilização do ATCI ($519,20 \mu\text{g/L}$), do HGIL ($222,23 \mu\text{g/L}$) e do hipoclorito de sódio ($183,43 \mu\text{g/L}$). Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

Da família das halopirinas (HP), a formação do composto cloropirina ocorreu apenas com a utilização do ATCI, sendo $11,68 \mu\text{g/L}$. Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetoneitrilas (HAN), a formação do composto dichloroacetoneitrila ocorreu com a utilização de todos os desinfetantes e teve

predominância com a utilização do ATCl (83,81 µg/L), do hipoclorito de sódio (68,35 µg/L) e do DCIS (54,70 µg/L). Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

Já a formação do composto tricloroacetona ocorreu em pequena quantidade com o uso de todos os desinfetantes, com exceção do ATCl. Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana. Na Figura 54 está apresentado o gráfico com os resultados das HAN formadas no ensaio de demanda de cloro com o uso dos quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 4.

Da família das haloacetonas (HK), a formação do composto 1,1-dicloropropanona ocorreu apenas com a utilização dos derivados clorados orgânicos, sendo 15,06 µg/L para o DCIS e 905,43 µg/L para o ATCl.

A formação do composto 1,1,1-tricloropropanona não ocorreu com a utilização do HGIL mas, com maior predominância quando utilizado ATCl (477,33 µg/L). Esses subprodutos não estão classificados pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

5.5 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE SANITÁRIO APÓS OS ENSAIOS DE DOSAGEM ÚNICA DE 50 mg/L DE CLORO

A caracterização do efluente sanitário após o ensaio de dosagem única de 50 mg/L de cloro para os quatro desinfetantes utilizados foi realizada após um tempo de contato de 24 horas para os parâmetros: CRL, absorvância_{254nm}, COD, COT, N-amoniaco, pH, SUVA e SOH.

A caracterização da ÁGUA 3 bruta, coletada no dia 22/11/2017 e utilizada para a realização de ensaio de dosagem única de cloro está apresentada na Tabela 25.

Na Tabela 26 estão apresentados os resultados médios bem como o desvio padrão dos parâmetros supracitados. Os resultados de todos os ensaios de dosagem única estão apresentados no Apêndice C1. No Apêndice D2 estão apresentados todos os cromatogramas onde é possível visualizar a linearidade da linha de base e a área dos picos dos SOH identificados bem definidas.

O valor mínimo de cloro residual livre recomendado pela USEPA (2004) para reuso é de 1,0 mg/L e esse parâmetro foi atendido para todos os desinfetantes, porém em excesso, apenas para os desinfetantes clorados orgânicos DCIS e ATIC, com

resultados de 24,00 mg/L e 13,07 mg/L respectivamente. Já os desinfetantes clorados inorgânicos, hipoclorito de sódio e HGIL, o valor médio de CRL foi de 0,11 mg/L e 0,07 mg/L, não atendendo ao mínimo recomendado pela referida legislação.

Tabela 25 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 3

Parâmetros	Unidades	Data: 22/11/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0968	0,0947	0,0994	0,0970	0,0024
Amônia	mg/L NH ₃	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	4,408	4,681	4,488	4,526	0,140
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,698	4,715	4,812	4,742	0,062
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	4	Aus.	Aus.	4	-
Coliformes Totais	UFC/100mL	8	Aus.	Aus.	8	-
DBO	mg/L O ₂	5	5	5	5	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,59	7,39	7,55	7,51	0,11
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	207	183	185	192	13
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	3	4	4	4	0
Sólidos Totais	mg/L	210	187	189	195	13
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	2,196	2,023	2,215	2,145	0,106
Turbidez	UT	4,84	3,72	4,08	4,21	0,57

A amostra do efluente tratado coletado no dia 22/11/2017 e utilizado para a realização do ensaio de dosagem única, não possuía N-amoniaco em sua composição, conseqüentemente, demandaria menor percentual de cloro disponível. Todavia, é provável que as diferenças nos resultados de CRL para cada desinfetante deva-se ao comportamento reacional dos produtos clorados em contato com o efluente e a variação do pH que ocasionam no meio, que por sua vez, direcionará a reação para maior ou menor disponibilidade de cloro livre na forma de ácido hipocloroso ou íon hipoclorito.

Os resultados de absorbância 254 nm após o ensaio de dosagem única em comparação ao resultado médio de absorbância 254 nm do efluente bruto (0,0975) apresentaram uma diminuição nos resultados com o uso do hipoclorito de sódio (0,0799), HGIL (0,0858), DCIS (0,0730) e elevação do resultado apenas para o ATCI (0,1125).

Tabela 26 - Resultados médios (triplicata, n=3) da caracterização do efluente sanitário após o ensaio de dosagem única de 50 mg/L de CRL da solução-padrão para os quatro desinfetantes analisados em um tempo de contato de 24 horas para a ÁGUA 3

Família	Parâmetros após 24 horas	Unidades	Hipoclorito de sódio		HGIL		DCIS		ATCI	
			Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
	CRL	mg/L Cl ₂	0,11	0,05	0,07	0,02	24,00	4,33	13,07	3,75
	Absorbância 254 nm	adimensional	0,0799	0,0044	0,0858	0,0021	0,0730	0,0016	0,1125	0,0093
	COD	mg/L	5,873	1,089	5,578	1,131	13,373	0,541	18,167	1,118
	COT	mg/L	6,665	0,619	7,361	1,297	20,290	1,621	13,247	0,359
	N-amoniacal	mg/L NH ₃	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00
	pH	adimensional	7,49	0,01	7,58	0,02	7,11	0,10	6,65	0,04
	SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	1,381	0,170	1,573	0,256	0,547	0,026	0,619	0,036
THM	Clorofórmio	µg/L	102,63	39,53	126,93	22,97	635,22	4,40	440,05	22,80
	Bromodiclorometano	µg/L	5,10	0,00	2,74	0,00	53,60	1,75	33,89	1,93
	Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00
	Bromofórmio	µg/L	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00
HAD	Cloro hidratado	µg/L	34,23	23,91	38,68	12,92	363,41	28,43	308,20	25,69
HP	Cloropicrina	µg/L	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00	6,80	0,34
HAN	Dicloroacetoneitrila	µg/L	24,89	10,93	33,15	3,80	161,75	3,19	189,21	9,78
	Tricloroacetoneitrila	µg/L	1,64	1,02	1,14	0,49	<0,01	0,00	<0,01	0,00
	Dibromoacetoneitrila	µg/L	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00
	Bromocloroacetoneitrila	µg/L	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00
HK	1,1-dicloropropanona	µg/L	10,25	3,10	10,20	1,52	<0,01	0,00	<0,01	0,00
	1,1,1-tricloropropanona	µg/L	2,66	0,00	2,53	1,24	89,02	1,88	142,22	29,72
	SOH totais	µg/L	177,11	75,51	213,54	40,27	1303,00	27,03	1120,37	43,45

Em relação ao valor médio do COD do efluente bruto (4,970 mg/L), nota-se uma pequena elevação da concentração de carbono para os desinfetantes clorados inorgânicos, com resultados médios de 5,873 mg/L para o hipoclorito e 5,578 mg/L para o HGIL. Já os desinfetantes clorados orgânicos, tiveram alto incremento da concentração de carbono em relação ao resultado do efluente bruto, sendo os resultados médios de 13,373 mg/L para o DCIS e 18,167 mg/L para o ATCI.

Em relação ao valor médio do COT do efluente bruto (5,272 mg/L), é possível notar uma pequena elevação da concentração de carbono para os desinfetantes clorados inorgânicos, com resultados médios de 6,665 mg/L para o hipoclorito de sódio e 7,361 mg/L para o HGIL. Os desinfetantes clorados orgânicos, elevaram significativamente a concentração de carbono em relação ao resultado do efluente bruto, sendo os resultados médios de 20,290 mg/L para o DCIS e 13,247 mg/L para o ATCI.

O valor de COT ter sido menor que o de COD para o desinfetante ATCI pode ser justificado pela necessidade de diluição da amostra associado a elevada sensibilidade do método analítico de carbono bem como uma possível volatilização do produto clorado da amostra.

O DCIS abaixou o pH da amostra para 7,11, o que aumentou predominância de cloro livre na forma de ácido hipocloroso (75%) em comparação ao íon hipoclorito (25%). Já o ATCI abaixou o pH do meio para 6,65, sendo que quanto mais próximo de 6,0 for o pH do meio, maior a presença de ácido hipocloroso (97%) que íon hipoclorito (3%). Como o ácido hipocloroso tem maior poder de desinfecção que o íon hipoclorito, o composto clorado capaz de proporcionar maior eficiência de diminuição microbiana seria o ATCI; mas como os coliformes não foram quantificados nesses ensaios, não foi possível tirar essa conclusão de maneira concreta.

De posse dos resultados médios de COD e Abs_{254nm} foi possível calcular a SUVA através da Equação 5. Os resultados foram $1,381 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o hipoclorito de sódio, $1,573 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o HGIL, $0,547 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o DCIS e $0,619 \text{ L.mg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o ATCI. E, quando se avaliou a formação de SOH total com o uso do DCIS, o resultado ($1303,00 \mu\text{g/L}$) nota-se que a formação média após 24 horas de contato foi exatamente a maior dentre os quatro compostos analisados.

Em relação à formação de SOH, os compostos dibromoclorometano, bromofórmio, dibromoacetoneitrila e bromocloroacetoneitrila estavam ausentes em todos os desinfetantes analisados.

Da família dos trihalometanos (THM), a formação dos compostos clorofórmio e bromodiclorometano ocorreu com a utilização de todos os quatro desinfetantes clorados em contato com o efluente tratado, com maior predominância nos desinfetantes orgânicos, sendo o destaque do resultado de 635,22 µg/L de clorofórmio para o DCIS e 440,05 µg/L para o ATCI. Ambos os subprodutos são classificados como B2 na categoria de carcinogenicidade da USEPA (1999) com evidência suficiente por estudos com animais.

Da família dos haloaldeídos (HAD), a formação do composto cloro hidrato ocorreu com a utilização de todos os quatro compostos clorados em contato com o efluente tratado, com maior predominância nos compostos orgânicos, sendo o destaque do resultado de 363,41 µg/L para o DCIS e 308,20 µg/L para o ATCI. Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

Da família das halopicrinas (HP), a formação do composto cloropicrina ocorreu com a utilização apenas do ATCI em contato com o efluente tratado, com resultado de 6,80 µg/L. Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetônitrilas (HAN), a formação do composto dicloroacetônitrila ocorreu com a utilização de todos os quatro compostos clorados em contato com o efluente tratado, com maior predominância nos compostos orgânicos, sendo o destaque do resultado de 161,75 µg/L para o DCIS e 189,21 µg/L para o ATCI. Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

A formação do composto tricloroacetônitrila ocorreu em pequena quantidade e apenas com a utilização dos compostos clorados inorgânicos. Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetonas (HK), a formação do composto 1,1-dicloropropanona ocorreu em pequena quantidade e apenas com a utilização dos compostos clorados inorgânicos, com resultados de 10,25 µg/L para o hipoclorito de sódio e 10,20 µg/L para o HGIL.

A formação do composto 1,1,1-tricloropropanona ocorreu com a utilização de todos os quatro compostos clorados em contato com o efluente tratado, com maior predominância nos compostos orgânicos, sendo o destaque do resultado de 89,02 µg/L para o DCIS e 142,22 µg/L para o ATCl. Esses subprodutos não estão classificados pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

5.6 RESULTADOS DO POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS DE 7 DIAS DO EFLUENTE TRATADO

Os ensaios de potencial de formação de subprodutos orgânicos halogenados de 7 dias (PFSOH_{7d}) foram adaptados dos métodos 5710 A e B da APHA et al. (2012) para água de abastecimento e empregados no efluente sanitário da ETE após passar por tratamento secundário. Nos métodos é sugerida uma dosagem excessiva de cloro na água bruta, tal que, após 7 dias de contato e em condições controladas de temperatura de 25°C ± 2 e pH do meio tamponado em 7,0, resulte em um teor de cloro residual livre entre 3,5 e 5,0 mg/L.

A finalidade do ensaio de PFSOH_{7d} foi verificar a potencialidade de formação de SOH no efluente sanitário tratado, visto que, tendo como finalidade o reuso direto não potável após processo de desinfecção, essa água deve garantir segurança e não apresentar riscos físico-químicos e microbiológicos para quem irá manuseá-la.

A caracterização da ÁGUA 1 bruta, coletada no dia 18/07/2017 e utilizada para a realização de ensaio de Potencial de Formação de SOH de 7 dias está apresentada na Tabela 27.

Os resultados dos ensaios de PFSOH_{7d} realizados com a ÁGUA 1, estão apresentados na Tabela 28 para os quatro desinfetantes analisados. No Apêndice D3a estão apresentados todos os cromatogramas onde é possível visualizar a linearidade da linha de base e a área dos picos dos SOH identificados bem definidas.

O único composto que não foi detectado em nenhum dos desinfetantes analisados foi a dibromoacetonitrila.

Da família dos trihalometanos (THM), a formação do composto clorofórmio ocorreu com a utilização de todos os quatro derivados clorados em contato com o efluente tratado, com grande predominância nos compostos clorados orgânicos, sendo 856,95 µg/L para o DCIS e 621,51 µg/L para o ATCl. Porém, o desinfetante

clorado que apresentou o maior PFSOH foi o hipoclorito de sódio com 1102,12 µg/L e o que apresentou o menor PFSOH foi o HGIL com apenas 60,82 µg/L.

Tabela 27 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 1

Parâmetros	Unidades	Data: 18/07/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0846	0,0814	0,0831	0,0830	0,0016
Amônia	mg/L NH ₃	2,95	2,32	2,45	2,57	0,33
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	5,026	4,786	4,744	4,852	0,152
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,824	4,274	4,929	4,676	0,352
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	100	Aus.	Aus.	100	0
Coliformes Totais	UFC/100mL	500	1600	5600	2567	2684
DBO	mg/L O ₂	7	7	7	7	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,45	7,53	7,52	7,50	0,04
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	184	184	197	188	8
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	7	24	4	12	11
Sólidos Totais	mg/L	191	208	201	200	9
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	1,683	1,701	1,752	1,712	0,036
Turbidez	UT	3,23	3,20	3,97	3,47	0,44

O composto bromodiclorometano apresentou pequena formação com o uso dos quatro desinfetantes clorados, com destaque para o DCIS com 29,12 µg/L e degradação após 7 dias para os compostos HGIL e ATCI.

O composto bromofórmio apresentou PFSOH apenas quando em contato com o produto HGIL após 7 dias, com resultado de 8,27 µg/L. Todos esses subprodutos são classificados como B2 na categoria de carcinogenicidade da USEPA (1999) com evidência suficiente por estudos com animais.

Já o composto dibromoclorometano apresentou PFSOH apenas quando em contato com o produto HGIL, com resultado de 46,50 µg/L e é classificado como C na categoria de carcinogenicidade da USEPA (1999), com possível carcinogenicidade humana e evidência limitada em estudos realizados em animais.

Tabela 28 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de Potencial de Formação de SOH de 7 dias para os quatro desinfetantes clorados analisados para a ÁGUA 1

Família	Parâmetros	Unidades	Hipoclorito de sódio			HGIL		
			T ₀ (30 min)	T _f (7 dias)	PF = T _f - T ₀	T ₀ (30 min)	T _f (7 dias)	PF = T _f - T ₀
	Dosagem de cloro	mg/L Cl ₂		69,27			269,09	
	Cloro residual livre	mg/L Cl ₂	12,40	3,90	-	10,50	6,30	-
THM	Clorofórmio	µg/L	216,03	1318,15	1102,12	12,32	73,14	60,82
	Bromodiclorometano	µg/L	<0,01	17,03	17,03	0,10	<0,01	-0,10
	Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	3,30	49,80	46,50
	Bromofórmio	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	8,27	8,27
HAD	Cloro Hidrato	µg/L	215,87	968,46	752,59	10,46	33,74	23,28
HP	Cloropicrina	µg/L	2,98	32,97	29,99	4,19	18,96	14,77
HAN	Dicloroacetoneitrila	µg/L	94,54	55,21	-39,33	<0,01	1,35	1,35
	Tricloroacetoneitrila	µg/L	28,91	15,19	-13,72	<0,01	<0,01	<0,01
	Dibromoacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Bromocloroacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	5,70	<0,01	-5,70
HK	1,1-dicloropropanona	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	1,1,1-tricloropropanona	µg/L	76,12	49,06	-27,06	<0,01	<0,01	<0,01
	SOH totais	µg/L	634,45	2456,07	1821,62	36,07	185,26	149,19

Continua

Tabela 23 - Continuação

Família	Parâmetros	Unidades	DCIS			ATCI		
			T ₀ (30 min)	T _f (7 dias)	PF = T _f - T ₀	T ₀ (30 min)	T _f (7 dias)	PF = T _f - T ₀
	Dosagem de cloro	mg/L Cl ₂		69,74			121,21	
	Cloro residual livre	mg/L Cl ₂	7,30	5,25	-	23,00	23,00	-
THM	Clorofórmio	µg/L	79,28	936,23	856,95	22,98	644,49	621,51
	Bromodiclorometano	µg/L	<0,01	29,12	29,12	1,86	1,66	-0,20
	Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Bromofórmio	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HAD	Cloro Hidrato	µg/L	110,11	683,59	573,48	64,04	634,93	570,89
HP	Cloropicrina	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	5,13	5,13
HAN	Dicloroacetoneitrila	µg/L	61,38	304,53	243,15	51,99	326,61	274,62
	Tricloroacetoneitrila	µg/L	3,74	<0,01	-3,74	<0,01	<0,01	<0,01
	Dibromoacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Bromocloroacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HK	1,1-dicloropropanona	µg/L	10,42	<0,01	-10,42	0,66	<0,01	-0,66
	1,1,1-tricloropropanona	µg/L	49,52	130,00	80,48	41,79	246,65	204,86
	SOH totais	µg/L	314,45	2083,47	1769,02	183,32	1859,47	1676,15

Da família dos haloaldeídos (HAD), a formação do composto cloro hidrato ocorreu com a utilização de todos os quatro derivados clorados em contato com o efluente tratado, com grande predominância nos compostos clorados orgânicos, sendo 573,48 µg/L para o DCIS e 570,89 µg/L para o ATCI.

Porém, o desinfetante que apresentou o maior PFSOH foi o hipoclorito de sódio com 752,59 µg/L e o que apresentou o menor PFSOH foi o HGIL com apenas 23,28 µg/L. Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

Da família das halopicrinas (HP), o PFSOH do composto cloropicrina não ocorreu apenas com a utilização do DCIS em contato com o efluente tratado. Para os demais produtos, a formação foi pequena, com destaque para a utilização do hipoclorito de sódio com 29,99 µg/L. Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetoneitrilas (HAN), o PFSOH do composto dicloroacetoneitrila ocorreu com a utilização de todos os quatro produtos clorados em contato com o efluente tratado, com maior predominância nos derivados orgânicos, sendo o destaque de 243,15 µg/L para o DCIS e 274,62 µg/L para o ATCI. Com o uso do hipoclorito de sódio houve formação desse subproduto, porém, após 7 dias, a formação foi menor que em 30 minutos, fato que evidencia degradação do composto em outros produtos da oxidação. Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

A formação do composto tricloroacetoneitrila ocorreu em pequena quantidade e apenas com a utilização do hipoclorito de sódio e do DCIS, porém, após 7 dias, a formação foi menor que em 30 minutos, evidenciando a degradabilidade do subproduto em outros produtos da oxidação.

Já a formação do composto bromocloroacetoneitrila ocorreu em baixa quantidade e apenas com a utilização do HGIL no tempo de contato de 30 minutos seguido por degradação após 7 dias. Ambos subprodutos não são classificados pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetonas (HK), a formação do composto 1,1-dicloropropanona ocorreu em pequena quantidade e apenas com a utilização dos

derivados clorados orgânicos no tempo de contato de 30 minutos, com resultados de -10,42 µg/L para o DCIS e 0,66 µg/L para o ATCl e degradação total após 7 dias.

Já o PFSOH do composto 1,1,1-tricloropropanona ocorreu com a utilização do DCIS com 80,48 µg/L e do ATCl com 204,86 µg/L. Com o uso do hipoclorito de sódio houve formação desse subproduto, porém com degradação após 7 dias de contato. As haloacetonas não estão classificados pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

A caracterização da ÁGUA 4 bruta, coletada no dia 28/11/2017 e utilizada para a realização de ensaio de Potencial de Formação de SOH de 7 dias está apresentada na Tabela 29.

Tabela 29 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE e nomeado como ÁGUA 4

Parâmetros	Unidades	Data: 28/11/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0980	0,0910	0,0950	0,0947	0,0035
Amônia	mg/L NH ₃	0,68	0,50	0,48	0,55	0,11
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	4,146	4,429	4,375	4,317	0,150
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,862	4,442	4,446	4,583	0,241
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	1000	1100	900	1000	100
Coliformes Totais	UFC/100mL	1200	1200	1400	1267	115
DBO	mg/L O ₂	3	3	3	3	0
DQO	mg/L O ₂	27	<10	21	24	4
pH	adimens.	7,71	7,54	7,75	7,67	0,11
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	254	254	258	255	2
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	2	0	3	2	1
Sólidos Totais	mg/L	256	254	261	257	4
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	2,364	2,055	2,171	2,197	0,156
Turbidez	UT	4,64	4,63	4,38	4,55	0,15

Os resultados dos ensaios de PFSOH_{7d} realizados com a ÁGUA 4, estão apresentados na Tabela 30 para os quatro desinfetantes analisados. No Apêndice D3b estão apresentados todos os cromatogramas onde é possível visualizar a linearidade da linha de base e a área dos picos dos SOH identificados bem definidas.

Tabela 30 - Resultados dos parâmetros analisados após seleção do frasco no ensaio de Potencial de Formação de SOH de 7 dias para os quatro desinfetantes clorados analisados para a ÁGUA 4

Família	Parâmetros	Unidades	Hipoclorito de sódio			HGIL		
			T ₀ (30 min)	T _f (7 dias)	PF = T _f - T ₀	T ₀ (30 min)	T _f (7 dias)	PF = T _f - T ₀
	Dosagem de cloro	mg/L Cl ₂		87,04			64,85	
	Cloro residual livre	mg/L Cl ₂	49,20	63,40	-	22,60	20,21	-
THM	Clorofórmio	µg/L	2122,72	2044,20	-78,52	479,69	1404,89	925,20
	Bromodiclorometano	µg/L	65,10	64,89	-0,21	74,32	116,86	42,54
	Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Bromofórmio	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HAD	Cloro Hidrato	µg/L	351,48	346,56	-4,92	222,23	338,47	116,24
HP	Cloropicrina	µg/L	7,76	8,55	0,79	<0,01	<0,01	<0,01
HAN	Dicloroacetoni-trila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	30,81	<0,01	-30,81
	Tricloroacetoni-trila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	9,83	<0,01	-9,83
	Dibromoacetoni-trila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Bromocloroacetoni-trila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HK	1,1-dicloropropanona	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	1,1,1-tricloropropanona	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	SOH totais	µg/L	2547,06	2464,20	-82,86	816,88	1860,22	1043,34

Continua

Tabela 24 - Continuação

Família	Parâmetros	Unidades	DCIS			ATCI		
			T ₀ (30 min)	T _f (7 dias)	PF = T _f - T ₀	T ₀ (30 min)	T _f (7 dias)	PF = T _f - T ₀
	Dosagem de cloro	mg/L Cl ₂		52,63			39,78	
	Cloro residual livre	mg/L Cl ₂	22,80	20,70	-	8,00	6,40	-
THM	Clorofórmio	µg/L	234,09	824,68	590,59	917,95	694,30	-223,65
	Bromodiclorometano	µg/L	32,97	<0,01	-32,43	52,37	<0,01	-52,37
	Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Bromofórmio	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HAD	Cloro Hidrato	µg/L	110,40	842,41	732,01	519,20	648,77	129,57
HP	Cloropicrina	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	11,68	<0,01	-11,68
	Dicloroacetoneitrila	µg/L	54,70	<0,01	-54,70	83,81	53,11	-30,70
HAN	Tricloroacetoneitrila	µg/L	7,14	<0,01	-7,14	<0,01	<0,01	<0,01
	Dibromoacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Bromocloroacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HK	1,1-dicloropropanona	µg/L	15,06	<0,01	-15,06	905,43	<0,01	-905,43
	1,1,1-tricloropropanona	µg/L	31,08	<0,01	-31,08	477,33	<0,01	-477,33
	SOH totais	µg/L	485,44	1667,09	1181,65	2967,77	1396,18	-1571,59

Os compostos dibromoclorometano, bromofórmio, dibromoacetoneitrila e bromocloroacetoneitrila estavam ausentes em todos os desinfetantes analisados.

Da família dos trialometanos (THM), a formação do composto clorofórmio ocorreu com a utilização de todos os quatro derivados clorados em contato com o efluente tratado. O resultado do PFSOH para o DCIS foi de 590,59 µg/L e para o HGIL de 925,20 µg/L.

Com a utilização dos desinfetantes hipoclorito de sódio e ATCI, a formação do subproduto foi extremamente alta no tempo de 30 minutos (2122,72 µg/L e 917,95 µg/L nesta ordem) e menor após 7 dias (2044,20 µg/L e 694,30 µg/L), por esse motivo, o resultado do PF foi negativo e é justificado pela degradação do subproduto em outros produtos da oxidação. Todavia, o resultado negativo do PF não é suficiente para justificar a inexistência da potencialidade de formação de clorofórmio, muito pelo contrário, o resultado evidenciou a alta potencialidade de formação do composto não apenas em um grande período de tempo de 7 dias, como também em um curto intervalo de apenas 30 minutos, que comumente é o tempo empregado nas etapas de desinfecção das ETE.

O composto bromodichlorometano apresentou pequena formação com o uso dos quatro desinfetantes clorados, com resultados de 32,97 µg/L para o DCIS e 52,37 µg/L para o ATCI no tempo de 30 minutos e ocorrência de degradação total após 7 dias. Com o uso do HGIL o PF do composto foi de 42,54 µg/L e com o uso do hipoclorito de sódio o resultado foi de 65,10 µg/L após 30 minutos e 64,89 µg/L após 7 dias, o que indica pequena degradação, mas existência a potencialidade de formação do subproduto tanto em um intervalo de tempo curto quanto extenso.

Ambos os subprodutos supracitados são classificados como B2 na categoria de carcinogenicidade da USEPA (1999) com evidência suficiente por estudos com animais.

Da família dos haloaldeídos (HAD), a formação do composto cloro hidrato ocorreu com a utilização de todos os quatro derivados clorados em contato com o efluente tratado, com resultados de 116,72 µg/L para o uso de HGIL e 129,57 µg/L para o de ATCI. Porém, o desinfetante que apresentou o maior PFSOH foi o DCIS com resultado de 732,01 µg/L. Já o efluente em contato com o hipoclorito de sódio resultou em 351,48 µg/L após 30 minutos e 346,56 µg/L após 7 dias, o que indica pequena degradação, mas existência a potencialidade de formação do subproduto tanto em um intervalo de tempo curto quanto extenso.

Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

Da família das halopicrinas (HP), o PFSOH do composto cloropicrina não ocorreu com a utilização do HGIL e do DCIS em contato com o efluente tratado. Para os demais produtos, a formação foi pequena, sendo 0,79 µg/L com o uso de hipoclorito de sódio e 11,68 µg/L após 30 minutos com o uso de ATCI e degradação total após 7 dias. Esse subproduto não está classificado pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetoneitrilas (HAN), o PFSOH do composto dicloroacetoneitrila ocorreu exceto com a utilização do hipoclorito de sódio em contato com o efluente tratado. Os desinfetantes HGIL e DCIS apresentaram resultados de formação de dicloroacetoneitrila de 30,81 µg/L e 54,70 µg/L respectivamente, após 30 minutos e degradação total após 7 dias. Com o uso do ATCI, houve formação desse subproduto, contudo, a formação após 30 minutos (83,81 µg/L) foi maior que após 7 dias (53,11 µg/L), fato que evidencia a degradação do composto em outros produtos da oxidação. Esse subproduto é classificado pela USEPA (1999) como categoria C, que apresenta possível carcinogenicidade humana, com evidência limitada em estudos realizados em animais.

A formação do composto tricloroacetoneitrila ocorreu em pequena quantidade e apenas com a utilização do HGIL e do DCIS, com resultados de formação de 9,83 µg/L e 7,14 µg/L após 30 minutos e degradação total após 7 dias. Esses subprodutos não são classificados pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

Da família das haloacetonas (HK), a formação do composto 1,1-dicloropropanona ocorreu apenas com a utilização dos derivados clorados orgânicos no tempo de contato de 30 minutos, com resultados de 15,06 µg/L para o DCIS e 905,43 µg/L para o ATCI e degradação total após 7 dias.

A formação do composto 1,1,1-tricloropropanona também ocorreu apenas com a utilização dos derivados clorados orgânicos no tempo de contato de 30 minutos, com resultados de 31,08 µg/L para o DCIS e 477,33 µg/L para o ATCI e degradação total após 7 dias. Por esse motivo, em ambos os casos os resultados do PF foram negativos e é justificado pela conversão dos subprodutos em outros produtos da oxidação. Todavia, o resultado negativo do PF não é suficiente para justificar a

inexistência da potencialidade de formação das haloacetonas, que não estão classificados pela USEPA (1999) quanto à carcinogenicidade humana.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os objetivos propostos e os resultados obtidos conclui-se que:

- a. A caracterização do efluente sanitário da ETE, quanto as suas características físicas, químicas e bacteriológicas para lançamento, resultou em não-conformidade com os padrões de qualidade do manancial exigidos pela Resolução do CONAMA nº 430 (2011) e pelo Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976) para águas de Classe 2 (o mais restrito).
- b. A realização dos ensaios de iodometria para determinação do teor de cloro ativo em cada um dos quatro desinfetantes estudados resultou em valores que condizem com os teores de cloro ativo informados no rótulo dos produtos comerciais.
- c. Com a determinação da concentração de cloro requerida nos ensaios de demanda, quando promovido o contato do precursor da ETE com os quatro desinfetantes clorados, foi possível comprovar que com o uso de HGIL, o cloro residual presente na solução era cloro combinado, fato comprovado pela presença de N-amoniacal, oriundo da matéria orgânica do efluente sanitário. Por este motivo, o cloro residual disponível não estava na forma livre e exclusiva para a desinfecção, pois não eliminou os coliformes termotolerantes, conforme resultados obtidos no ensaio de demanda com o uso da ÁGUA 1. Contudo, a ausência dos coliformes termotolerantes nos ensaios de demanda com o uso da ÁGUA 2 e ÁGUA 4, comprovou a eficiência do HGIL no atendimento de Normas de reuso mais restritas, como a USEPA (2004) e a Resolução Conjunta SES/SMS/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017). Além disso, a menor formação de SOH com o uso do HGIL pode ser justificada pela menor concentração de CRL disponível no meio.
- d. Outro ponto avaliado no ensaio de demanda foi quanto a utilização do cálculo da SUVA para a determinação da potencialidade de formação de SOH. Os resultados de SOH foram maiores com o uso dos derivados clorados orgânicos, DCIS e ATCI, que com o uso dos derivados clorados inorgânicos, hipoclorito de sódio e HGIL. Isso deixa evidente que apenas a quantificação do COD e da abs_{254nm} para a determinação do parâmetro SUVA não pode ser útil para o avaliador em relação à potencialidade de

formação de SOH quando é utilizada outra matriz de carbono diferente da MON, conforme está especificado na USEPA (1999).

- e. Os ensaios de dosagem única de 50 mg/L de cloro para os quatro desinfetantes realizado em um mesmo tempo de contato de 24 horas serviu para ratificar a elevação da concentração de COT e COD quando foram utilizados os desinfetantes clorados orgânicos DCIS e ATCI, fato antes verificado nos ensaios de demanda de cloro. É evidente que esse excedente de carbono orgânico funcionou como precursor da formação de SOH, pois a quantificação de subprodutos totais foi maior com o emprego de DCIS e ATCI que com o uso de hipoclorito de sódio e HGIL, além de ocasionarem a formação de outros subprodutos ainda desconhecidos, e possivelmente, tão perigosos ao ser humano quanto aos previstos na Portaria PCR nº 5 (2017).
- f. Na avaliação da formação de SOH nos ensaios de PFSOH_{7d} para os quatro desinfetantes clorados em contato com o efluente sanitário, foram encontrados clorofórmio e cloro hidrato em 100% das amostras analisadas. Portanto, o processo de simples adição de cloro para desinfecção do efluente sanitário, a fim de chamá-lo de água de reuso, é inconveniente. Outrossim, os resultados corroboram a necessidade da continuidade dos estudos toxicológicos com o cloro hidrato e a sua futura inserção na nova atualização da Portaria do Ministério da Saúde.
- g. De acordo com as categorias de reuso propostas pela legislação brasileira, não é possível estabelecer uma categoria de reuso seguro de acordo com a Resolução Conjunta SES/SMS/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017). Entretanto, de acordo com NBR 13.969 (ABNT, 1997), em relação aos parâmetros analisados nos ensaios de demanda de cloro com os quatro desinfetantes clorados, água de reuso Classe III (reuso nas descargas de vasos sanitários) pode ser empregada, pois, atende a legislação quanto aos seus parâmetros estabelecidos, a saber: turbidez ($< 10 \text{ uT}$) e coliformes termotolerantes ($< 500 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$).

Quanto às recomendações práticas para o efluente estudado, tem-se que:

- a. De acordo com a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 (SÃO PAULO, 2017), o tipo de tratamento indicado ao efluente sanitário para reuso com restrição severa ou

restrição controlada é o tratamento secundário seguido de desinfecção e filtração. Todavia, vale salientar que a filtração não é capaz de remover os SOH formados na etapa de desinfecção, colocando em risco a saúde de quem fará o manuseio do efluente de reuso, uma vez que os SOH são adsorvidos por contato com a pele ou por inalação de seus vapores. Assim, são propostas duas recomendações em relação à formação de SOH:

- I. Antes da etapa de desinfecção, o efluente sanitário do tratamento secundário deve passar por coagulação química seguida por filtração descendente em filtro de areia. Desta maneira, a matéria orgânica dissolvida presente no efluente tratado, e precursora da formação de SOH, será em grande parte removida, e conseqüentemente, diminuirá a formação desses subprodutos. Todavia, esse procedimento onera muito o processo de produção de água de reuso segura;
 - II. Portanto, a alternativa mais viável para a ETE em estudo é a implementação de uma coluna de adsorção com carvão ativado granular (CAG) após a etapa de desinfecção química, a fim de eliminar grande parte dos SOH. Assim, as pessoas envolvidas no manuseio da água de reuso terão sua saúde e integridade física preservadas e a ETA poderá minimizar custos de operação com comercialização de água de reuso não potável, porém, segura.
- b. Os SOH formados em maior quantidade foram das famílias dos THM, com destaque para o clorofórmio e dos HAD, especificamente o cloro hidrato. Recomenda-se a realização um estudo do mecanismo de reação química para a obtenção de equações matemáticas para a determinação da previsão de formação dos referidos subprodutos com o uso dos desinfetantes estudados, equacionamento tal que não está previsto na literatura para o precursor efluente secundário de ETE.
- c. Quanto à escolha do desinfetante para utilização na etapa de desinfecção do efluente sanitário, de acordo com os resultados nos ensaios de demanda, dosagem única e potencial de formação de 7 dias, a melhor opção é o HGIL, pois além da praticidade de ser gerado no local do tratamento e ser fácil e seguro de manusear, esse desinfetante não contribui para a elevação do teor de carbono orgânico do meio,

apresenta além do cloro ativo, o peróxido de hidrogênio em sua composição, que juntos aumentam o poder oxidante do produto e conseqüente redução da carga microbiana, além de garantir principalmente a menor formação de SOH.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, M. P.; YEW, C.H.; RAMLI, M. S. B. Formation, modeling and validation of trihalomethanes (THM) in Malaysian drinking water: a case study in the districts of Tampin, Negeri Sembilan and Sabak Bernam, Selangor, Malaysia. **Water Research**. v. 37, p. 4637-4644, 2003.

AGÊNCIA Nacional das Águas (ANA). **Cadernos de Recursos Hídricos** v. 2. Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/estudos/cadernoderecursos.a.spx>. Acesso em: 29 ago. 2016.

AMBIENT Serviços Ambientais de Ribeirão Preto. Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto. **Manual informativo do programa Água Limpa Saúde para todos**. Serviços Ambientais De Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2011.

AMERICAN Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington, USA, 2012.

ARNESEN, A. S.; PRADO, E. O.; MUÑOZ, H. P. A.; SILVA, M. A. Desinfecção de esgoto tratado pela técnica de ultravioleta na ETE de reuso Jesus Netto. **Revista Bio Saneas**. Congresso ABES-FENASAN. Ano X, n. 62, p. 60-64, jun-set 2017.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR nº 13.969**: Tanques sépticos – unidade de tratamentos complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BLACK, B. D.; HARRINGTON, G. W.; SINGER, P. C. Reducing cancer risks by improving organic carbon removal. **Journal American Water Works Association**, v. 88, n. 6, p. 40-52, 1996. Disponível em: <https://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/13566.aspx>. Acesso em: 23 set. 2017.

BORGES, J. T.; GUIMARÃES, J. R.; SPARRAPAN, R.; EBERLIN, M. N. A influência da amônia no potencial de formação de trihalometanos. **XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. Out. 2002, Cacún, México.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução nº 150, de 28 de maio de 1999**. Autoriza a inclusão da substância ácido dicloisocianúrico e seus sais de sódio e potássio no Anexo II – item 2, como princípio ativo autorizado para uso em formulações de produtos destinados a desinfecção de água para consumo humano, da Portaria 152, de 26 de fevereiro de 1999, publicado na Seção 1 do Diário Oficial da União em 1 de março de 1999.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e

padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de março de 2005. Seção 1.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrão de lançamento de efluentes complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos/Ministério do Meio Ambiente (CNRH/MMA). **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 de março de 2006.

BRASIL. **Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934**. Decreta o código das águas, Brasília, Brasil, 1934.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, Brasília, Brasil, 1981.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria nº 36 de 19 de janeiro de 1990**. Dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece as normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano, e dá outras providências. Brasília, Brasil.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências, Brasília, Brasil.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria nº 1.469 de 29 de dezembro de 2000**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências, Brasília, Brasil.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, que revoga a Portaria nº 518/GM/MS, de 25 de março de 2004, publicada no Diário Oficial da União, Seção 1, do dia 26 seguinte, p. 266.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017, Anexo XX**. Dispõe sobre o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e o seu padrão de potabilidade, que revoga a Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, publicada no Diário Oficial da União, Seção 1, no dia 03 de outubro de 2017, p. 360.

BUDAVARI, S. **The Merck index**. An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. 12 th edition. Merck and Co. Inc., Whitehouse Station, NJ, 1996.

BUTIÃO, D. F.; PASCHOALATO, C. F. P. R.; LOPES, C. S. G.; SILVA, B. M.; MELLO, T. P. S. Quantificação simultânea de trihalometanos, cloro hidrato, cloropicrina, halocetonas e haloacetoneitrilas em água potável. In: **XXXII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**, Punta Cana, República Dominicana. AIDIS, 2010.

CANTOR, K. P. Epidemiological evidence of carcinogenicity of chlorinated organics in drinking water. **Environmental Health Perspectives**, v. 46, n. 12, p. 187-195, 1982.

CANTOR, K. P.; LYNCH, C. F.; HILDESHEIM, M. E.; DOSEMECI, M.; LUBIN, J.; ALAVANJA, M.; CRAUN, G. Drinking water source and chlorination byproducts in Iowa. Risk of brain cancer. **American Journal of Epidemiology**, 1999.

CBH-PARDO – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. **Relatório Anual de Situação dos Recursos Hídricos e Plano de Bacia/UGRHI-4 Pardo**. Ribeirão Preto 2012. Disponível:
<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7390/relatorio-situacao-2012.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2016.

CHAMBERS, C. W. A procedure for evaluating the efficiency of bactericidal agents. **Journal of Milk and Food Technology**. v. 19, n. 17, p. 183-187, 1956.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

CUNHA, A. C.; PAIXÃO, F. M.; SOUZA, M. C. B. V.; FERREIRA, V. F. Cloreto isocianúrico e cloreto cianúrico: aspectos gerais e aplicações em síntese orgânica. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 520-527, 2006.

DANIEL, L. A. (coord.) et al. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. Cap. 2. Desinfecção com agentes químicos. PROSAB. São Carlos: RiMa. 2001.

DEGRÉMONT. **Water Treatment Handbook**. New York: John Wiley & Sons, 1979.

DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. v. 2. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 3 ed. São Carlos: LDiBe, 2017.

DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCH, S. S. (Ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**. 4. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991, p. 135-157. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3f-kPJ17_TYC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Chlorine+and+chlorine+compounds.+In:+BLOC

H,+S.+S.+(Ed.)+Disinfection,+sterilization+and+preservation.&ots=Knzplx4KI0&sig=yIn1ts609VcyomNc39I1bCvc2yQ#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 26 set. 2017.

EL-DIB, M. A.; ALI, R. K.; THMs formation during chlorination of raw Nile river water. **Water Research**. v. 29. n. 1. p. 375- 378. Disponível em: https://ac.els-cdn.com/0043135494001573/1-s2.0-0043135494001573-main.pdf?_tid=605cde54-9fd2-11e7-8c2a-00000aab0f27&acdnat=1506111336_a5576e8e4394f398e279131edbf5342 Acesso em: 22 set. 2017

ELLENHORN, M. J.; SCHONWALD, S.; ORDOG, G.; WASSERBERGER, J. Ellenhorn's medical toxicology: Diagnosis and treatment of human poisoning. 2. ed. **Williams and Wilkins**, Baltimore, MD, 1997.

FOOLADVAND, M.; RAMAVANDI, B.; ZANDI, K.; ARDESTANI, M. Investigation of trihalomethanes formation potential in Karoon River water, Iran. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 178, p. 178:63–71, 2011. DOI 10.1007/s10661-010-1672-4

GARCIA-VILLANOVA, R. J.; GARCIA, C.; GOMEZ, J. A.; GARCIA, M. M.; ARDANNY, R. Formation, evolution and modeling of trihalomethanes in the drinking water of a town: I. At the municipal treatment utilities, **J. Water Res.** v. 41, p. 251-255, 1997.

GREENBERG, S. B.; FAERBER, E. N.; ASPINALL, C. L. High-dose chloral hydrate sedation for children undergoing. **CT. J. Comput. Assist. Tomogr.** v. 15, p. 467-469, 1991.

HEALTH Canada. **Guidance for Chloral Hydrate in Drinking Water**. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario, 2008.

HESPANHOL, I. et al. **Manual de Conservação e Reuso de água na Indústria**. Rio de Janeiro: Federação das Indústrias do Rio de Janeiro - FIRJAN/SEBRAE, 2006.

HIDROGERON®. **Benefícios do gerador de hipoclorito in loco: Conceito, benefícios e vantagens**. Grupo Hidrogeron® Tecnologias para a Sustentabilidade. Disponível em: http://www.hidrogeron.com/conteudo/ebooks/ebook-beneficios-do-gerador-de-hipoclorito-in-loco.pdf?utm_source=lp-agradecimento&utm_medium=botao&utm_campaign=inbound-hidro. Acesso em: 27 set. 2017.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dados estatísticos da cidade de Ribeirão Preto-SP. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=354340>. Acesso em: 29 ago. 2017

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.

KIM, J.; CHUNG, Y.; SHIN, D.; KIM, M.; LEE, Y.; LIM, Y.; LEE, D. Chlorination by-products in surface water treatment process. **Desalination**. v.151, p.1-9. 2002.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo: Escola Politécnica, USP. Dissertação (Mestrado), 2013.

MACÊDO, J. A. B. **Determinação de trihalometanos em águas de abastecimento público e indústria de alimentos**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, p. 90, 1997.

MACÊDO, J. A. B.; OLIVEIRA, F. S. Desinfecção Secundária: o estado da arte do processo de desinfecção em ETA's, com redução de custos operacionais e garantia da qualidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 3, n. 2, p. 25-36, mar/jun, 2010.

MARMO, C. R.; SANTOS, B. V. A. P.; BREASOLA JÚNIOR, R. Especificação de trihalometanos em ensaios de oxidação com cloro livre. **XXX Congresso interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. AIDIS. Punta Del Leste, 2006.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3. ed. Tchobanoglous, G. (ed), Singapore: McGraw-Hill, 1991. 1334 p.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Água na indústria – uso racional e reuso. **Oficina de Textos**. São Paulo, 2005.

MICHAEL-KORDATTOU, I.; MICHAEL, C.; DUAN, X.; HE, X.; DIONYSIOU, D. D.; MILLS, M. A.; FATTA-KASSINOS, D. Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications. **Water Research**. v. 77, p. 213-248, 2015.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnósticos do Serviço de Água e Esgoto 2014**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 30 ago. 2016.

MONTEIRO, P. C. G. **Viabilidade do uso da radiação solar na desinfecção da água**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2005.

NARKIS, N.; KOTT, Y. Comparison between Chlorine Dioxide and Chlorine for Use as a Disinfectant of Wastewater Effluents. **Water Science and Technology**. v. 26, n. 7-8, p. 1483-1492, 1992.

NAVALON, S.; ALVARO, M.; GARCIA, H. Carbohydrates as trihalomethanes precursors. Influence of pH and the presence of Cl⁻ and Br⁻ on trihalomethane formation potential. **Water Research**. v. 42, p. 3990-4000, 2008.

NUVOLARI, A. (coord.); MARTINELLI, A.; TELLES, D. D.; RIBEIRÃO, J. T.; MIYASHITA, N. J.; RODRIGUES, R. B.; ARAUJO, R. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

PARK, K.-Y.; CHOI, S.-Y.; LEE, S.-H.; KWEON, J.-H.; SONG, J.-H. Comparison of formation of disinfection by-products by chlorination and ozonation of wastewater effluents and their toxicity to *Daphnia magna*. **Environmental Pollution**, v. 215. p. 314-321. 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749116302652>. Acesso em: 22 set. 2017

PASCHOALATO, C. F. P. R. **Efeito da pré-oxidação, coagulação, filtração e pós-cloração na formação de subprodutos orgânicos halogenados em águas contendo substâncias húmicas**. 2005. Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PASCHOALATO, C. F. P. R.; TRIMAILOVAS, M. R.; DI BERNARDO, L. Formação de subprodutos orgânicos halogenados nas operações de pré-oxidação com cloro, ozônio e peroxônio e pós-cloração em água contendo substância húmica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 13, n. 3, p. 222-231, jul/set 2008.

PROJETO AQUIFERO GUARANI, **Memória do Seminário Aquífero Guarani** - Plano de Ação Estratégica para a gestão do Aquífero Guarani, Área piloto de Ribeirão Preto, 2009.

RANKING ABES da Universalização do Saneamento, 2017. Disponível em: <https://abes-dn.org.br/?p=13228>. Acesso em 25 out. 2017.

REVISTA DAE. 3º Workshop de uso e reúso de águas residuárias. São Paulo: Sabesp, Ano LX, agosto 2009.

ROOK, J. J. Formation of haloforms during chlorination of natural waters. **Water Treatment and Examination**, v. 23, p. 234-243, 1974.

ROSÁRIO, G.; PASCHOALATO, C. F. P. R.; LOPES, C. S. G.; AFONSO, M. M. F.; SILVA, B. M.; DIAS, T. R. S. B. Aplicação da técnica por cromatografia a gás para investigação da formação de subprodutos da desinfecção em água potável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 18, n. 3, p. 289-294, jul/set 2013.

ROSSIN, A. C. **Desinfecção**. Técnica de abastecimento e tratamento de água. v. 2, CETESB/ASCETESB, São Paulo, 1987.

SANTOS FILHO, D. F. S. **Tecnologia de tratamento de água**. São Paulo: Nobel, p. 251, 1985.

SANTOS, M. O. R. M. D. **O impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento do usuário**. Tese de Doutorado em Ciências em Engenharia Civil - Coordenação de Pós-Graduação de Pesquisa e Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Ficha completa do Hipoclorito de sódio**. Disponível em:

http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=HIPOCLORITO%20DE%20S%20D3DIO. Acesso em: 20 abr. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Ficha completa do Dicloroisocianurato de sódio**. Disponível em: http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=DICLOROISOCIANURATO%20DE%20S%20D3DIO. Acesso em: 20 abr. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Ficha completa do Ácido Tricloroisocianúrico**. Disponível em: http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=%C1CIDO%20TRICLOROISOCIAN%DARICO. Acesso em: 20 abr. 2018.

SÃO PAULO (Estado). **Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01, de 28 de junho de 2017**. Disciplina o reuso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2017/06/resolucao-conjunta-ses-sma-ssrh-01-2017-agua-de-reuso.pdf>. Acesso em 06 out. 2017.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>. Acesso em 29 ago. 2016.

SHAPIRO, S.; STONE, D.; LEWIS, G. P.; JICK, H. Clinical effects of hypnotics. II. An epidemiological study. **J. Am. Med. Assoc.**, v. 209, p. 2016-2020, 1969.

SINGER, P.C. **Formation and characterization of disinfection by-products**. Safety of water disinfection, balancing chemical and microbial risks. ILSI PRESS, Washington, USA, 1993.

SINGER, P. C. Control of disinfection by-products in drinking water. **Journal of Environmental Engineering**. v. 120, n. 4, p. 727-744, 1994.

SINGER, P. C. Humic substances as precursors for potentially harmful disinfection by-products. **Water Science and Technology**, v. 40, n. 9, p. 25-30, 1999.

STEVENS, A. A.; SLOCUM, C. J.; SEEGER, D. R.; ROBECK, G. G. Chlorination of organics in drinking water. **Journal American Water Works Association**, n. 68, p. 615-620, 1976.

TOMINAGA, M.Y.; MIDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. São Paulo, **Revista Saúde Pública**, v. 33, p. 413-421, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v33n4/0469.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**: atualização da tecnologia. 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TROLI, A. C.; IDE NOBOYOSHI, C.; PALHANO, F. M. M. S.; MATTA, M. H. R. Trihalometanos em água tratada, após cloração com hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, cloro gasoso e dicloroisocianurato de sódio, utilizando cromatógrafo gasoso acoplado a espectrofotômetro de massa, sistema Purge and Trap. **2º Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste**. Campo Grande-MS, 23 a 26 de julho de 2002. *Apud* in MACÊDO, J. A. B. O uso de derivados clorados orgânicos no processo de desinfecção de água para abastecimento público. Congresso Brasileiro de Química da Associação Brasileira de Química, Fortaleza-CE, 2004. Disponível em:

<http://jorgemacedo.pro.br/ARTIGO%20PROCESSO%20DE%20DESINFEC%20CLORO%20ORGANICO%20VICOSA%20DQ2003.pdf>. Acesso em: 19 de abril de 2016.

TRUSSELL, R. R.; UMPHRES, M. D. The formation of trihalometanes. **Journal American Water Works Association**, v. 70, n. 11, p. 604-612, 1978.

UNITED States Environmental Protection Agency (USEPA). **Alternative Desinfectants and Oxidants Guidance Manual**. Washington. EPA 5-1 april, 1999.

UNITED States Environmental Protection Agency (USEPA). Develop new total organic carbon/specific UV absorbance method with expanded quality control. **EPA Science Inventory**, 2000.

UNITED States Environmental Protection Agency (USEPA). **Guidelines for Water Reuse**. Cincinnati. EPA/625/R-92/04, Manual, Technology Transfer, 2004.

UNITED States Environmental Protection Agency (USEPA). **Method 551.1. Determination of chlorination disinfection byproducts chlorinated solvents, and halogenated pesticides/herbicides in drinking water by liquid-liquid extraction and chromatography with electron-capture detection**. CD-ROM. Revision 1. Ohio, USA, 1995.

VOGEL, A. I. **Análise Química Quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed., v. 1. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

WORLD Health Organization (WHO). **Guidelines for drinking-water quality**, v. 1, Recommendations. 3. ed. Geneva, 2004.

WORLD Health Organization (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. ISBN 9241546859, v. 4, France, 2006.


WU, W. W.; BENJAMIN, M. M.; KORSHIN, G. V. Effects of thermal treatment on halogenated disinfection by-products in drinking water. **Water Research**. v. 35, p. 3545-3550, 2001.

XIE, Y. F. Disinfection byproducts in drinking water. Formation, Analysis, and Control. **CRC PRESS**, p. 161, Florida, USA, 2004.

YE, B.; WANG, W.; YANG, L.; WEI, J.; E, X. Factors influencing disinfection by-products formation in drinking water of six cities in China. **Journal of Hazardous Materials**. v. 171, p. 147-152, 2009.

ANEXO A

A1 – Fichas completas de informação dos produtos químicos hipoclorito de sódio, DCIS e ATCI fornecidas pela CETESB.

IDENTIFICAÇÃO		Help
Número ONU	Nome do produto	Rótulo de risco
1791	HIPOCLORITO DE SÓDIO	

Número de risco 80	Classe / Subclasse 8
Sinônimos CLOROX ; LÍQUIDO BRANQUEADOR ; HIPOCLORITO, SOLUÇÃO	
Aparência LÍQUIDO AQUOSO; VERDE PARA AMARELO; ODOR DE CÂNDIDA	
Fórmula molecular Na O Cl - H ₂ O	Família química SAL INORGÂNICO
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: <u>ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química</u> : Fone 0800-118270 <u>ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal</u> : Fone (11) 3081-5033 <u>Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos</u> , Editora QD: Fone (11) 3826-6899 <u>Programa Agrofit - Ministério da Agricultura</u>	

MEDIDAS DE SEGURANÇA	Help
Medidas preventivas imediatas EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.	
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) USAR LUVAS, BOTAS E ROUPAS DE BORRACHA BUTÍLICA OU NATURAL, PVC OU NEOPRENE E MÁSCARA FACIAL PANORAMA, COM FILTRO CONTRA GASES ÁCIDOS.	

RISCOS AO FOGO	Help
Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão NÃO É INFLAMÁVEL. ESFRIAR OS RECIPIENTES EXPOSTOS, COM ÁGUA.	
Comportamento do produto no fogo PODE DECOMPOR, PRODUZINDO GÁS CLORO, IRRITANTE.	
Produtos perigosos da reação de combustão NÃO PERTINENTE.	
Agentes de extinção que não podem ser usados NÃO PERTINENTE.	
Limites de inflamabilidade no ar Limite Superior: NÃO É INFLAMÁVEL Limite Inferior: NÃO É INFLAMÁVEL	
Ponto de fulgor NÃO É INFLAMÁVEL	

Temperatura de ignição NÃO É INFLAMÁVEL
Taxa de queima NÃO É INFLAMÁVEL
Taxa de evaporação (éter=1) DADO NÃO DISPONÍVEL
NFPA (National Fire Protection Association) NFPA: NÃO LISTADO

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

[Help](#)

Peso molecular 74,5	Ponto de ebulição (°C) DECOMPÕE	Ponto de fusão (°C) NÃO PERTINENTE
Temperatura crítica (°C) NÃO PERTINENTE	Pressão crítica (atm) NÃO PERTINENTE	Densidade relativa do vapor NÃO PERTINENTE
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 1,06 A 20 °C (LÍQ.)	Pressão de vapor NÃO PERTINENTE	Calor latente de vaporização (cal/g) NÃO PERTINENTE
Calor de combustão (cal/g) NÃO PERTINENTE	Viscosidade (cP) DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água MISCÍVEL	pH 11,5 A12,5	
Reatividade química com água NÃO REAGE.		
Reatividade química com materiais comuns NÃO REAGE.		
Polimerização NÃO OCORRE.		
Reatividade química com outros materiais DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Degradabilidade PRODUTO INORGÂNICO.		
Potencial de concentração na cadeia alimentar NENHUM.		
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) NENHUMA.		
Neutralização e disposição final ACIDIFICAR, CUIDADOSAMENTE, UMA SOLUÇÃO 3% OU UMA SUSPENSÃO DO MATERIAL, ATÉ pH = 2 , COM ÁCIDO SULFÚRICO. ADICIONAR, GRADUALMENTE, MAIS DE 50% DE BISSULFITO DE SÓDIO AQUOSO, SOB AGITAÇÃO, À TEMPERATURA AMBIENTE. UM AUMENTO NA TEMPERATURA INDICA QUE A REAÇÃO ESTÁ OCORRENDO. SE NENHUMA REAÇÃO FOR OBSERVADA NA ADIÇÃO DE, APROXIMADAMENTE, 10% DE SOLUÇÃO DE BISSULFITO DE SÓDIO, INICIÁ-LA, ADICIONANDO, CUIDADOSAMENTE, MAIS ÁCIDO. SE O MANGANÊS, CROMO OU MOLIBDÊNIO ESTIVEREM PRESENTES, AJUSTAR O pH DA SOLUÇÃO PARA 7 E TRATAR COM SULFETO, ATÉ A PRECIPITAÇÃO, PARA ENTERRAR EM UM ATERRO PARA PRODUTOS QUÍMICOS. DESTRUIR O EXCESSO DE SULFETO, NEUTRALIZAR E DRENAR A SOLUÇÃO PARA O ESGOTO, COM MUITA ÁGUA. RECOMENDA-SE O ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA DO ÓRGÃO AMBIENTAL.		

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

[Help](#)

<p>Toxicidade - limites e padrões L.P.O.: DADO NÃO DISPONÍVEL P.P.: 200 mg/L (PARA SÓDIO) IDLH: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: Brasil - Valor Médio 48h: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: Brasil - Valor Teto: DADO NÃO DISPONÍVEL</p>

LT: EUA - TWA: NÃO ESTABELECIDO LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO		
Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados) M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL		
Toxicidade: Espécie: RATO Via Oral (DL 50): 8,91 g/kg; 12 mg/kg		
Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO		
Toxicidade: Espécie: OUTROS		
Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie		
Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie		
Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie		
Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS		
Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE E. COLI: "dnr" = 20 ml/DISCO E "dnd" = 420 umol/L; SER HUMANO: "cyt" = 100 ppm/24 h (LINFÓCITOS); SALMONELLA TYPHIMURIUM: "mma" = 1 mg/PLACA (OBS. 1)		
Toxicidade a outros organismos: OUTROS		
Informações sobre intoxicação humana		
Tipo de contato	Síndrome tóxica	Tratamento
Tipo de contato LÍQUIDO	Síndrome tóxica IRRITANTE PARA A PELE. IRRITANTE PARA OS OLHOS. PREJUDICIAL, SE INGERIDO.	Tratamento REMOVER ROUPAS E SAPATOS CONTAMINADOS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER A VÍTIMA AQUECIDA.

DADOS GERAIS


[Help](#)

Temperatura e armazenamento AMBIENTE.
Ventilação para transporte PRESSÃO A VÁCUO.
Estabilidade durante o transporte ESTÁVEL.
Usos BRANQUEAMENTO DE CELULOSE; PURIFICAÇÃO DA ÁGUA; FUNGICIDA; LAVANDERIAS; ALVEJANTE DOMESTICO; OBTENÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS ORGÂNICOS.
Grau de pureza DIVERSOS GRAUS DE PUREZA E CONCENTRAÇÃO.
Radioatividade NÃO TEM.
Método de coleta PARA Na: MÉTODO 13.
Código NAS (National Academy of Sciences) NÃO LISTADO

OBSERVAÇÕES

[Help](#)

1) HAMSTER: "cyt" = 500 mg/L/27 h (PULMÃO) POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI) = DADO NÃO DISPONÍVEL

IDENTIFICAÇÃO		Help
Número ONU	Nome do produto	Rótulo de risco
2465	DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO	

Número de risco 50	Classe / Subclasse 5.1
Sinônimos SÓDIO DICLORO - s - TRIAZINATRIONA ; ISOCIANURATO DE DICLORO E SÓDIO.	
Aparência SÓLIDO; BRANCO; ODOR DE CÂNDIDA; MISTURA COM ÁGUA	
Fórmula molecular C3 O3 N3 NaCl2	Família química NÃO PERTINENTE
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: <u>ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química</u> : Fone 0800-118270 <u>ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal</u> : Fone (11) 3081-5033 <u>Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD</u> : Fone (11) 3826-6899 <u>Programa Agrofit - Ministério da Agricultura</u>	

MEDIDAS DE SEGURANÇA	Help
Medidas preventivas imediatas MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.	
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) USAR LUVAS, BOTAS E ROUPAS DE BORRACHA NITRÍLICA OU NEOPRENE E MÁSCARA DE RESPIRAÇÃO AUTÔNOMA.	

RISCOS AO FOGO	Help
Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão NÃO É INFLAMÁVEL. PODE CAUSAR FOGO EM CONTATO COM COMBUSTÍVEIS. ALAGAR A ÁREA DE VAZAMENTO, COM ÁGUA.	
Comportamento do produto no fogo A DECOMPOSIÇÃO PODE SER INICIADA COM UMA FONTE DE CALOR E PODE PROPAGAR ATRAVÉS DA MASSA COM LIBERAÇÃO DE NÉVOA DENSA. OS RECIPIENTES PODEM EXPLODIR, QUANDO AQUECIDOS.	
Produtos perigosos da reação de combustão PODE FORMAR CLORO E OUTROS GASES TÓXICOS, NO FOGO.	
Agentes de extinção que não podem ser usados NÃO PERTINENTE.	
Limites de inflamabilidade no ar Limite Superior: NÃO É INFLAMÁVEL Limite Inferior: NÃO É INFLAMÁVEL	
Ponto de fulgor (OBS. 1)	
Temperatura de ignição NÃO PERTINENTE	
Taxa de queima NÃO PERTINENTE	

Taxa de evaporação (éter=1) DADO NÃO DISPONÍVEL
NFPA (National Fire Protection Association) Perigo de Saúde (Azul): 3 Inflamabilidade (Vermelho): 0 Reatividade (Amarelo): 2

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS
[Help](#)

Peso molecular 220,0	Ponto de ebulição (°C) DECOMPÕE	Ponto de fusão (°C) NÃO PERTINENTE
Temperatura crítica (°C) NÃO PERTINENTE	Pressão crítica (atm) NÃO PERTINENTE	Densidade relativa do vapor NÃO PERTINENTE
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 0,96 A 20 °C (SÓLIDO)	Pressão de vapor NÃO PERTINENTE	Calor latente de vaporização (cal/g) NÃO PERTINENTE
Calor de combustão (cal/g) NÃO PERTINENTE	Viscosidade (cP) DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água 33 g/ 100mL DE ÁGUA A 25 °C	pH 6,7(10g/L)	
Reatividade química com água FORMA UMA SOLUÇÃO BRANQUEADORA; A REAÇÃO NÃO É VIOLENTA.		
Reatividade química com materiais comuns O CONTATO COM A MAIORIA DE MATERIAIS ESTRANHOS, MATÉRIA ORGÂNICA OU MATERIAIS FACILMENTE CLORADOS OU OXIDADOS PODEM RESULTAR EM FOGO. EVITAR CONTATO COM ÓLEO, GRAXA, SERRAGEM, LIXO, E MATERIAL ORGÂNICO FACILMENTE OXIDADOS.		
Polimerização NÃO OCORRE.		
Reatividade química com outros materiais DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Degradabilidade PRODUTO INORGÂNICO.		
Potencial de concentração na cadeia alimentar NENHUM.		
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) NENHUMA.		
Neutralização e disposição final DADO NÃO DISPONÍVEL.		

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS
[Help](#)

Toxicidade - limites e padrões L.P.O.: DADO NÃO DISPONÍVEL P.P.: NÃO ESTABELECIDO IDLH: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: Brasil - Valor Médio 48h: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: Brasil - Valor Teto: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: EUA - TWA: NÃO ESTABELECIDO LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO
Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados) M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL
Toxicidade: Espécie: RATO Via Oral (DL 50): 1.400 mg/Kg; 1.670 mg/Kg
Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO


Toxicidade: Espécie: OUTROS Via Cutânea (DL 50): (OBS. 2)		
Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie		
Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie		
Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie		
Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS		
Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE		
Toxicidade a outros organismos: OUTROS		
Informações sobre intoxicação humana		
Tipo de contato PÓ	Síndrome tóxica IRRITANTE PARA O NARIZ E A GARGANTA. IRRITANTE PARA OS OLHOS. SE INALADO CAUSARÁ TOSSE OU DIFICULDADE RESPIRATÓRIA.	Tratamento MOVER PARA O AR FRESCO. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. SE A RESPIRAÇÃO FOR DIFICULTADA OU PARAR, DAR OXIGÊNIO OU FAZER RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL.
Tipo de contato SÓLIDO	Síndrome tóxica IRRITANTE PARA A PELE. IRRITANTE PARA OS OLHOS. PREJUDICIAL SE INGERIDO.	Tratamento REMOVER ROUPAS E SAPATOS CONTAMINADOS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER A VÍTIMA AQUECIDA.

DADOS GERAIS[Help](#)

Temperatura e armazenamento AMBIENTE FRIA.
Ventilação para transporte PRESSÃO A VÁCUO.
Estabilidade durante o transporte ESTÁVEL SE SECO.
Usos DADO NÃO DISPONÍVEL.
Grau de pureza 39 - 60% (TÉCNICO).
Radioatividade NÃO TEM.
Método de coleta DADO NÃO DISPONÍVEL.
Código NAS (National Academy of Sciences) NÃO LISTADO

OBSERVAÇÕES[Help](#)

1) NÃO É INFLAMÁVEL, MAS O CONTATO COM COMBUSTÍVEIS COMUNS PODE CAUSAR FOGO. 2) OUTROS: COELHO: IRRITAÇÃO SUAVE A PELE = 500 mg/34 h; IRRITAÇÃO SEVERA AOS OLHOS = 10 mg/34h. POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI) = DADO NÃO DISPONÍVEL.

IDENTIFICAÇÃO		Help
Número ONU	Nome do produto	Rótulo de risco
2468	ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO	

Número de risco 50	Classe / Subclasse 5.1
Sinônimos ÁCIDO TRICLOROIMINOISOCIANÚRICO ; TRICLORO -S- TRIAZINA - 2,4,6 - (1H,3H,5H)-TRIONA ; TRICLOROTRIAZINATRIONA.	
Aparência SÓLIDO ; BRANCO ; ODOR DE ÁGUA SANITÁRIA ; AFUNDA E MISTURA, LENTAMENTE, COM ÁGUA.	
Fórmula molecular Cl ₃ (N C O) ₃	Família química NÃO PERTINENTE
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química: Fone 0800-118270 ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: Fone (11) 3081-5033 Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD: Fone (11) 3826-6899 Programa Agrofit - Ministério da Agricultura	

MEDIDAS DE SEGURANÇA	Help
Medidas preventivas imediatas MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.	
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) USAR LUVAS, BOTAS E ROUPAS DE BORRACHA BUTÍLICA OU VITON E MÁSCARA FACIAL PANORAMA COM FILTRO COMBINADO CONTRA GASES ÁCIDOS E AERODISPERSÓIDES.	

RISCOS AO FOGO	Help
Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão NÃO É INFLAMÁVEL. PODE CAUSAR FOGO EM CONTATO COM COMBUSTÍVEIS. ALAGAR A ÁREA DE VAZAMENTO COM ÁGUA. ESFRIAR OS RECIPIENTES EXPOSTOS COM ÁGUA.	
Comportamento do produto no fogo OS RECIPIENTES PODEM EXPLODIR QUANDO AQUECIDOS.	
Produtos perigosos da reação de combustão PODE FORMAR TRICLORETO DE NITROGÊNIO E CLORO TÓXICOS.	
Agentes de extinção que não podem ser usados NÃO PERTINENTE.	
Limites de inflamabilidade no ar Limite Superior: NÃO PERTINENTE Limite Inferior: NÃO PERTINENTE	
Ponto de fulgor NÃO É INFLAMÁVEL (OBS.1)	
Temperatura de ignição NÃO PERTINENTE	
Taxa de queima NÃO PERTINENTE	

Taxa de evaporação (éter=1) DADO NÃO DISPONÍVEL
NFPA (National Fire Protection Association) Perigo de Saúde (Azul): 2 Inflamabilidade (Vermelho): 0 Reatividade (Amarelo): 2 Observação: (OXI) NFPA: (OBS.2)

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

[Help](#)

Peso molecular 232,5	Ponto de ebulição (°C) DECOMPÕE	Ponto de fusão (°C) 249 - 251
Temperatura crítica (°C) NÃO PERTINENTE	Pressão crítica (atm) NÃO PERTINENTE	Densidade relativa do vapor NÃO PERTINENTE
Densidade relativa do líquido (ou sólido) > 1 A 20 °C (SÓLIDO)	Pressão de vapor NÃO PERTINENTE	Calor latente de vaporização (cal/g) NÃO PERTINENTE
Calor de combustão (cal/g) NÃO PERTINENTE	Viscosidade (cP) DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água 1,2 g/100 mL DE ÁGUA A 20 °C	pH < 7	
Reatividade química com água REAGE PARA FORMAR UMA SOLUÇÃO ALVEJANTE. A REAÇÃO NÃO É PERIGOSA.		
Reatividade química com materiais comuns O CONTATO COM A MAIORIA DOS MATERIAIS ESTRANHOS, MATÉRIA ORGÂNICA, MATERIAIS FACILMENTE CLORADOS OU OXIDADOS, PODEM RESULTAR EM FOGO. EVITAR ÓLEO, GRAXA, SERRAGEM, LIXO E OUTROS COMPOSTOS FACILMENTE OXIDÁVEIS.		
Polimerização NÃO OCORRE.		
Reatividade química com outros materiais DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Degradabilidade PRODUTO INORGÂNICO.		
Potencial de concentração na cadeia alimentar NENHUM.		
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Neutralização e disposição final USAR GRANDE VOLUME DE SOLUÇÃO CONCENTRADA DE AGENTE REDUTOR (BISSULFITOS OU SAIS DE FERRO II COM H ₂ SO ₄ (3 M) OU HIPO). NEUTRALIZAR COM CARBONATO DE SÓDIO OU ÁCIDO CLORÍDRICO DILUÍDO. DRENAR PARA O ESGOTO COM MUITA ÁGUA. OU: DISSOLVER OU MISTURAR O MATERIAL COM UM SOLVENTE COMBUSTÍVEL E QUEIMAR EM UM INCINERADOR QUÍMICO, EQUIPADO COM PÓS-QUEIMADOR E LAVADOR DE GASES. RECOMENDA-SE O ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA DO ÓRGÃO AMBIENTAL.		

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

[Help](#)

Toxicidade - limites e padrões L.P.O.: DADO NÃO DISPONÍVEL P.P.: NÃO ESTABELECIDO IDLH: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: Brasil - Valor Médio 48h: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: Brasil - Valor Teto: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: EUA - TWA: NÃO ESTABELECIDO LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO
--

Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados) M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL		
Toxicidade: Espécie: RATO Via Oral (DL 50): 406 mg/kg;750 mg/kg		
Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO		
Toxicidade: Espécie: OUTROS Via Cutânea (DL 50): COELHO: 20.000 mg/kg;(OBS.3)		
Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie		
Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie		
Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie		
Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS		
Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE		
Toxicidade a outros organismos: OUTROS		
Informações sobre intoxicação humana		
Tipo de contato PÓ	Síndrome tóxica IRRITANTE PARA O NARIZ E A GARGANTA. IRRITANTE PARA OS OLHOS. SE INALADO, CAUSARÁ TOSSE OU DIFICULDADE RESPIRATÓRIA.	Tratamento MOVER PARA O AR FRESCO. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. SE A RESPIRAÇÃO FOR DIFICULTADA OU PARAR, DAR OXIGÊNIO.
Tipo de contato SÓLIDO	Síndrome tóxica IRRITANTE PARA A PELE. IRRITANTE PARA OS OLHOS. PREJUDICIAL, SE INGERIDO.	Tratamento REMOVER ROUPAS E SAPATOS CONTAMINADOS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER A VÍTIMA AQUECIDA.

DADOS GERAIS

[Help](#)

Temperatura e armazenamento AMBIENTE. EVITAR TEMP. ELEVADAS.
Ventilação para transporte PRESSÃO A VÁCUO.
Estabilidade durante o transporte ESTÁVEL.
Usos AGENTE DE CLORAÇÃO, DESINFETANTE, DESODORANTE PARA USO INDUSTRIAL.
Grau de pureza 39 - 90 % .
Radioatividade NÃO TEM.
Método de coleta DADO NÃO DISPONÍVEL.
Código NAS (National Academy of Sciences) NÃO LISTADO

OBSERVAÇÕES

[Help](#)

1) NÃO É INFLAMÁVEL, MAS PODE CAUSAR FOGO EM CONTATO COM COMBUSTÍVEIS COMUNS. 2) OX 3) IRRITAÇÃO MODERADA À PELE DO COELHO = 500 mg/24 h IRRITAÇÃO AOS OLHOS DO COELHO = 3.125 mg IRRITAÇÃO SEVERA AOS OLHOS DO COELHO = 50 ug/24 h. POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI): DADO NÃO DISPONÍVEL.

APÉNDICE A

A1 – Caracterizações físico-químicas e microbiológicas do efluente sanitário tratado coletado na saída do sedimentador secundário da ETE

Parâmetros	Unidades	Data: 22/09/2016			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,1309	0,1074	0,1054	0,1146	0,0142
Amônia	mg/L NH ₃	6,70	3,40	5,00	5,03	1,65
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	-	-	-	-	-
Carbono Orgânico Total	mg/L C	5,593	6,144	5,774	5,837	0,281
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	300	Aus.	Aus.	300	0
Coliforme Total	UFC/100mL	-	-	-	-	-
DBO	mg/L O ₂	15	-	-	15	-
DQO	mg/L O ₂	22	28	29	26	4
pH	adimens.	7,64	7,67	7,63	7,65	0,02
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	222	211	222	218	7
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	6	6	7	6	1
Sólidos Totais	mg/L	228	217	229	225	7
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	-	-	-	-	-
Turbidez	UT	3,67	2,74	2,73	3,05	0,54

Parâmetros	Unidades	Data: 20/10/2016			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,1310	0,1075	0,1050	0,1145	0,0143
Amônia	mg/L NH ₃	0,85	1,06	0,78	0,90	0,15
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	-	-	-	-	-
Carbono Orgânico Total	mg/L C	7,505	8,064	8,346	7,972	0,428
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	900	900	900	900	0
Coliforme Total	UFC/100mL	-	-	-	-	-
DBO	mg/L O ₂	57	57	57	57	0
DQO	mg/L O ₂	52	65	71	63	10
pH	adimens.	7,57	7,52	7,50	7,53	0,04
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	269	269	267	268	2
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	10	11	17	13	4
Sólidos Totais	mg/L	279	280	284	281	3
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	-	-	-	-	-
Turbidez	UT	5,65	5,18	5,35	5,39	0,24

Parâmetros	Unidades	Data: 07/03/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,1127	0,1112	0,1242	0,1160	0,0071
Amônia	mg/L NH ₃	0,06	0,03	< 0,01	0,05	0,02
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	-	-	-	-	-
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,686	4,400	4,312	4,466	0,196
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	200	940	80	407	466
Coliforme Total	UFC/100mL	-	-	-	-	-
DBO	mg/L O ₂	4	4	4	4	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,20	7,16	7,16	7,17	0,02
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	200	203	210	204	5
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	1	4	2	2	1
Sólidos Totais	mg/L	201	207	212	207	6
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	-	-	-	-	-
Turbidez	UT	4,27	4,15	4,61	4,34	0,24

Parâmetros	Unidades	Data: 04/04/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,1130	0,1113	0,1140	0,1128	0,0014
Amônia	mg/L NH ₃	0,19	0,02	0,23	0,15	0,11
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	-	-	-	-	-
Carbono Orgânico Total	mg/L C	3,947	3,738	3,712	3,799	0,129
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	10	16	9	12	4
Coliforme Total	UFC/100mL	110	100	100	103	6
DBO	mg/L O ₂	4	4	4	4	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,49	7,50	7,48	7,49	0,01
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	249	261	273	261	12
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	18	3	2	8	9
Sólidos Totais	mg/L	267	264	275	269	6
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	-	-	-	-	-
Turbidez	UT	3,12	2,94	3,48	3,18	0,27

Parâmetros	Unidades	Data: 19/04/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,1360	0,1264	0,1234	0,1286	0,0066
Amônia	mg/L NH ₃	0,88	6,08	6,02	4,33	2,99
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	5,686	6,056	6,089	5,944	0,224
Carbono Orgânico Total	mg/L C	6,497	6,396	6,694	6,529	0,152
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	800	600	500	633	153
Coliforme Total	UFC/100mL	5100	3000	2800	3633	1274
DBO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
DQO	mg/L O ₂	22	23	22	22	1
pH	adimens.	7,56	7,56	7,55	7,56	0,01
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	343	354	373	357	15
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	15	13	14	14	1
Sólidos Totais	mg/L	358	367	387	371	15
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	1,892	2,087	2,027	2,002	0,100
Turbidez	UT	5,64	5,42	5,46	5,51	0,12

Parâmetros	Unidades	Data: 08/05/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0980	0,0993	0,1029	0,1001	0,0025
Amônia	mg/L NH ₃	3,48	4,80	3,48	3,92	0,76
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	4,656	4,904	5,215	4,925	0,280
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,677	4,913	4,454	4,681	0,230
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	1800	1500	2000	1767	252
Coliforme Total	UFC/100mL	4100	3800	4000	3967	153
DBO	mg/L O ₂	5	5	5	5	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,55	7,71	7,50	7,59	0,11
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	247	243	249	246	3
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	1	2	3	2	1
Sólidos Totais	mg/L	248	245	252	248	4
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	2,105	2,025	1,973	2,034	0,066
Turbidez	UT	4,21	3,81	3,82	3,95	0,23

Parâmetros	Unidades	Data: 22/05/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0034	0,0044	0,0040	0,0039	0,0005
Amônia	mg/L NH ₃	1,09	1,07	1,04	1,07	0,03
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	3,926	3,970	3,672	3,856	0,161
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,048	4,022	3,972	4,014	0,039
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	1200	900	900	1000	173
Coliforme Total	UFC/100mL	3100	3000	2700	2933	208
DBO	mg/L O ₂	-	-	-	-	-
DQO	mg/L O ₂	<10	33	28	30	4
pH	adimens.	7,28	7,30	7,12	7,23	0,10
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	195	173	178	182	11
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	18	18	16	17	1
Sólidos Totais	mg/L	213	191	194	199	12
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	3,057	2,519	2,996	2,857	0,294
Turbidez	UT	14,60	14,80	14,70	14,70	0,10

Parâmetros	Unidades	Data: 18/07/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0846	0,0814	0,0831	0,0830	0,0016
Amônia	mg/L NH ₃	2,95	2,32	2,45	2,57	0,33
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	5,026	4,786	4,744	4,852	0,152
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,824	4,274	4,929	4,676	0,352
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	100	Aus.	Aus.	100	0
Coliforme Total	UFC/100mL	500	1600	5600	2567	2684
DBO	mg/L O ₂	7	7	7	7	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,45	7,53	7,52	7,50	0,04
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	184	184	197	188	8
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	7	24	4	12	11
Sólidos Totais	mg/L	191	208	201	200	9
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	1,683	1,701	1,752	1,712	0,036
Turbidez	UT	3,23	3,20	3,97	3,47	0,44

Parâmetros	Unidades	Data: 21/08/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,1046	0,1146	0,1038	0,1077	0,0060
Amônia	mg/L NH ₃	21,50	16,50	24,75	20,92	4,16
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	6,400	6,177	6,530	6,369	0,179
Carbono Orgânico Total	mg/L C	6,161	7,266	6,661	6,696	0,553
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	1200	1200	1700	1367	289
Coliforme Total	UFC/100mL	3700	3100	4000	3600	458
DBO	mg/L O ₂	8	8	8	8	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,38	7,47	7,42	7,42	0,05
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	235	244	248	242	7
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	8	6	10	8	2
Sólidos Totais	mg/L	243	250	258	250	8
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	1,634	1,855	1,590	1,693	0,142
Turbidez	UT	7,01	7,37	6,97	7,12	0,22

Parâmetros	Unidades	Data: 22/11/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0968	0,0947	0,0994	0,0970	0,0024
Amônia	mg/L NH ₃	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	4,408	4,681	4,488	4,526	0,140
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,698	4,715	4,812	4,742	0,062
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	4	Aus.	Aus.	4	-
Coliforme Total	UFC/100mL	8	Aus.	Aus.	8	-
DBO	mg/L O ₂	5	5	5	5	0
DQO	mg/L O ₂	<10	<10	<10	<10	0
pH	adimens.	7,59	7,39	7,55	7,51	0,11
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	207	183	185	192	13
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	3	4	4	4	0
Sólidos Totais	mg/L	210	187	189	195	13
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	2,196	2,023	2,215	2,145	0,106
Turbidez	UT	4,84	3,72	4,08	4,21	0,57

Parâmetros	Unidades	Data: 28/11/2017			Média	DP
		A	B	C		
Absorbância 254 nm	adimens.	0,0980	0,0910	0,0950	0,0947	0,0035
Amônia	mg/L NH ₃	0,68	0,50	0,48	0,55	0,11
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L C	4,146	4,429	4,375	4,317	0,150
Carbono Orgânico Total	mg/L C	4,862	4,442	4,446	4,583	0,241
Coliforme Termotolerante	UFC/100mL	1000	1100	900	1000	100
Coliforme Total	UFC/100mL	1200	1200	1400	1267	115
DBO	mg/L O ₂	3	3	3	3	0
DQO	mg/L O ₂	27	<10	21	24	4
pH	adimens.	7,71	7,54	7,75	7,67	0,11
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	254	254	258	255	2
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	2	0	3	2	1
Sólidos Totais	mg/L	256	254	261	257	4
SUVA	L.mg ⁻¹ .m ⁻¹	2,364	2,055	2,171	2,197	0,156
Turbidez	UT	4,64	4,63	4,38	4,55	0,15

A2a – Resultados da determinação do teor de cloro ativo por iodometria nas soluções de hipoclorito de sódio comercial

Data: 26/09/2016	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	2%	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	12,01	11,89	11,97	11,96	0,06
Volume amostra (mL)	20	20	20	20	0,00
Normalidade do tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,16	2,14	2,16	2,15	0,01

Data: 07/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	2%	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	32,60	32,90	32,80	32,77	0,15
Volume amostra (mL)	50	50	50	50	0,00
Normalidade do tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,35	2,37	2,36	2,36	0,01

Data: 19/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	2%	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	16,61	16,90	16,29	16,60	0,31
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,39	2,44	2,35	2,39	0,04

Data: 26/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	2%	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	17,39	16,75	17,14	17,09	0,32
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,51	2,41	2,47	2,46	0,05

Data: 10/05/2016	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	-	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	16,73	17,82	-	17,28	0,77
Volume amostra (mL)	25	25	-	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,41	2,57	-	2,49	0,11

Data: 15/05/2016	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	2%	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	24,96	20,50	19,50	21,65	2,91
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	3,60	2,95	2,81	3,12	0,42

Data: 23/05/2017	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	-	-	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	17,91	-	-	17,91	-
Volume amostra (mL)	25	-	-	25	-
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,58	-	-	2,58	-

Data: 17/07/2017	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	2%	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	14,66	14,80	14,92	14,79	0,13
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,11	2,13	2,15	2,13	0,02

Data: 22/08/2017	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	2%	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	14,15	13,98	14,10	14,08	0,09
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,04	2,01	2,03	2,03	0,01

Data: 23/11/2017	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	2%	2%	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	15,91	15,12	14,89	15,31	0,54
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,29	2,18	2,15	2,21	0,08

Data: 01/12/2017	A	B	C	Média	DP
Teor cloro ativo (%) fabricante	2%	-	-	-	-
Volume gasto na titulação (mL)	15,10	-	-	15,10	-
Volume amostra (mL)	25	-	-	25	-
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,18	-	-	2,18	-

A2b – Resultados da determinação do teor de cloro ativo por iodometria nas soluções de HGIL

Data: 24/10/2016	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	9,30	9,30	9,36	9,32	0,03
Volume amostra (mL)	50	50	50	50	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	0,67	0,67	0,67	0,67	0,00

Data: 17/03/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	36,05	36,58	36,65	36,43	0,33
Volume amostra (mL)	50	50	50	50	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,0025		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00

Data: 07/04/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	22,99	22,09	22,23	22,44	0,48
Volume amostra (mL)	20	20	20	20	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	4,14	3,98	4,00	4,04	0,09

Data: 19/04/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	30,45	30,07	-	30,3	0,27
Volume amostra (mL)	25	25	-	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	4,39	4,33	-	4,36	0,04

Data: 26/04/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	29,29	29,91	29,82	29,67	0,34
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiossulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	4,22	4,31	4,30	4,28	0,05
Data: 11/05/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	30,83	31,29	30,31	30,8	0,49
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiossulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	4,44	4,51	4,37	4,44	0,07
Data: 25/05/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	31,78	-	-	-	-
Volume amostra (mL)	25	-	-	-	-
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiossulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	4,58	-	-	-	-
Data: 20/07/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	31,19	31,04	-	31,12	0,11
Volume amostra (mL)	25	25	-	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiossulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	4,49	4,47	-	4,48	0,02
Data: 23/08/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	31,26	31,22	31,19	31,22	0,04
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiossulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	4,50	4,50	4,49	4,50	0,01

Data: 23/11/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	33,60	33,60	32,80	33,33	0,46
Volume amostra (mL)	25	25	25	25	0,00
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	4,84	4,84	4,73	4,80	0,07

Data: 06/12/2017	A	B	C	Média	DP
Volume gasto na titulação (mL)	15,00	-	-	15,00	-
Volume amostra (mL)	25	-	-	25	-
Normalidade do tiossulfato de sódio		0,1		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Teor cloro ativo (g/100mL ou %p/v)	2,16	-	-	2,16	-

A2c – Resultados da determinação do teor de cloro ativo por iodometria nas soluções de dicloroisocianurato de sódio

Data: 14/02/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		0,5008		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	11,06	11,28	11,01	11,12	0,14
Volume amostra (mL)	50	50	50	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 50 mL (g)		0,02504		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00028		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,00985		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		35,89		-	-

Data: 24/02/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		0,5014		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	12,77	12,68	12,95	12,80	0,14
Volume amostra (mL)	50	50	50	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 50 mL (g)		0,02507		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00032		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,01134		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		41,27		-	-

Data: 07/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		2,0006		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	5,20	5,10	4,90	5,07	0,15
Volume amostra (mL)	5	5	5	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 5 mL (g)		0,01000		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00013		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,00449		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		40,95		-	-

Data: 19/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		0,5016		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	7,06	7,28	7,19	7,18	0,11
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,01254		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00018		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,00636		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		46,26		-	-

Data: 26/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		2,0538		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	27,46	26,64	27,36	27,15	0,45
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,05135		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00068		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,02406		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		42,75		-	-

Data: 10/05/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		2,0219		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	30,54	28,24	27,91	28,90	1,43
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,05055		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00072		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,02561		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		46,21		-	-

Data: 24/05/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		2,0241		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	26,25	-	-	26,25	-
Volume amostra (mL)	25	-	-	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,05060		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00066		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,02326		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		41,93		-	-

Data: 17/07/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		5,0387		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	16,33	16,03	16,02	16,13	0,18
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,12597		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00161		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,05717		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		46,12		-	-

Data: 23/08/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		5,0325		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	15,87	15,93	15,88	15,89	0,03
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,12581		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00159		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,05634		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		45,51		-	-

Data: 23/11/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		5,0302		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	15,78	15,37	15,67	15,61	0,21
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,12576		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00156		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,05533		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		44,71		-	-

Data: 04/12/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	45%	45%	45%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		5,0091		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	16,60	-	-	16,60	-
Volume amostra (mL)	25	-	-	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,12523		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00166		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,05885		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		47,76		-	-

A2d – Resultados da determinação do teor de cloro ativo por iodometria nas soluções de ácido tricloroisocianúrico

Data: 14/02/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		0,5009		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	25,19	24,55	24,53	24,76	0,38
Volume amostra (mL)	50	50	50	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 50 mL (g)		0,02505		-	-
nº equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}} \text{ (L)}$		0,00062		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot \text{PM}_{\text{cloro}}$		0,02194		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		87,60		-	-

Data: 07/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		1,0132		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	3,65	3,70	3,55	3,63	0,08
Volume amostra (mL)	5	5	5	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 5 mL (g)		0,00507		-	-
nº equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}} \text{ (L)}$		0,00009		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot \text{PM}_{\text{cloro}}$		0,00322		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		63,56		-	-

Data: 19/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		0,5053		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	9,57	9,16	9,42	9,38	0,21
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,01263		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00023		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,00832		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		65,83		-	-

Data: 26/04/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		1,0238		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	17,47	17,92	17,62	17,67	0,23
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,02560		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00044		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,01566		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		61,18		-	-

Data: 09/05/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		1,0225		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	17,52	18,28	17,80	17,87	0,38
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,025		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		0,91213		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,02556		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00045		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,01583		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		56,50		-	-

Data: 12/05/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		1,0086		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	6,76	6,91	6,42	6,70	0,25
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,02522		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00067		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,02374		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		95,68		-	-

Data: 26/05/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		1,0571		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	5,38	-	-	5,38	-
Volume amostra (mL)	25	-	-	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio	0,1	-	-	-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)	35,5	-	-	-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 25 mL (g)		0,02643		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00054		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,01907		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		73,34		-	-

Data: 18/07/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		0,5239		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	6,19	6,26	6,23	6,23	0,04
Volume amostra (mL)	50	50	50	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 50 mL (g)		0,02619		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}$ (L)		0,00062		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,02207		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		85,65		-	-

Data: 24/08/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo % p/p fabricante	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída a 1L		0,5157		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	6,86	6,88	6,85	6,86	0,02
Volume amostra (mL)	50	50	50	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 50 mL (g)		0,02579		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}(L)$		0,00069		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot E_{\text{q cloro}}$		0,02433		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		95,90		-	-

Data: 23/11/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		0,53225		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	3,72	3,00	2,86	3,19	0,46
Volume amostra (mL)	25	25	25	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 5 mL (g)		0,01331		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}(L)$		0,00032		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,01132		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		86,46		-	-

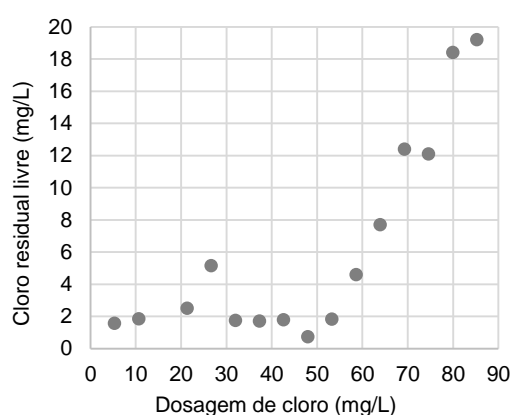
Data: 05/12/2017	A	B	C	Média	DP
Teor de cloro ativo (% p/p fabricante)	90%	90%	90%	-	-
Massa (g) diluída em 1L		0,2668		-	-
Volume gasto (mL) na titulação	1,84	-	-	1,84	-
Volume amostra (mL)	25	-	-	-	-
Normalidade de tiosulfato de sódio		0,1		-	-
Peso molecular do cloro (g/gmol)		35,45		-	-
Fator de correção do tiosulfato (f)		1,01631		-	-
Cálculo massa de cloro em 5 mL (g)		0,00667		-	-
n° equivalente = $N \cdot V_{\text{gasto}}(L)$		0,00018		-	-
Massa de cloro = $n_{\text{eq}} \cdot PM_{\text{cloro}}$		0,00652		-	-
Cálculo teor de cloro ativo %p/p		99,39		-	-

APÉNDICE B

B1a – Resultados da dosagem de cloro e concentração de cloro residual livre em ensaios de demanda após 30 minutos e 7 dias nas soluções dos quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 1, com destaque para o(s) frasco(s) selecionado(s)

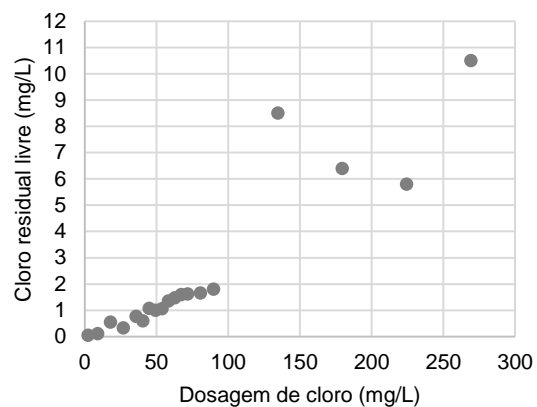
Hipoclorito de sódio – Data de realização: 25/07/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	5,33	0,25	1,57	-
2	10,66	0,50	1,84	-
3	21,31	1,00	2,51	-
4	26,64	1,25	5,15	-
5	31,97	1,50	1,74	-
6	37,30	1,75	1,70	-
7	42,63	2,00	1,79	-
8	47,96	2,25	0,73	-
9	53,29	2,50	1,82	-
10	58,61	2,75	4,60	-
11	63,94	3,00	7,70	-
12	69,27	3,25	12,40	3,90
13	74,60	3,50	12,10	4,50
14	79,93	3,75	18,40	11,40
15	85,26	4,00	19,20	8,50
16	106,57	5,00	43,50	29,50
17	138,54	6,50	48,00	49,25



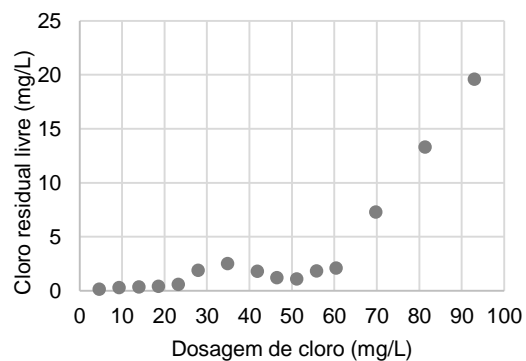
HGIL – Data de realização: 20/07/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	2,24	0,50	0,04	-
2	8,97	2,00	0,11	-
3	17,94	4,00	0,54	-
4	26,91	6,00	0,32	-
5	35,88	8,00	0,77	-
6	40,36	9,00	0,60	-
7	44,85	10,00	1,07	-
8	49,33	11,00	1,00	-
9	53,82	12,00	1,06	-
10	58,30	13,00	1,35	-
11	62,79	14,00	1,47	-
12	67,27	15,00	1,59	-
13	71,76	16,00	1,62	-
14	80,73	18,00	1,66	-
15	89,70	20,00	1,80	-
16	134,54	30,00	8,50	-
17	179,39	40,00	6,40	-
18	224,24	50,00	5,80	-
19	269,09	60,00	10,50	6,30

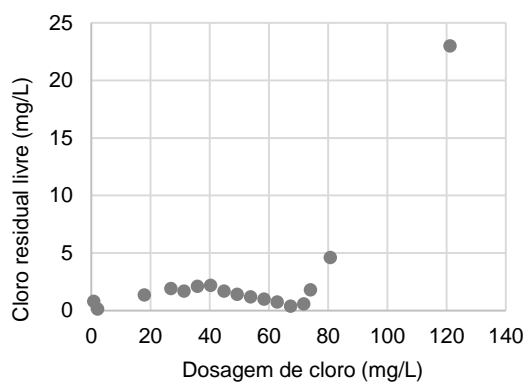


DCIS – Data de realização: 21/07/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	4,65	2,00	0,13	-
2	9,30	4,00	0,30	-
3	13,95	6,00	0,34	-
4	18,60	8,00	0,42	-
5	23,25	10,00	0,58	-
6	27,89	12,00	1,90	-
7	34,87	15,00	2,50	-
8	41,84	18,00	1,80	-
9	46,49	20,00	1,20	-
10	51,14	22,00	1,10	-
11	55,79	24,00	1,82	-
12	60,44	26,00	2,10	-
13	69,74	30,00	7,30	5,25
14	81,36	35,00	13,30	10,30
15	92,98	40,00	19,60	20,75

**ATCI – Data de realização: 20/07/2017**

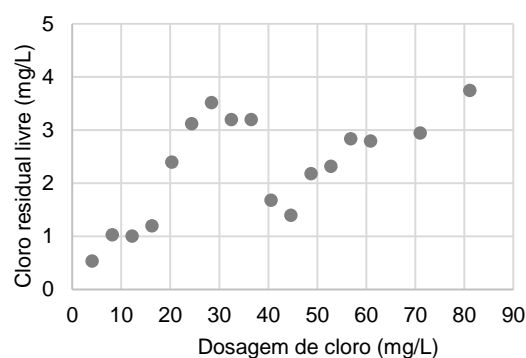
Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	2,24	5,00	0,13	-
2	0,90	2,00	0,80	-
3	17,96	40,00	1,36	-
4	26,93	60,00	1,90	-
5	31,42	70,00	1,70	-
6	35,91	80,00	2,10	-
7	40,40	90,00	2,20	-
8	44,89	100,00	1,70	-
9	49,38	110,00	1,40	-
10	53,87	120,00	1,20	-
11	58,36	130,00	1,00	-
12	62,85	140,00	0,75	-
13	67,34	150,00	0,38	-
14	71,83	160,00	0,59	-
15	74,07	165,00	1,80	-
16	80,80	180,00	4,60	-
17	121,21	270,00	23,00	23,00



B1b – Resultados da dosagem de cloro e concentração de cloro residual livre em ensaios de demanda após 30 minutos e 7 dias nas soluções dos quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 2, com destaque para o(s) frasco(s) selecionado(s)

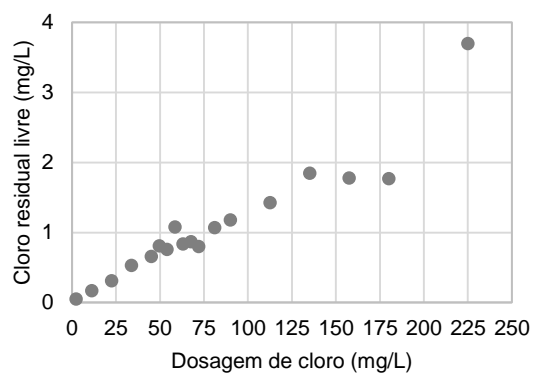
Hipoclorito de sódio – Data de realização: 22/08/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	4,06	0,20	0,54	-
2	8,11	0,40	1,03	-
3	12,17	0,60	1,01	-
4	16,23	0,80	1,20	-
5	20,29	1,00	2,40	-
6	24,34	1,20	3,12	-
7	28,40	1,40	3,52	-
8	32,46	1,60	3,20	-
9	36,52	1,80	3,20	-
10	40,57	2,00	1,68	-
11	44,63	2,20	1,40	-
12	48,69	2,40	2,18	-
13	52,74	2,60	2,32	-
14	56,80	2,80	2,84	-
15	60,86	3,00	2,80	-
16	71,00	3,50	2,95	1,62
17	81,15	4,00	3,75	1,91



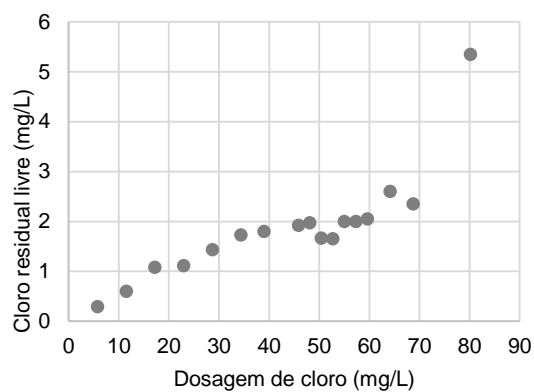
HGIL – Data de realização: 23/08/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	2,25	0,50	0,05	-
2	11,25	2,50	0,17	-
3	22,50	5,00	0,31	-
4	33,75	7,50	0,53	-
5	45,00	10,00	0,66	-
6	49,50	11,00	0,81	-
7	54,00	12,00	0,76	-
8	58,50	13,00	1,08	-
9	63,00	14,00	0,84	-
10	67,50	15,00	0,87	-
11	71,99	16,00	0,80	-
12	80,99	18,00	1,07	-
13	89,99	20,00	1,18	-
14	112,49	25,00	1,43	-
15	134,99	30,00	1,85	-
16	157,49	35,00	1,78	-
17	179,99	40,00	1,77	-
18	202,49	45,00	4,25	3,16
19	224,98	50,00	3,70	3,58

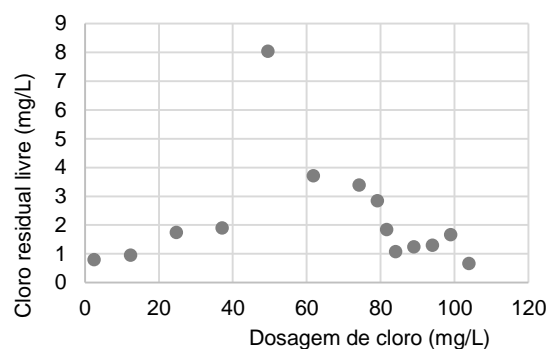


DCIS – Data de realização: 23/08/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	5,73	2,50	0,29	-
2	11,45	5,00	0,60	-
3	17,18	7,50	1,08	-
4	22,90	10,00	1,11	-
5	28,63	12,50	1,43	-
6	34,36	15,00	1,73	-
7	38,94	17,00	1,80	-
8	45,81	20,00	1,92	-
9	48,10	21,00	1,97	-
10	50,39	22,00	1,66	-
11	52,68	23,00	1,65	-
12	54,97	24,00	2,00	-
13	57,26	25,00	2,00	-
14	59,55	26,00	2,05	-
15	64,13	28,00	2,60	0,30
16	68,71	30,00	2,35	0,14
17	80,17	35,00	5,35	0,10

**ATCI** – Data de realização: 24/08/2017

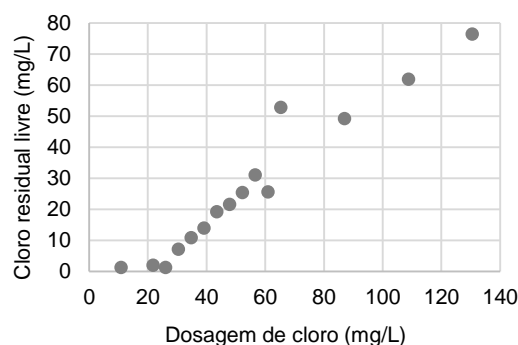
Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	2,47	5,00	0,80	-
2	12,36	25,00	0,96	-
3	24,73	50,00	1,75	-
4	37,09	75,00	1,91	-
5	49,45	100,00	8,05	-
6	61,82	125,00	3,72	-
7	74,18	150,00	3,40	-
8	79,13	160,00	2,85	-
9	81,60	165,00	1,85	-
10	84,07	170,00	1,08	-
11	89,02	180,00	1,25	-
12	93,96	190,00	1,30	-
13	98,91	200,00	1,67	-
14	103,85	210,00	0,67	-



B1c – Resultados da dosagem de cloro e concentração de cloro residual livre em ensaios de demanda após 30 minutos e 7 dias nas soluções dos quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 4, com destaque para o(s) frasco(s) selecionado(s)

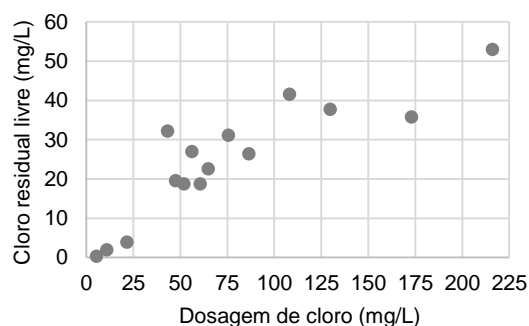
Hipoclorito de sódio – Data de realização: 01/12/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	10,9	0,50	1,23	-
2	21,8	1,00	2,00	-
3	26,1	1,20	1,30	-
4	30,5	1,40	7,10	-
5	34,8	1,60	10,90	-
6	39,2	1,80	13,90	-
7	43,5	2,00	19,20	-
8	47,9	2,20	21,60	-
9	52,2	2,40	25,40	-
10	56,6	2,60	31,00	-
11	60,9	2,80	25,60	-
12	65,3	3,00	52,80	35,00
13	87,0	4,00	49,20	63,40
14	108,8	5,00	61,80	-
15	130,6	6,00	76,40	-



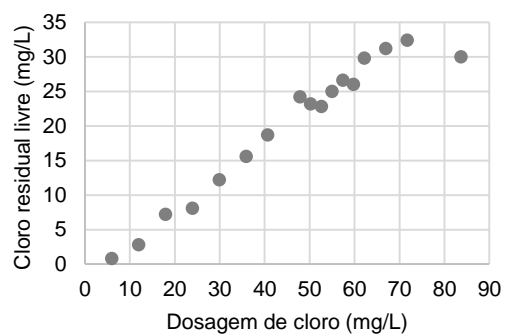
HGIL – Data de realização: 06/12/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	5,40	2,50	0,34	-
2	10,81	5,00	2,02	-
3	21,62	10,00	3,90	-
4	43,23	20,00	32,20	-
5	47,56	22,00	19,60	-
6	51,88	24,00	18,80	-
7	56,20	26,00	27,00	-
8	60,53	28,00	18,80	-
9	64,85	30,00	22,60	20,21
10	75,66	35,00	31,20	-
11	86,47	40,00	26,40	-
12	108,08	50,00	41,60	-
13	129,70	60,00	37,80	-
14	172,94	80,00	35,80	-
15	216,17	100,00	53,00	-

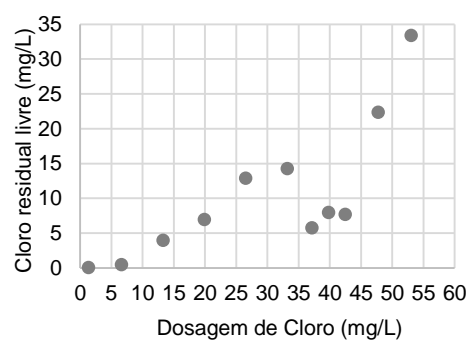


DCIS – Data de realização: 04/12/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	5,98	2,5	0,79	-
2	11,96	5,0	2,80	-
3	17,94	7,5	7,20	-
4	23,92	10,0	8,10	-
5	29,90	12,5	12,20	-
6	35,88	15,0	15,60	-
7	40,67	17,0	18,70	-
8	47,85	20,0	24,20	-
9	50,24	21,0	23,20	-
10	52,63	22,0	22,80	20,70
11	55,02	23,0	25,00	-
12	57,41	24,0	26,60	26,40
13	59,81	25,0	26,00	-
14	62,20	26,0	29,80	-
15	66,98	28,0	31,20	27,80
16	71,77	30,0	32,40	-
17	83,73	35,0	30,00	38,80

**ATCI** – Data de realização: 05/12/2017

Frascos 1000 mL	dosagem mg/L Cl ₂	Volume mL	CRL mg/L Cl ₂	CRL 7d mg/L Cl ₂
1	1,33	5	0,09	-
2	6,63	25	0,50	-
3	13,26	50	4,00	-
4	19,89	75	7,00	-
5	26,52	100	12,90	-
6	33,15	125	14,30	-
7	37,12	140	5,80	-
8	39,78	150	8,00	6,40
9	42,43	160	7,70	-
10	47,73	180	22,40	-
11	53,03	200	33,40	-



APÊNDICE C

C1 – Resultados (triplicata) da caracterização do efluente sanitário após o ensaio de dosagem única de 50 mg/L de cloro para os quatro desinfetantes analisados em um tempo de contato de 24 horas para a ÁGUA 3

	Unidade	Hipoclorito 2,2% (sem diluição)			HGIL 4,84% (sem diluição)			DICS 44,71%			ATCI 86,46		
Teor cloro ativo produto	mg/L Cl ₂	22059			48422			2249			460		
Dosagem em 1L	mg/L Cl ₂	50											
Volume adicionado/L	mL	2,3			1,0			22			109		
Parâmetros após 24 h	Unidade	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
CRL	mg/L Cl ₂	0,06	0,12	0,15	0,08	0,05	0,07	25,20	19,20	27,60	17,40	10,80	11,00
Absorbância 254 nm	adimensional	0,0791	0,0846	0,0759	0,0838	0,0880	0,0856	0,0733	0,0713	0,0745	0,1040	0,1111	0,1224
COD	mg/L	5,261	7,131	5,228	4,770	6,871	5,093	13,980	13,200	12,940	16,89	18,97	18,64
COT	mg/L	5,963	6,900	7,131	6,119	7,257	8,707	19,430	22,160	19,280	12,960	13,650	13,130
N-amoniacal	mg/L NH ₃	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pH	adimensional	7,50	7,48	7,49	7,56	7,60	7,58	7,07	7,04	7,18	6,69	6,61	6,65
SUVA	L/mg.m	1,504	1,186	1,452	1,757	1,281	1,681	0,524	0,540	0,576	0,616	0,586	0,657

Continua

C1 - Continuação

	Unidade	Hipoclorito 2,2% (sem diluição)			HGIL 4,84% (sem diluição)			DICS 44,71%			ATCI 86,46		
Teor cloro ativo produto	mg/L Cl ₂	22059			48422			2249			460		
Dosagem em 1L	mg/L Cl ₂	50											
Volume adicionado/L	mL	2,3			1,0			22			109		
Parâmetros após 24 h	Unidade	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Clorofórmio	µg/L	146,42	91,90	69,57	110,15	153,10	117,53	633,62	640,19	631,84	416,13	461,54	442,48
Bromodiclorometano	µg/L	5,10	<0,01	<0,01	<0,01	2,74	<0,01	52,52	55,61	52,66	31,70	34,64	35,33
Dibromoclorometano	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromofórmio	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloro hidratado	µg/L	61,68	23,00	18,00	26,10	51,92	38,02	333,96	365,59	390,69	292,59	337,85	294,17
Cloropicrina	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	6,67	7,18	6,54
Dicloroacetoneitrila	µg/L	36,94	22,11	15,62	30,22	37,45	31,79	163,23	163,93	158,09	179,02	198,52	190,09
Tricloroacetoneitrila	µg/L	0,50	1,98	2,45	1,64	0,67	1,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromoacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromocloroacetoneitrila	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1-Dicloropropanona	µg/L	6,72	11,53	12,50	11,92	9,03	9,66	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloropropanona	µg/L	4,85	0,46	<0,01	1,31	3,78	2,50	88,55	91,09	87,42	176,06	130,23	120,37
SOH Total	µg/L	262,21	150,98	118,14	181,34	258,69	200,60	1271,88	1316,41	1320,70	1102,17	1169,96	1088,98

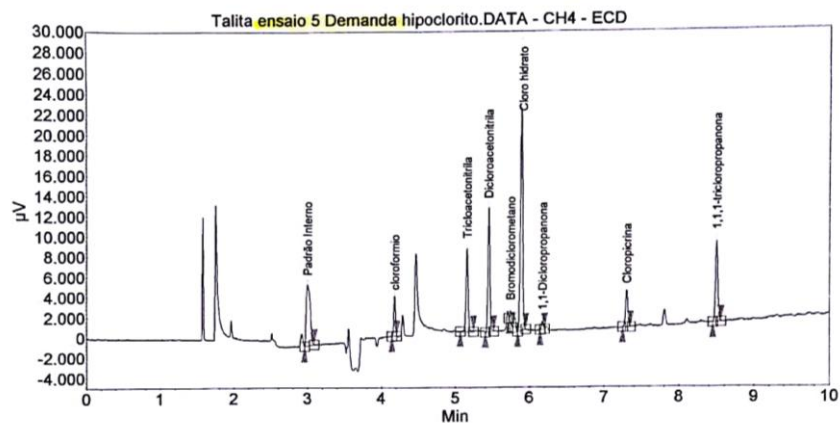
APÊNDICE D

D1a – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de demanda de 30 minutos para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 1 coletada em 18/07/2017

Hipoclorito de sódio

Data do ensaio: 25/07/2017

Sistema : CP-3600 Aquisição : 3/8/2017 11:50:39
Método : 551_THM_CH Processamento : 3/8/2017 12:03:53
Usuário : Cristina Paschoalato Impressão : 3/8/2017 12:05:12



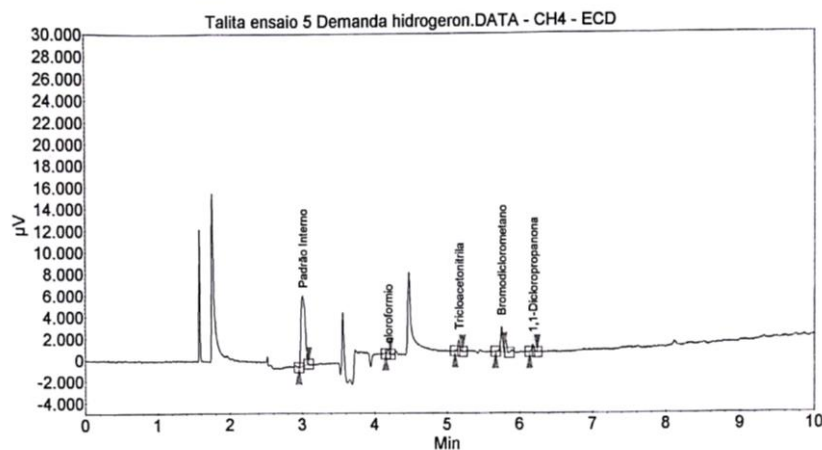
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,00	0,00	16,035	22610,7	6003,3
cloroformo	4,18	120,23	4,320	6091,9	3947,3
Tricloroacetnitrila	5,15	30,07	11,520	16244,7	8185,8
Dicloroacetnitrila	5,45	86,18	15,642	22057,8	12138,0
Bromodiclorometano	5,74	0,00	1,187	1674,2	1177,8
Cloro hidratado	5,88	148,71	32,477	45797,0	21918,9
1,1-Dicloropropanona	6,17	4,00	0,986	1390,5	730,7
Cloropicrina	7,30	4,79	5,390	7600,5	3577,1
1,1,1-tricloropropanona	8,50	75,34	12,442	17544,8	7962,9
Total		469,33	100,000	141012,2	65641,8

Hipoclorito gerado *in loco*

Data do ensaio: 20/07/2017

Sistema : CP-3600 Aquisição : 3/8/2017 12:14:16
Método : 551_THM_CH Processamento : 3/8/2017 12:31:11
Usuário : Cristina Paschoalato Impressão : 3/8/2017 12:31:59



Resultados de Picos :

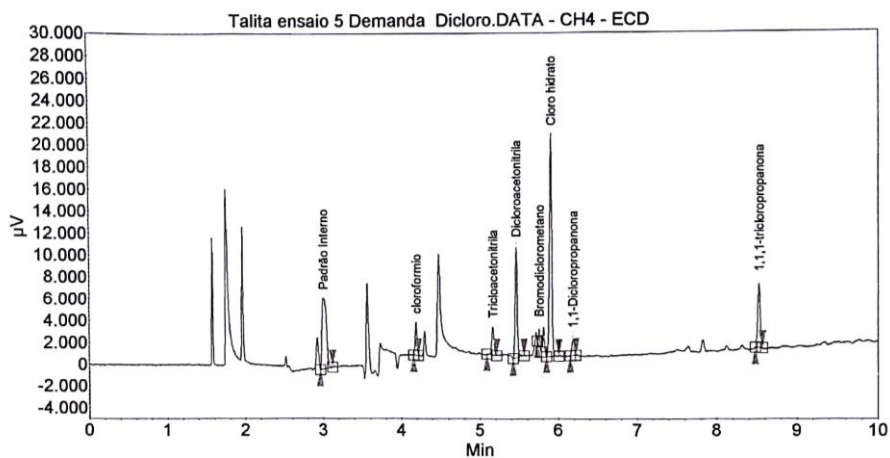
Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,00	0,00	74,669	25167,4	6472,3
cloroformo	4,18	0,00	1,769	596,3	363,9
Tricloroacetnitrila	5,16	0,00	5,757	1940,3	1019,4
Bromodiclorometano	5,75	2,30	13,486	4545,5	2312,7
1,1-Dicloropropanona	6,18	3,31	4,319	1455,8	683,6
Total		5,62	100,000	33705,4	10851,9

Dicloroisocianurato de sódio

Data do ensaio: 21/07/2017

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 3/8/2017 12:37:43
Processamento : 3/8/2017 12:56:22
Impressão : 3/8/2017 12:56:52



Resultados de Picos :

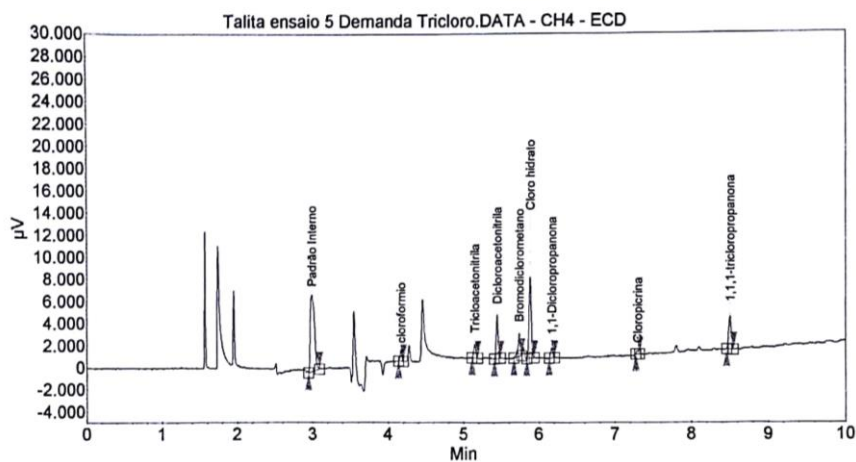
Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]	
Padrão Interno	3,00	0,00	22,854	25459,1	6504,8	
cloroformio	4,19	69,64	4,157	4631,0	3015,7	
Tricloroacetona	5,17	3,57	4,421	4925,1	2504,0	
Dicloroacetona	5,46	61,17	16,468	18345,5	9980,1	
Bromodichlorometano	5,76	0,00	1,838	2047,8	1473,3	
Cloro hidratado	5,90	117,16	36,850	41050,3	20169,6	
1,1-Dicloropropanona	6,18	12,51	2,437	2715,2	1375,3	
1,1,1-tricloropropanona	8,52	44,01	10,973	12223,5	5801,2	
Total			308,07	100,000	111397,6	50824,0

Ácido tricloroisocianúrico

Data do ensaio: 20/07/2017

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 3/8/2017 13:03:58
Processamento : 3/8/2017 13:19:02
Impressão : 3/8/2017 13:19:40



Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]	
Padrão Interno	2,99	0,00	40,339	26415,2	6940,6	
cloroformio	4,17	0,00	2,345	1535,4	1014,1	
Tricloroacetona	5,15	0,00	3,562	2332,3	1226,0	
Dicloroacetona	5,44	16,56	10,721	7020,3	3978,7	
Bromodichlorometano	5,74	0,00	6,277	4110,6	2037,9	
Cloro hidratado	5,88	37,81	23,143	15154,8	7305,6	
1,1-Dicloropropanona	6,17	4,59	2,606	1706,4	883,5	
Cloropicrina	7,29	0,00	0,961	629,3	332,5	
1,1,1-tricloropropanona	8,50	19,55	10,048	6579,5	2981,1	
Total			78,50	100,000	65483,8	26700,0

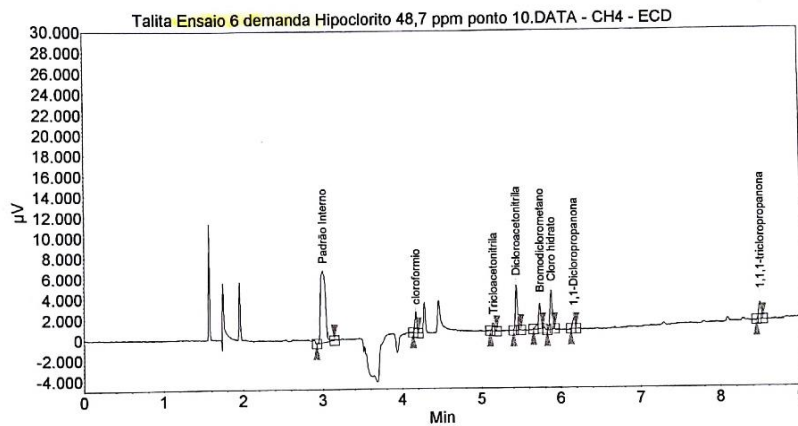
D1b – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de demanda de 30 minutos para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 2 coletada em 21/08/2017

Hipoclorito de sódio

Data do ensaio: 22/08/2017

Sistema : CP-3600
Método : S51_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/8/2017 15:25:51
Processamento : 29/8/2017 15:41:27
Impressão : 29/8/2017 15:42:54



Resultados de Picos :

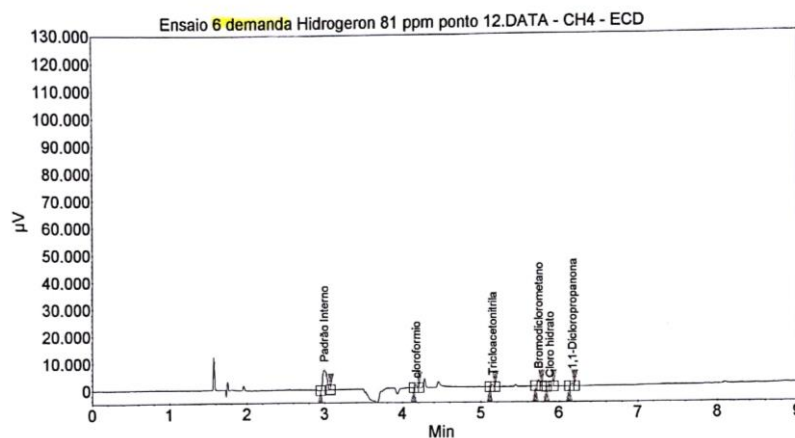
Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]	
Padrão Interno	3,00	0,00	49,278	30413,6	6957,7	
cloroformio	4,17	24,95	5,154	3180,8	2016,5	
Tricloroacetnitrila	5,15	0,00	2,697	1664,4	758,0	
Dicloroacetnitrila	5,44	16,07	12,649	7930,2	4427,2	
Bromodiclorometano	5,74	2,00	6,743	5396,3	2491,5	
Cloro hidratado	5,88	13,11	12,344	7618,6	3882,1	
1,1-Dicloropropanona	6,16	4,18	3,076	1898,3	1058,8	
1,1,1-tricloropropanona	8,50	5,76	5,859	3616,3	1712,2	
Total			66,07	100,000	61718,6	23283,7

Hipoclorito gerado *in loco*

Data do ensaio: 23/08/2017

Sistema : CP-3600
Método : S51_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/8/2017 16:38:11
Processamento : 29/8/2017 16:49:43
Impressão : 29/8/2017 16:50:34



Resultados de Picos :

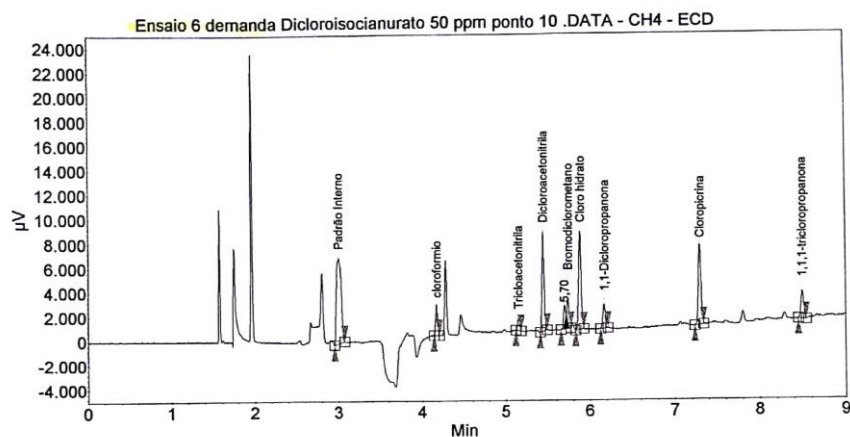
Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]	
Padrão Interno	2,99	0,00	73,245	27255,5	7403,0	
cloroformio	4,17	0,49	4,561	1697,1	1028,2	
Tricloroacetnitrila	5,15	0,00	4,209	1566,3	804,7	
Bromodiclorometano	5,74	0,00	11,197	4166,8	2230,8	
Cloro hidratado	5,88	0,00	1,960	729,5	366,0	
1,1-Dicloropropanona	6,17	4,84	4,828	1796,5	978,9	
Total			5,33	100,000	37211,7	12811,7

Dicloroisocianurato de sódio

Data do ensaio: 23/08/2017

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 31/8/2017 11:27:54
Processamento : 31/8/2017 11:41:16
Impressão : 31/8/2017 11:42:38



Resultados de Picos :

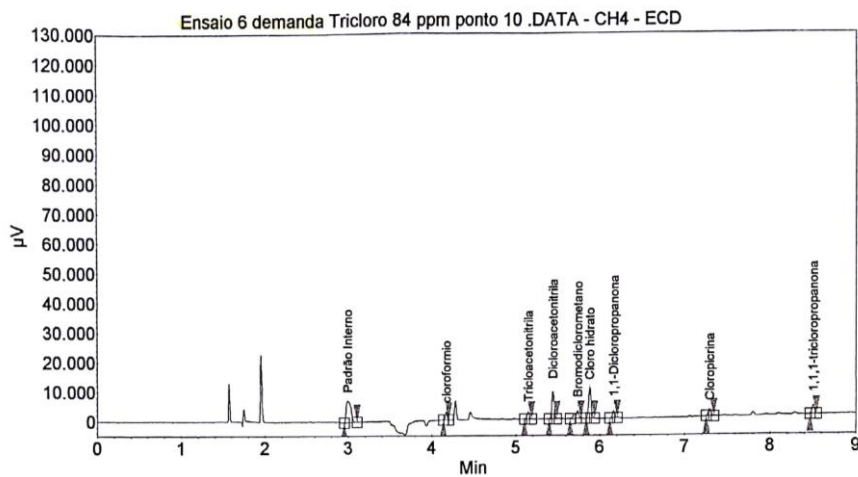
Name	Time (Min)	Quantity (µg/L)	Area % (%)	Area (µV.Sec)	Height (µV)
Padrão Interno	3.00	0.00	29.661	28015.4	6984.5
cloroformio	4.17	46.97	4.232	3997.4	2566.7
Tricloroacetnitrila	5.15	0.00	1.696	1601.8	872.6
Dicloroacetnitrila	5.44	38.51	14.519	13714.2	8085.9
Bromodichlorometano	5.74	0.00	4.323	4083.5	2372.0
Cloro hidratado	5.88	39.20	17.558	16584.8	8039.6
1,1-Dicloropropanona	6.17	18.52	4.110	3882.2	1989.6
Cloropicrina	7.30	11.28	15.024	14191.3	6511.3
1,1,1-tricloropropanona	8.49	11.43	5.115	4831.4	2212.0
Total		165.92	100.000	94456.3	41535.9

Ácido tricloroisocianúrico

Data do ensaio: 24/08/2017

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/8/2017 16:13:43
Processamento : 29/8/2017 16:27:02
Impressão : 29/8/2017 16:29:55



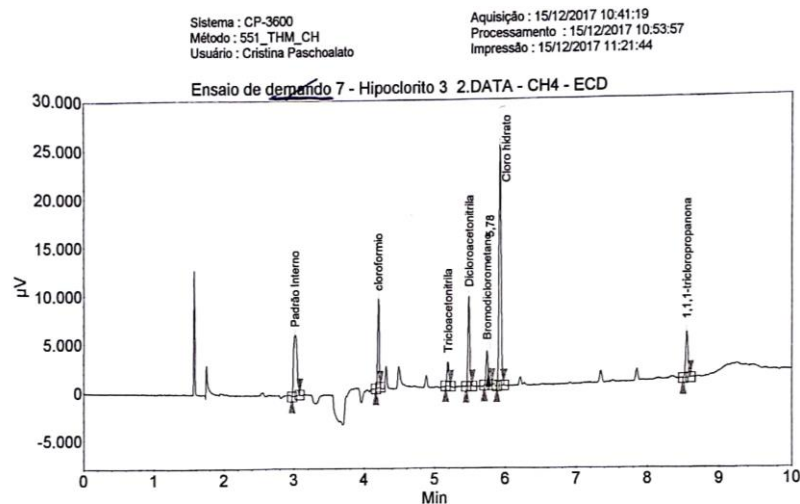
Resultados de Picos :

Name	Time (Min)	Quantity (µg/L)	Area % (%)	Area (µV.Sec)	Height (µV)
Padrão Interno	2.99	0.00	29.458	29425.8	7237.7
cloroformio	4.17	47.32	4.221	4216.2	2812.0
Tricloroacetnitrila	5.15	1.96	4.761	4755.4	2441.1
Dicloroacetnitrila	5.44	44.30	16.159	16140.9	9179.2
Bromodichlorometano	5.74	11.23	8.100	8091.1	2597.3
Cloro hidratado	5.88	49.17	21.282	21258.2	10400.3
1,1-Dicloropropanona	6.16	23.82	4.911	4905.1	2462.4
Cloropicrina	7.30	0.00	5.068	5062.1	2346.7
1,1,1-tricloropropanona	8.50	14.89	6.042	6035.0	2942.6
Total		192.69	100.000	99889.9	42419.2

D1c – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de demanda de 30 minutos para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 4 coletada em 28/11/2017

Hipoclorito de sódio

Data do ensaio: 01/12/2017

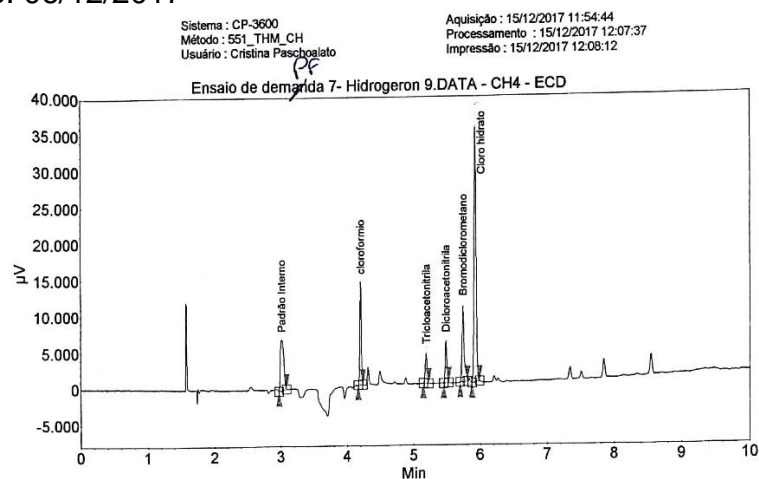


Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [uV.Sec]	Height [uV]
Padrão Interno	3,01	0,00	16,308	20858,5	6245,7
cloroformio	4,20	357,30	11,083	14175,9	9163,3
Tricloroacetnitrila	5,19	4,81	3,556	4548,2	2531,8
Dicloroacetnitrila	5,49	68,35	12,945	16557,1	9284,0
Bromodiolclorometano	5,74	15,05	5,143	6578,8	3536,8
Cloro hidratado	5,93	183,43	40,442	51727,9	24757,9
1,1,1-tricloropropanona	8,55	46,86	8,268	10575,2	4766,6
Total		675,82	100,000	127906,8	62016,1

Hipoclorito gerado *in loco*

Data do ensaio: 06/12/2017



Resultados de Picos :

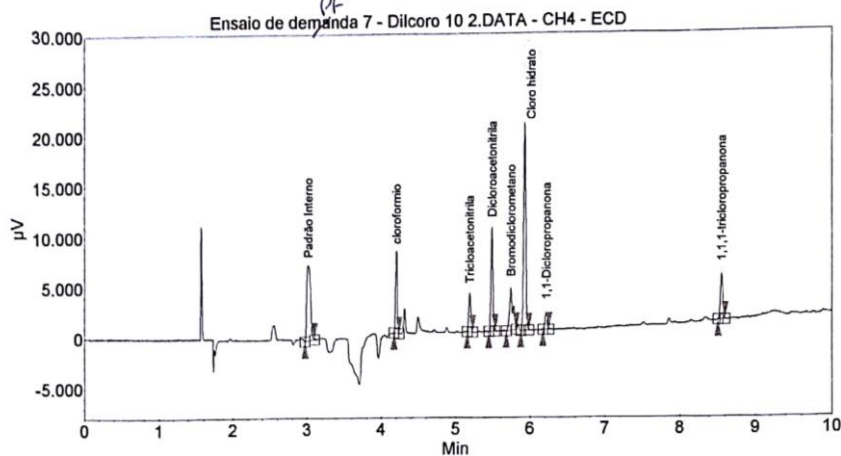
Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [uV.Sec]	Height [uV]
Padrão Interno	3,01	0,00	15,269	24893,1	6976,2
cloroformio	4,20	479,69	13,610	22189,1	14122,9
Tricloroacetnitrila	5,19	9,83	4,847	7902,4	4088,7
Dicloroacetnitrila	5,48	30,81	6,275	10230,7	5738,4
Bromodiolclorometano	5,74	74,32	14,380	23443,6	10437,5
Cloro hidratado	5,92	222,23	45,619	74373,7	35004,3
Total		816,87	100,000	163032,7	76368,0

Dicloroisocianurato de sódio

Data do ensaio: 04/12/2017

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 15/12/2017 13:13:41
Processamento : 15/12/2017 13:25:12
Impressão : 15/12/2017 13:25:36



Resultados de Picos :

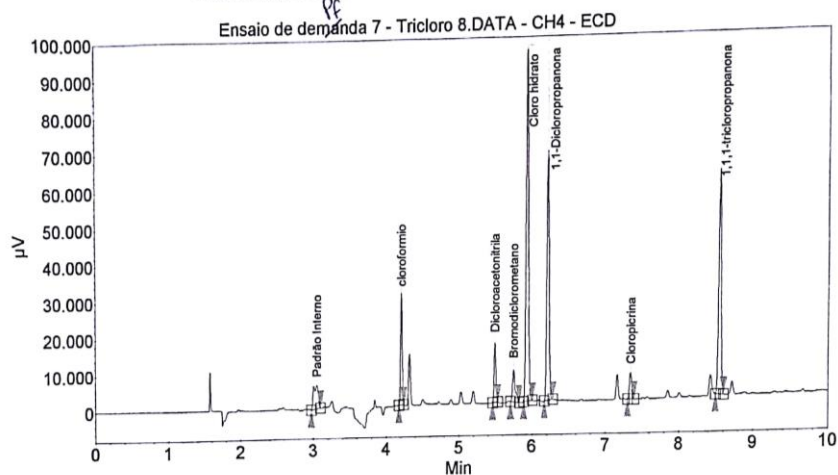
Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,01	0,00	20,441	27118,2	7440,6
cloroformio	4,20	234,09	9,534	12648,7	8167,0
Tricloroacetnitrila	5,19	7,14	5,402	7166,2	3769,8
Dicloroacetnitrila	5,49	54,70	13,381	17752,1	10276,2
Bromodichlorometano	5,74	32,97	10,317	13686,7	4218,7
Cloro hidratado	5,93	110,40	31,151	41326,1	20449,7
1,1-Dicloropropanona	6,21	15,06	2,457	3259,2	1604,5
1,1,1-tricloropropanona	8,55	31,08	7,317	9707,6	4472,1
Total		485,44	100,000	132664,8	60398,5

Ácido tricloroisocianúrico

Data do ensaio: 05/12/2017

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 15/12/2017 14:28:04
Processamento : 15/12/2017 14:41:46
Impressão : 15/12/2017 14:42:04

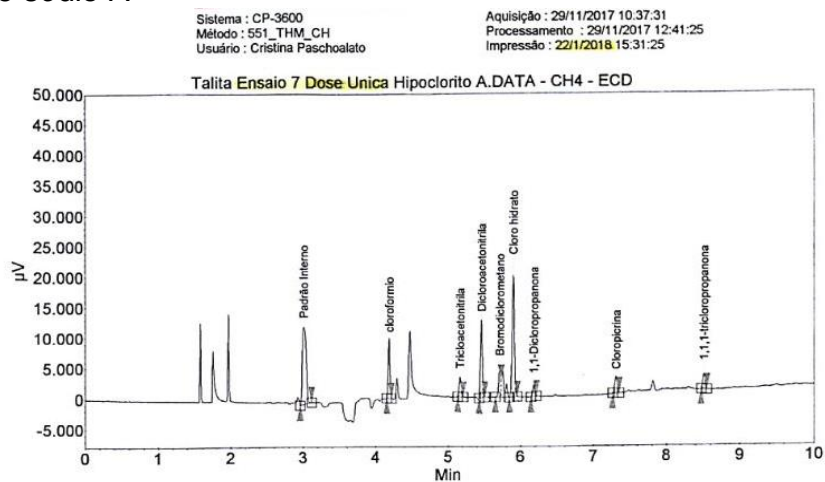


Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,05	0,00	4,735	29871,5	6383,8
cloroformio	4,21	917,95	7,811	49277,4	30570,0
Dicloroacetnitrila	5,49	83,81	4,505	28419,1	16241,3
Bromodichlorometano	5,75	52,37	3,361	21202,6	8687,5
Cloro hidratado	5,93	519,20	32,552	205367,9	95407,2
1,1-Dicloropropanona	6,22	905,43	22,944	144752,8	68041,2
Cloropicrina	7,35	11,68	2,447	15438,1	7035,8
1,1,1-tricloropropanona	8,55	477,33	21,647	136567,5	61035,5
Total		2967,77	100,000	630896,9	293402,3

D2 – Cromatogramas da quantificação de SOH após o ensaio de dosagem única de cloro de 50 mg/L para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 3 coletada em 22/11/2017 e ensaio realizado em 23/11/2017

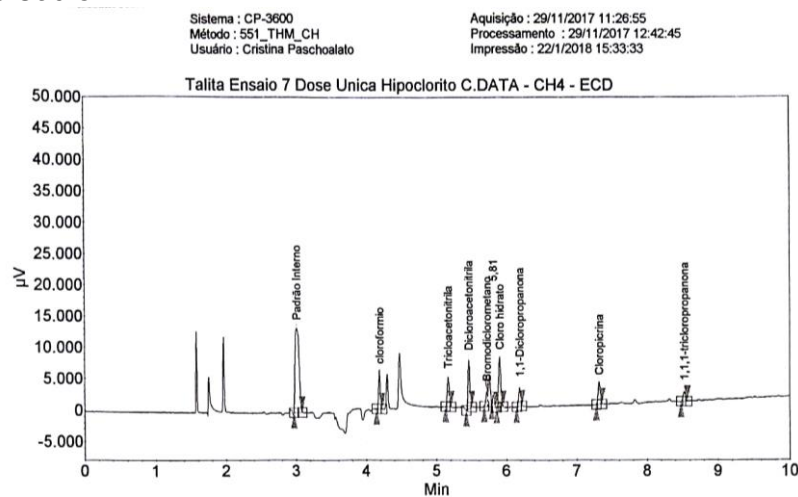
Hipoclorito de sódio A



Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,00	0,00	29,961	47145,1	12721,6
cloroformio	4,18	146,42	9,430	14838,6	8892,5
Tricloroacetnitrila	5,16	0,50	3,972	6250,6	3239,3
Dicloroacetnitrila	5,46	36,94	14,186	22322,0	12700,1
Bromodichlorometano	5,71	5,10	6,298	9910,2	5130,5
Cloro hidratado	5,89	61,68	26,552	41781,7	19930,7
1,1-Dicloropropanona	6,18	6,72	2,274	3578,9	1848,8
Cloropicrina	7,31	0,00	4,022	6329,0	2795,5
1,1,1-tricloropropanona	8,51	4,85	3,305	5201,3	2478,1
Total		262,21	100,000	157357,4	70736,9

Hipoclorito de sódio B



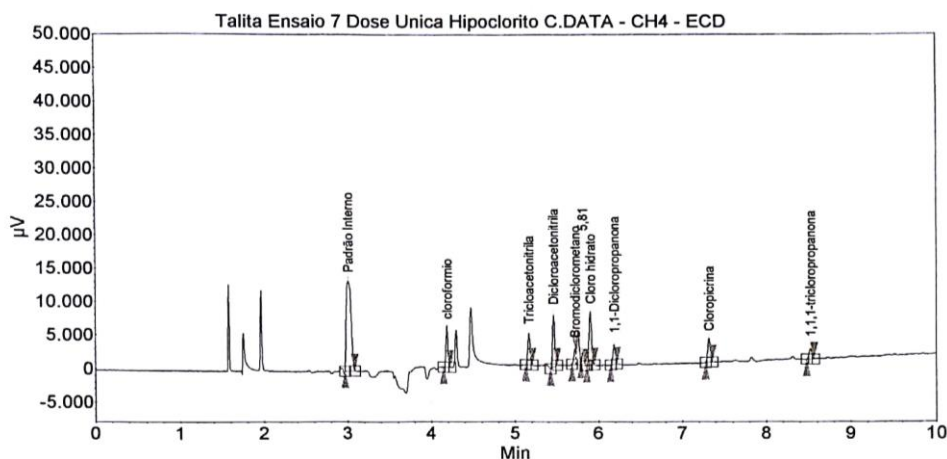
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,01	0,00	42,213	53361,1	13502,9
cloroformio	4,19	69,57	7,674	9700,0	6194,4
Tricloroacetnitrila	5,17	2,45	7,225	9133,2	4701,5
Dicloroacetnitrila	5,46	15,62	10,812	13667,1	7786,9
Bromodichlorometano	5,72	0,00	2,885	3647,5	2343,0
Cloro hidratado	5,90	18,00	13,275	16780,3	8096,9
1,1-Dicloropropanona	6,19	12,50	4,499	5687,0	2966,2
Cloropicrina	7,32	0,00	5,922	7486,0	3591,6
1,1,1-tricloropropanona	8,52	0,00	2,676	3382,5	1523,4
Total		118,13	100,000	126409,5	52776,1

Hipoclorito de sódio C

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 11:26:55
Processamento : 29/11/2017 12:42:45
Impressão : 22/1/2018 15:33:33



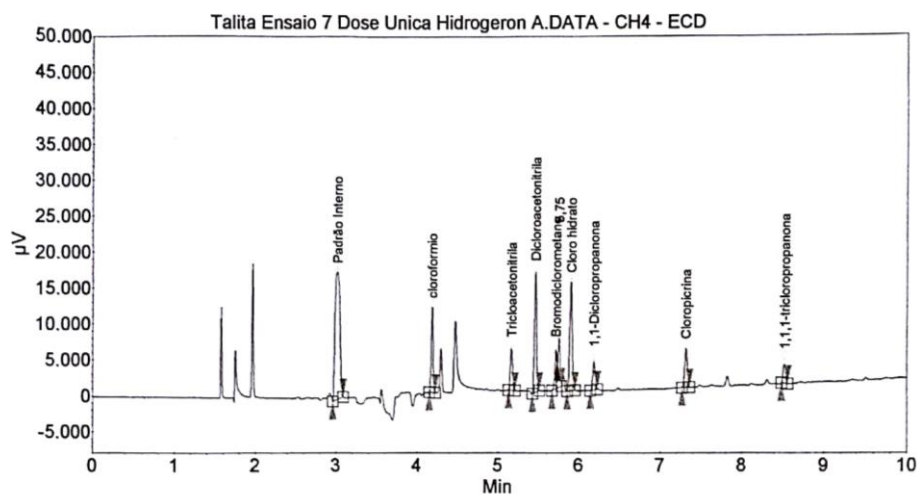
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,01	0,00	42,213	53361,1	13502,9
clorofórmio	4,19	69,57	7,674	9700,0	6194,4
Tricloroacetona	5,17	2,45	7,225	9133,2	4701,5
Dicloroacetona	5,46	15,62	10,812	13667,1	7786,9
Bromodiclorometano	5,72	0,00	2,885	3647,5	2343,0
Cloro hidratado	5,90	18,00	13,275	16780,3	8096,9
1,1-Dicloropropanona	6,19	12,50	4,499	5687,0	2968,2
Cloropicrina	7,32	0,00	5,922	7486,0	3591,6
1,1,1-tricloropropanona	8,52	0,00	2,676	3382,5	1523,4
Total		118,13	100,000	126409,5	52776,1

Hipoclorito gerado *in loco* A

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 11:57:07
Processamento : 29/11/2017 12:38:24
Impressão : 22/1/2018 15:34:24



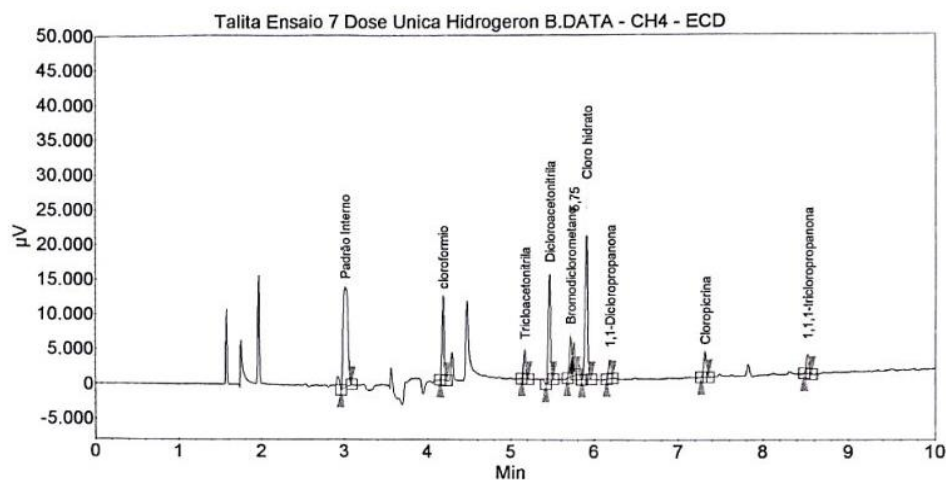
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,01	0,00	34,905	74518,0	17840,1
clorofórmio	4,18	110,15	8,796	18778,4	11983,0
Tricloroacetona	5,17	1,64	5,418	11567,6	5800,8
Dicloroacetona	5,46	30,22	14,138	30183,3	16912,7
Bromodiclorometano	5,71	0,00	4,376	9341,4	5544,1
Cloro hidratado	5,90	26,10	14,678	31335,0	15094,9
1,1-Dicloropropanona	6,18	11,92	3,612	7712,3	3952,2
Cloropicrina	7,31	0,00	5,550	11848,0	5428,5
1,1,1-tricloropropanona	8,52	1,31	2,685	5731,7	2695,7
Total		181,35	100,000	213489,4	92073,2

Hipoclorito gerado *in loco* B

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 12:20:27
Processamento : 29/11/2017 12:34:53
Impressão : 22/1/2018 15:35:11



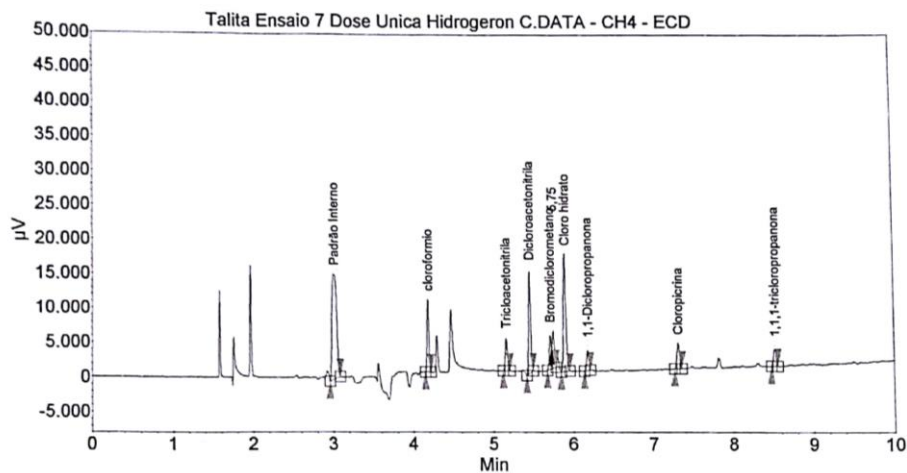
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,01	0,00	29,842	57478,9	14463,4
cloroformio	4,18	153,10	9,737	18755,2	12104,2
Tricloroacetona	5,17	0,67	4,055	7811,3	4097,9
Dicloroacetona	5,46	37,45	14,285	27514,5	15498,6
Bromodibromometano	5,71	2,74	5,528	10648,6	5863,3
Cloro hidratado	5,90	51,92	22,634	43595,2	20677,5
1,1-Dicloropropanona	6,18	9,03	2,631	5068,5	2726,7
Cloropicrina	7,31	0,00	4,130	7954,2	3587,9
1,1,1-tricloropropanona	8,52	3,78	2,991	5761,7	2785,4
Total		258,69	100,000	192613,6	86632,5

Hipoclorito gerado *in loco* C

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 12:45:34
Processamento : 29/11/2017 14:23:20
Impressão : 22/1/2018 15:35:41



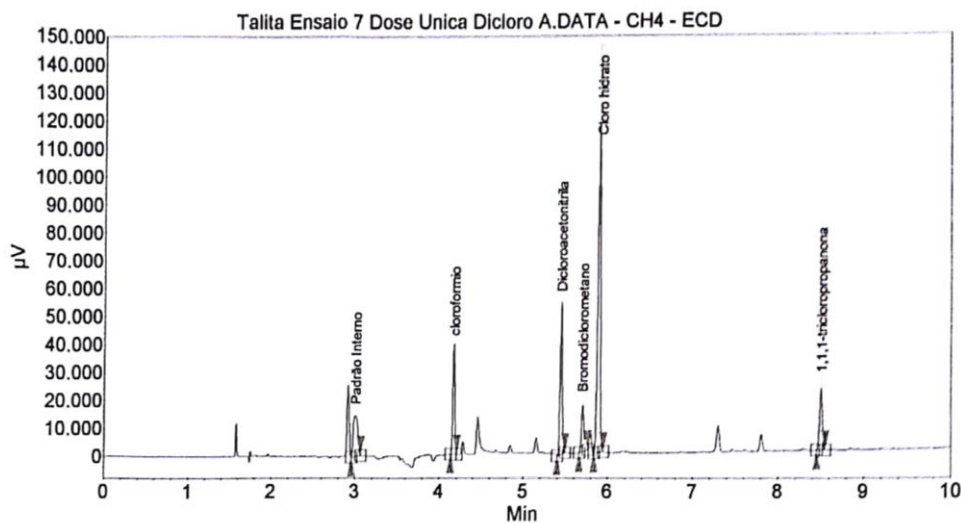
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,01	0,00	33,124	62170,5	15287,9
cloroformio	4,18	117,53	8,770	16460,1	10595,0
Tricloroacetona	5,16	1,10	4,786	8983,2	4707,0
Dicloroacetona	5,46	31,79	13,944	26172,0	14818,9
Bromodibromometano	5,71	0,00	4,662	8750,7	4993,5
Cloro hidratado	5,90	38,02	19,098	35845,9	17261,5
1,1-Dicloropropanona	6,18	9,66	3,031	5688,5	2905,5
Cloropicrina	7,31	0,00	4,443	8338,9	3762,0
1,1,1-tricloropropanona	8,52	2,50	2,917	5475,4	2472,8
Total		200,59	100,000	187690,7	82211,2

Dicloroisocianurato de sódio A

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 13:16:31
Processamento : 29/11/2017 13:20:20
Impressão : 22/11/2018 15:37:51



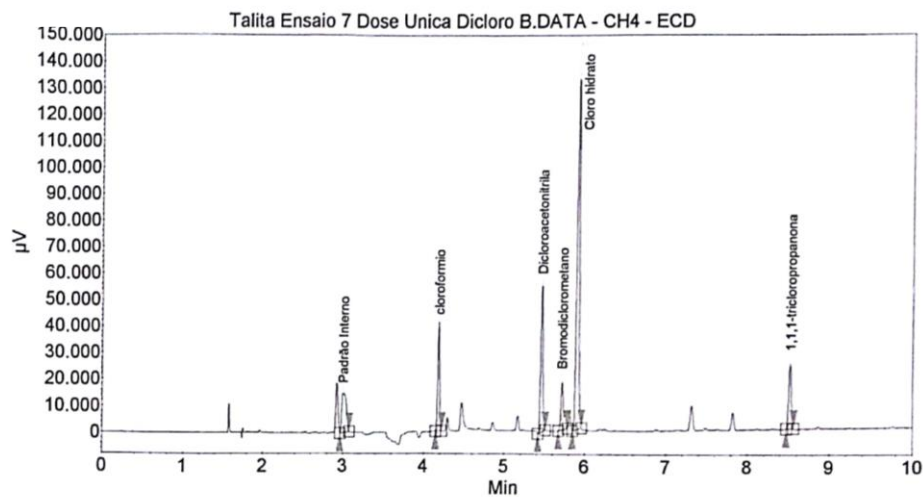
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3.00	0.00	10.019	53466,7	14732,5
cloroformio	4.17	633,62	11,599	61898,3	39468,8
Dicloroacetnitrila	5.44	163,23	17,644	94161,3	54077,9
Bromodiclorometano	5.70	52,52	7,127	38036,2	16553,7
Cloro hidratado	5.88	333,96	44,587	237939,9	116942,1
1,1,1-tricloropropanona	8.50	88,55	9,024	48156,5	22115,8
Total		1271,88	100,000	533658,9	263890,8

Dicloroisocianurato de sódio B

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 13:40:26
Processamento : 29/11/2017 14:01:48
Impressão : 22/11/2018 15:38:34



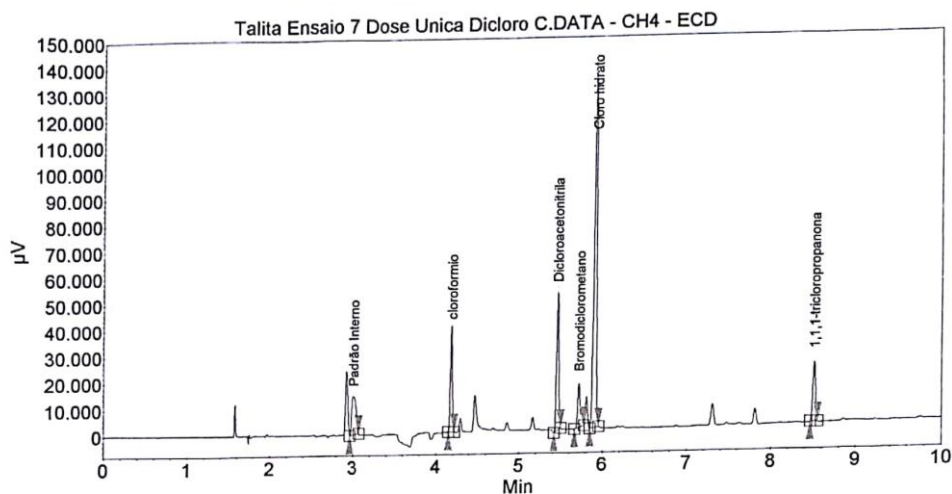
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3.00	0.00	9,551	56882,5	14899,3
cloroformio	4.19	640,19	11,165	66265,3	40999,6
Dicloroacetnitrila	5.46	163,93	16,887	100224,2	55425,4
Bromodiclorometano	5.72	55,61	7,106	42174,7	17824,1
Cloro hidratado	5.90	365,59	46,459	275724,0	132206,8
1,1,1-tricloropropanona	8.52	91,09	8,831	52413,0	24207,2
Total		1316,41	100,000	593483,9	285562,4

Dicloroisocianurato de sódio C

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 14:04:33
Processamento : 29/11/2017 14:19:44
Impressão : 22/1/2018 15:39:07



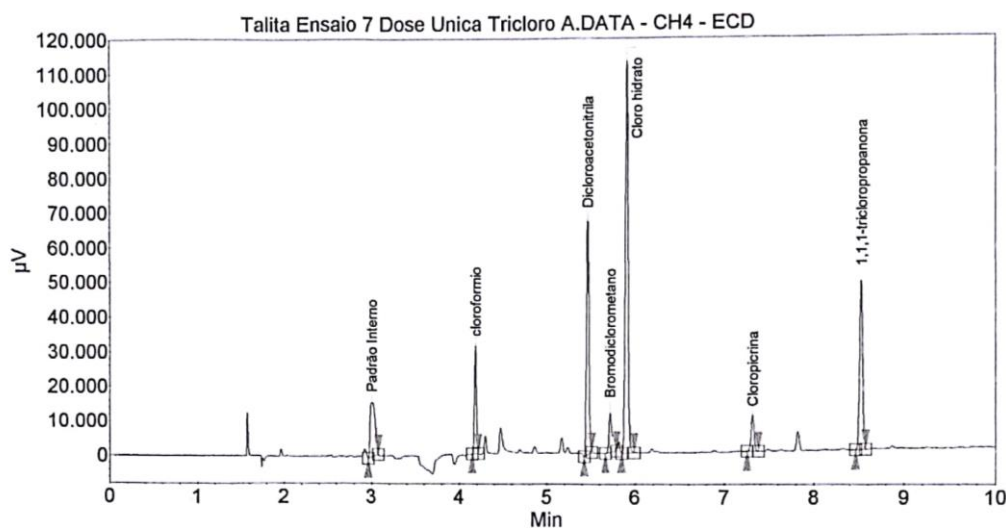
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,00	0,00	9,382	54165,4	14704,3
cloroformio	4,18	631,84	10,832	62540,1	40123,1
Dicloroacetoneitrila	5,46	158,09	16,030	92551,6	52596,7
Bromodiclorometano	5,71	52,66	6,688	38610,2	16685,5
Cloro hidratado	5,90	390,69	48,718	281274,7	134555,7
1,1,1-tricloropropanona	8,51	87,42	8,350	48206,7	22360,4
Total		1320,70	100,000	577348,7	281025,7

Ácido tricloroisocianúrico A

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 14:35:16
Processamento : 29/11/2017 14:49:11
Impressão : 22/1/2018 15:39:52



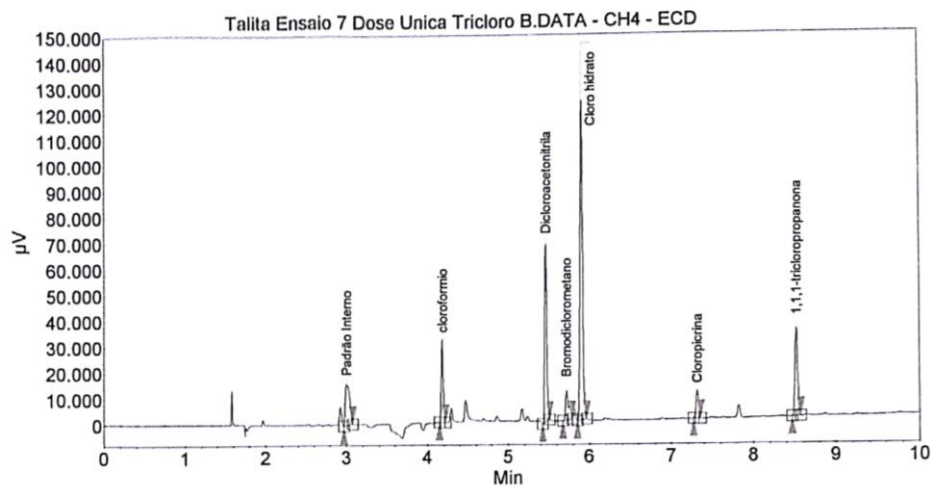
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,00	0,00	9,789	62372,5	15850,6
cloroformio	4,18	416,13	7,649	48738,2	31171,8
Dicloroacetoneitrila	5,46	179,02	18,814	119882,1	67227,7
Bromodiclorometano	5,72	31,70	4,810	30647,2	11309,5
Cloro hidratado	5,90	292,59	38,261	243800,6	112476,4
Cloropicrina	7,32	6,67	3,773	24043,6	10425,3
1,1,1-tricloropropanona	8,52	176,06	16,905	107716,1	48374,2
Total		1102,18	100,000	637200,3	296835,6

Ácido tricloroisocianúrico B

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 15:10:08
Processamento : 29/11/2017 15:29:48
Impressão : 22/1/2018 15:40:46



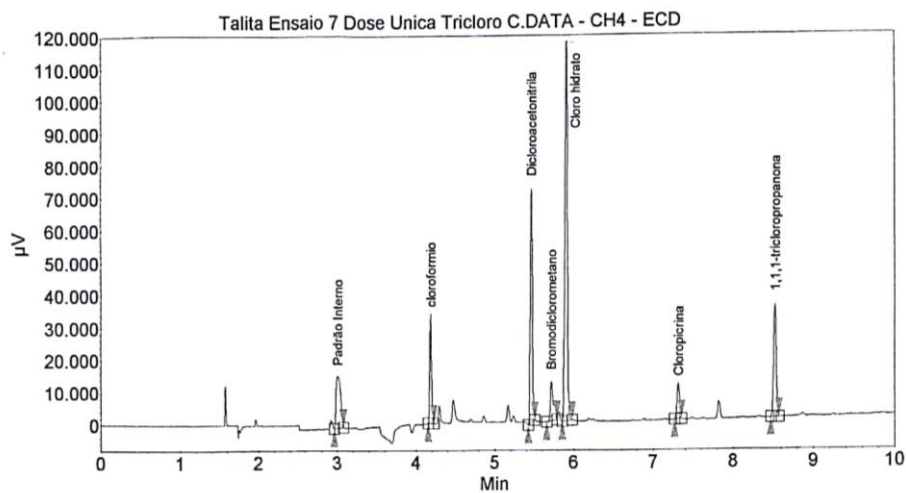
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3.00	0.00	9.348	58240,6	15970,5
cloroformio	4.18	461,54	8.039	50085,5	31831,4
Dicloroacetoni-trila	5.46	198,52	19.826	123518,6	68434,3
Bromodiodorometano	5.72	34,64	4.883	30422,1	11191,2
Cloro hidrato	5.90	337,85	42.078	262157,7	123092,5
Cloropirrina	7.32	7,18	3.727	23220,8	10522,7
1,1,1-tricloropropanona	8.52	130,23	12.099	75378,9	33610,5
Total		1169,96	100,000	623024,2	294653,2

Ácido tricloroisocianúrico C

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 29/11/2017 15:34:59
Processamento : 29/11/2017 15:52:20
Impressão : 22/1/2018 15:41:24

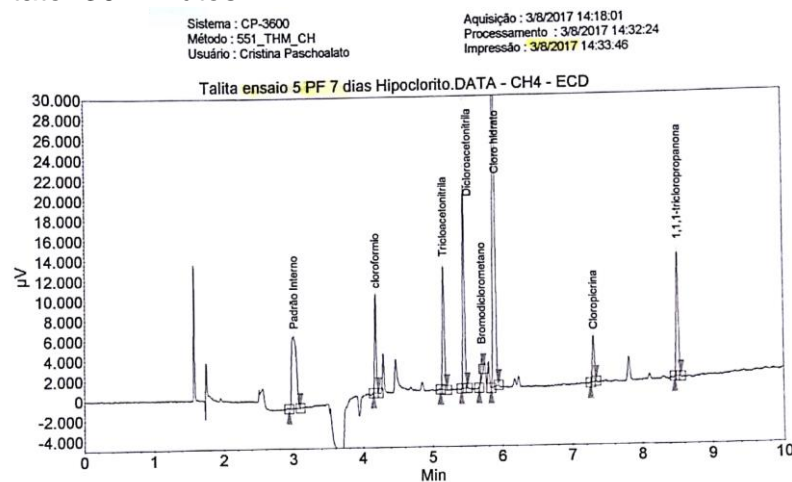


Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3.00	0,00	10,097	63364,1	16294,0
cloroformio	4.18	442,48	8.350	52401,1	33691,0
Dicloroacetoni-trila	5.46	190,09	20.545	128937,8	72114,6
Bromodiodorometano	5.71	35,33	5.348	33560,7	12108,8
Cloro hidrato	5.90	294,17	39.675	248988,6	117140,1
Cloropirrina	7.31	6,54	3.858	24213,7	10833,6
1,1,1-tricloropropanona	8.52	120,37	12,128	76109,9	34399,7
Total		1088,98	100,000	627575,8	296581,9

D3a – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de Potencial de Formação de SOH após 30 minutos e após 7 dias para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 1

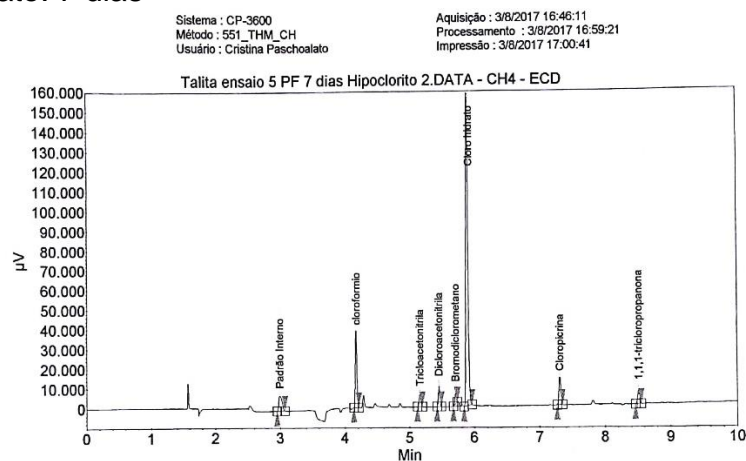
Hipoclorito de sódio
Tempo de contato: 30 minutos



Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3.00	0.00	13.776	34198.2	7194.0
cloroformio	4.18	216.03	5.995	14882.8	9840.4
Tricloroacetona	5.16	28.91	9.581	23783.8	12284.4
Dicloroacetona	5.45	94.54	14.613	36276.1	20306.6
Bromodiolometano	5.70	0.00	1.256	3118.6	2191.7
Cloro hidratado	5.89	215.87	40.013	99328.9	47849.5
Cloropicrina	7.31	2.98	3.976	9870.6	4584.7
1,1,1-tricloropropanona	8.51	76.12	10.790	26785.5	12287.9
Total		634.45	100.000	248244.5	116539.1

Hipoclorito de sódio
Tempo de contato: 7 dias



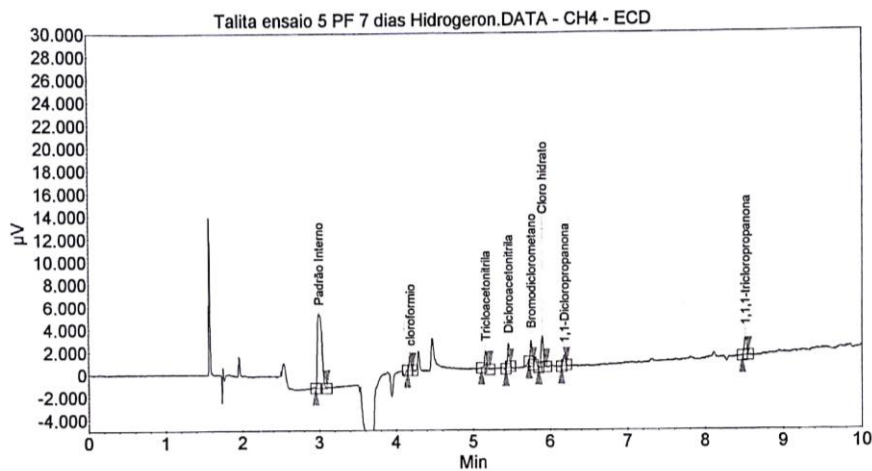
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	2.99	0.00	5.230	26295.1	7548.2
cloroformio	4.17	1318.15	12.249	61585.4	38729.3
Tricloroacetona	5.16	15.19	2.216	11140.7	6030.2
Dicloroacetona	5.45	55.21	3.451	17349.5	10109.0
Bromodiolometano	5.71	17.03	1.758	8841.4	5408.2
Cloro hidratado	5.89	968.46	66.711	335413.8	158178.2
Cloropicrina	7.31	32.97	5.625	28282.3	13935.0
1,1,1-tricloropropanona	8.51	49.06	2.760	13876.7	6405.5
Total		2456.06	100.000	502784.9	246243.5

Hipoclorito gerado *in loco* Tempo de contato: 30 minutos

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 3/8/2017 15:07:33
Processamento : 3/8/2017 15:21:52
Impressão : 3/8/2017 15:22:19



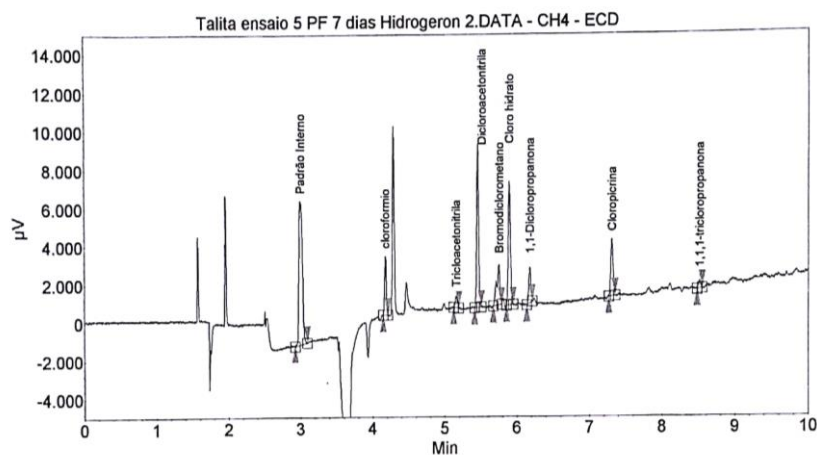
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	2.99	0.00	53.958	26586.2	6566.0
cloroformio	4.18	12.32	4.463	2199.2	1388.0
Tricloroacetnitrila	5.16	0.10	6.731	3316.5	1550.4
Dicloroacetnitrila	5.46	3.30	7.046	3471.5	2095.2
Bromodiclorometano	5.75	0.00	6.399	3152.7	2019.6
Cloro hidratado	5.90	10.46	11.646	5738.0	2721.5
1,1-Dicloropropanona	6.18	4.19	3.372	1661.4	902.3
1,1,1-tricloropropanona	8.52	5.70	6.386	3146.4	1496.4
Total		36.08	100.000	49271.9	18739.5

Hipoclorito gerado *in loco* Tempo de contato: 7 dias

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 3/8/2017 16:21:31
Processamento : 3/8/2017 16:36:00
Impressão : 3/8/2017 16:37:01



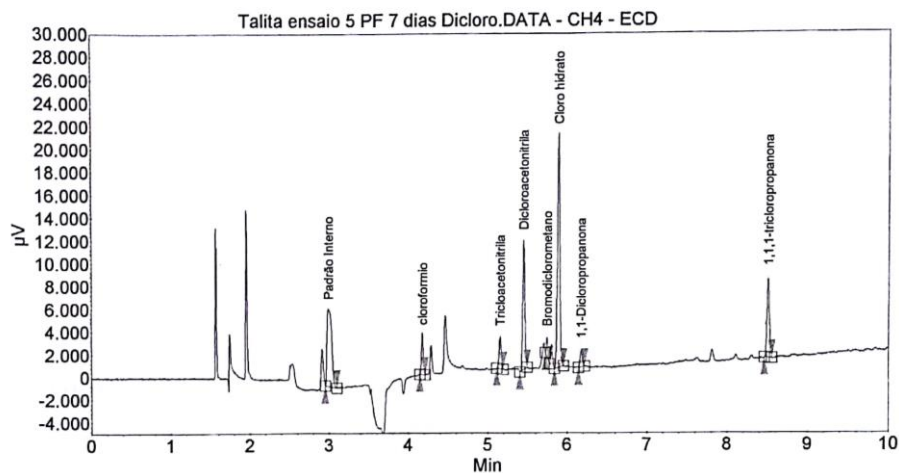
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	2.99	0.00	33.086	25160.4	7501.6
cloroformio	4.17	73.14	6.219	4729.1	3048.1
Tricloroacetnitrila	5.16	0.00	1.505	1144.7	583.6
Dicloroacetnitrila	5.46	49.80	20.005	15212.4	8552.3
Bromodiclorometano	5.75	8.27	8.064	6132.4	2109.8
Cloro hidratado	5.89	33.74	17.222	13096.6	6481.4
1,1-Dicloropropanona	6.18	18.96	4.661	3544.5	1883.1
Cloropicrina	7.31	1.35	8.136	6187.1	2961.3
1,1,1-tricloropropanona	8.52	0.00	1.101	837.3	395.1
Total		185.27	100.000	76044.5	33516.4

Dicloroisocianurato de sódio
Tempo de contato: 30 minutos

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 3/8/2017 13:54:07
Processamento : 3/8/2017 14:07:18
Impressão : 3/8/2017 14:07:51



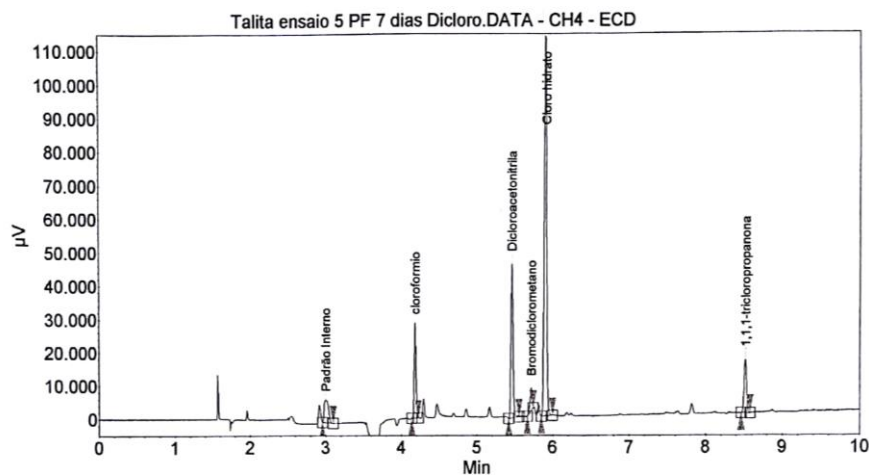
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]	
Padrão Interno	2,99	0,00	23,009	27806,4	6840,3	
cloroformio	4,18	79,28	4,569	5521,6	3653,4	
Tricloroacetona	5,15	3,74	4,529	5473,1	2800,8	
Dicloroacetona	5,45	61,38	16,629	20096,1	11403,7	
Bromodiclorometano	5,75	0,00	1,846	2230,8	1663,5	
Cloro hidratado	5,89	110,11	34,977	42270,3	20568,2	
1,1-Dicloropropanona	6,17	10,42	2,198	2856,3	1431,0	
1,1,1-tricloropropanona	8,51	49,52	12,244	14797,2	6878,4	
Total			314,45	100,000	120851,8	55239,3

Dicloroisocianurato de sódio
Tempo de contato: 7 dias

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 3/8/2017 15:56:41
Processamento : 3/8/2017 16:14:24
Impressão : 3/8/2017 16:16:26



Resultados de Picos :

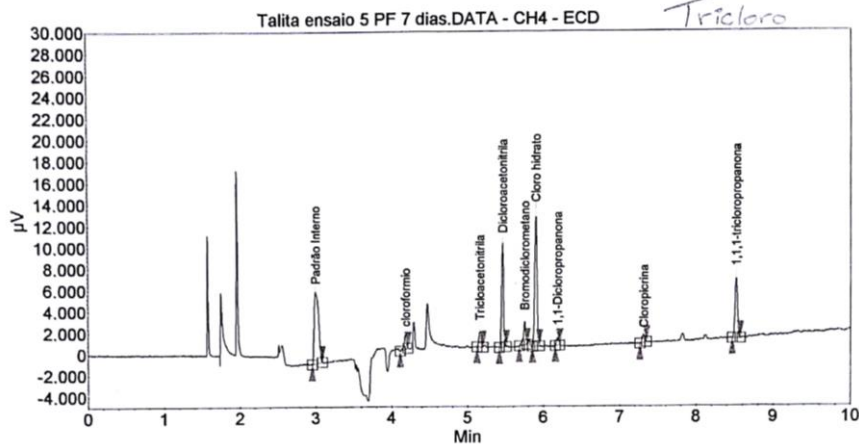
Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]	
Padrão Interno	3,00	0,00	6,000	26699,1	6673,7	
cloroformio	4,18	936,23	10,088	44888,7	28392,9	
Dicloroacetona	5,46	304,53	19,211	85482,2	46435,9	
Bromodiclorometano	5,71	29,12	2,784	12389,3	6795,5	
Cloro hidratado	5,90	683,59	54,164	241009,5	113327,3	
1,1,1-tricloropropanona	8,52	130,00	7,753	34496,5	15796,0	
Total			2083,47	100,000	444965,3	217421,3

Ácido tricloroisocianúrico

Tempo de contato: 30 minutos

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 3/8/2017 13:29:10
Processamento : 3/8/2017 13:42:20
Impressão : 3/8/2017 13:43:42



Resultados de Picos :

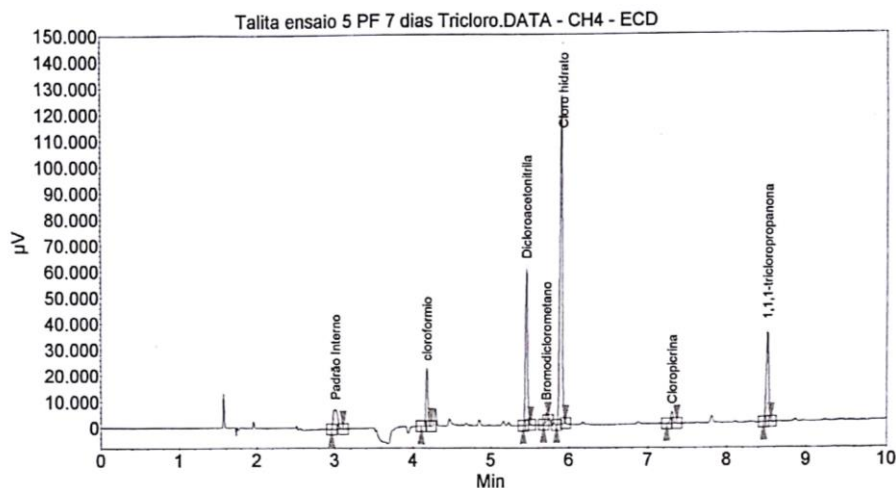
Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,00	0,00	28,653	27115,9	6744,8
clorofórmio	4,18	22,98	2,899	2743,4	1476,3
Tricloroacetona	5,16	0,00	3,038	2874,8	1422,8
Dicloroacetona	5,46	51,99	17,964	16999,6	9727,9
Bromodiclorometano	5,75	1,86	5,041	4770,9	2222,5
Cloro hidratado	5,90	64,04	26,280	24869,4	11982,9
1,1-Dicloropropanona	6,18	0,66	1,253	1185,7	691,6
Cloropicrina	7,31	0,00	1,718	1625,5	714,0
1,1,1-tricloropropanona	8,52	41,79	13,155	12448,8	5598,5
Total		183,31	100,000	94634,0	40581,3

Ácido tricloroisocianúrico

Tempo de contato: 7 dias

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 3/8/2017 15:32:33
Processamento : 3/8/2017 15:44:09
Impressão : 22/1/2018 16:18:10

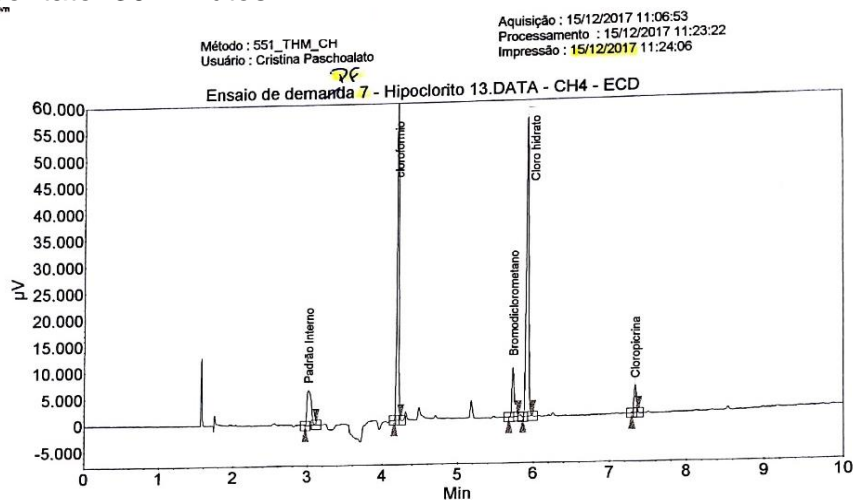


Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [µg/L]	Area % [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3,00	0,00	5,915	30522,2	7548,4
clorofórmio	4,18	644,49	6,959	35909,3	22202,9
Dicloroacetona	5,45	326,61	20,270	104592,2	59812,1
Bromodiclorometano	5,70	1,66	1,028	5306,1	3484,5
Cloro hidratado	5,89	634,93	49,628	256079,1	126036,1
Cloropicrina	7,30	5,13	2,041	10531,2	4601,2
1,1,1-tricloropropanona	8,51	246,65	14,158	73056,8	33972,3
Total		1859,47	100,000	515997,0	257657,4

D3b – Cromatogramas da quantificação de SOH após os ensaios de Potencial de Formação de SOH após 30 minutos e após 7 dias para os quatro desinfetantes clorados para a ÁGUA 4

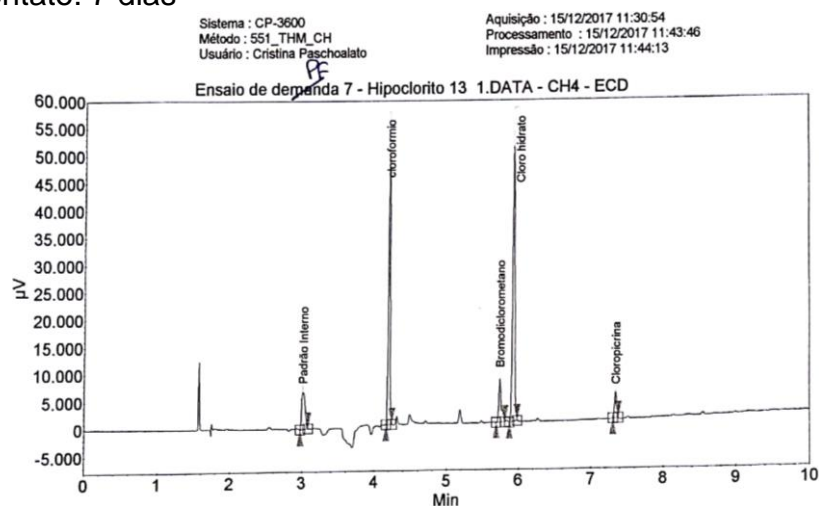
Hipoclorito de sódio
Tempo de contato: 30 minutos



Resultados de Picos :

Name	Time (Min)	Quantity (μg/L)	Area % (%)	Area (μV.Sec)	Height (μV)
Padrao Interno	3,01	0,00	9,370	26220,5	6493,7
cloroformio	4,20	2122,72	34,990	97911,5	61327,3
Bromodichlorometano	5,73	65,10	7,912	22139,4	9334,6
Cloro hidratado	5,92	351,48	43,848	122701,1	56101,4
Cloropicrina	7,33	7,76	3,879	10853,1	5221,1
Total		2547,06	100,000	279825,6	138478,2

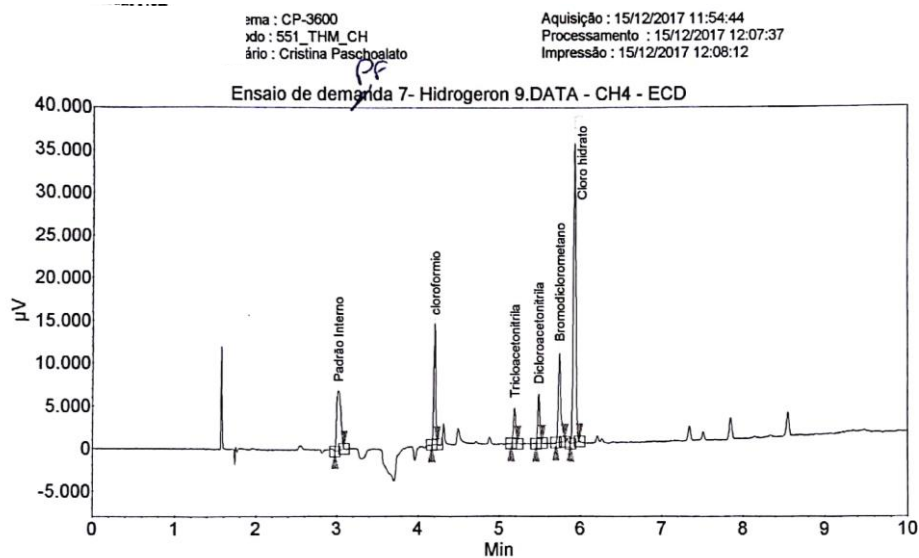
Hipoclorito de sódio
Tempo de contato: 7 dias



Resultados de Picos :

Name	Time (Min)	Quantity (μg/L)	Area % (%)	Area (μV.Sec)	Height (μV)
Padrao Interno	3,01	0,00	9,532	22307,9	6823,8
cloroformio	4,20	2044,21	34,301	80271,0	49661,9
Bromodichlorometano	5,74	64,89	8,027	18784,3	7971,5
Cloro hidratado	5,92	346,56	43,994	102955,4	50534,1
Cloropicrina	7,34	8,55	4,146	9701,6	4681,4
Total		2464,21	100,000	234020,2	119692,7

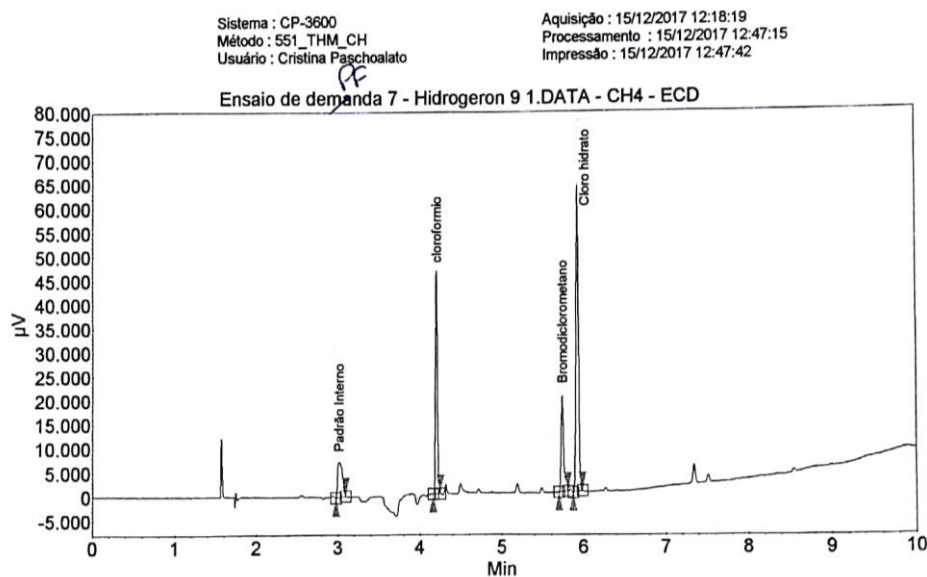
Hipoclorito gerado *in loco*
Tempo de contato: 30 minutos



Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [μV.Sec]	Height [μV]
Padrão Interno	3.01	0,00	15,269	24893.1	6976.2
cloroformio	4.20	479,69	13,610	22189.1	14122.9
Tricloroacetnitrila	5.19	9,83	4,847	7902.4	4088.7
Dicloroacetnitrila	5.48	30,81	6,275	10230.7	5738.4
Bromodichlorometano	5.74	74,32	14,380	23443.6	10437.5
Cloro hidratado	5.92	222,23	45,619	74373.7	35004.3
Total		816,87	100,000	163032.7	76368,0

Hipoclorito gerado *in loco*
Tempo de contato: 7 dias



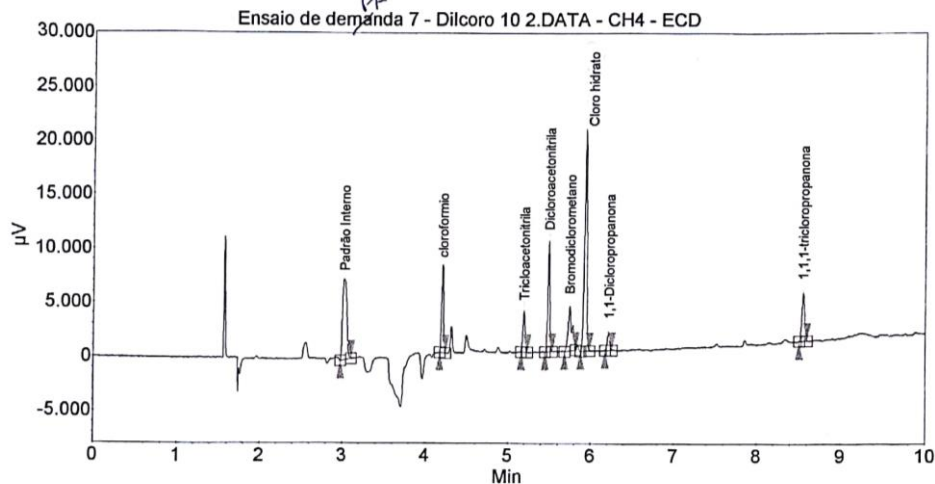
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [μV.Sec]	Height [μV]
Padrão Interno	3.01	0,00	10,646	29623.4	7230.7
cloroformio	4.20	1404,89	26,532	73826.1	46264.9
Bromodichlorometano	5.74	116,86	14,813	41216.1	19947.6
Cloro hidratado	5.92	338,47	48,008	133582.7	63673.6
Total		1860,22	100,000	278248.3	137116.8

Dicloroisocianurato de sódio
Tempo de contato: 30 minutos

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 15/12/2017 13:13:41
Processamento : 15/12/2017 13:25:12
Impressão : 15/12/2017 13:25:36



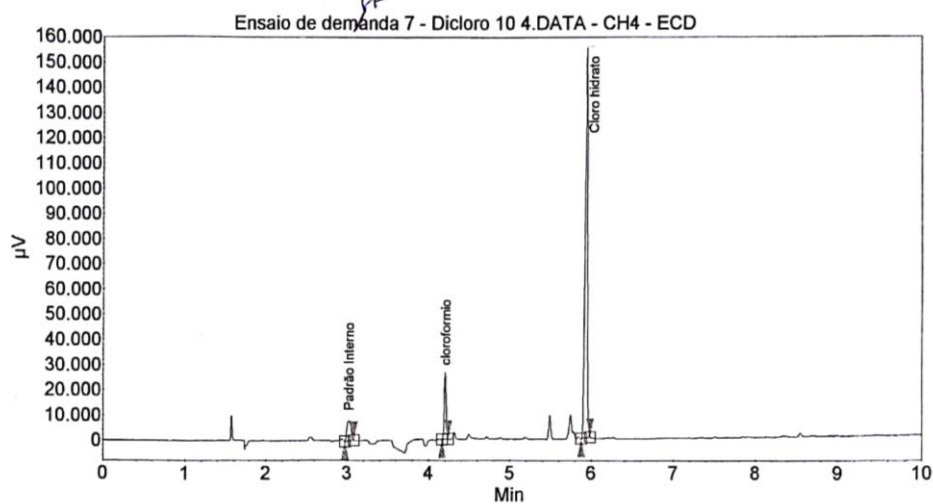
Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3.01	0,00	20,441	27118,2	7440,6
cloroformio	4.20	234,09	9,534	12648,7	8167,0
Tricloroacetoneitrila	5.19	7,14	5,402	7166,2	3769,8
Dicloroacetoneitrila	5.49	54,70	13,381	17752,1	10276,2
Bromodiclorometano	5.74	32,97	10,317	13686,7	4218,7
Cloro hidratado	5.93	110,40	31,151	41326,1	20449,7
1,1-Dicloropropanona	6.21	15,06	2,457	3259,2	1604,5
1,1,1-tricloropropanona	8.55	31,08	7,317	9707,6	4472,1
Total		485,44	100,000	132664,8	60398,5

Dicloroisocianurato de sódio
Tempo de contato: 7 dias

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 15/12/2017 14:01:07
Processamento : 15/12/2017 14:14:26
Impressão : 15/12/2017 14:14:58



Resultados de Picos :

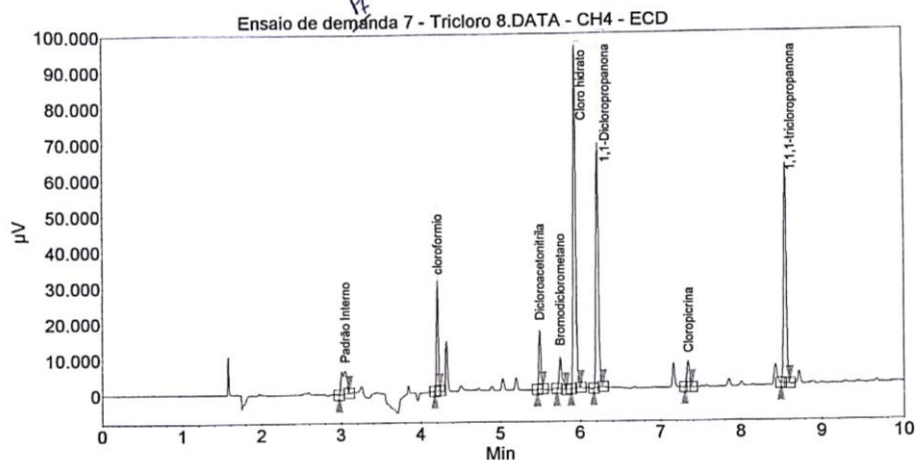
Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area [%]	Area [µV.Sec]	Height [µV]
Padrão Interno	3.02	0,00	7,356	28047,6	7920,4
cloroformio	4.20	824,68	10,948	41742,4	26583,3
Cloro hidratado	5.93	842,41	81,696	311492,9	154810,8
Total		1667,09	100,000	381283,0	189314,4

Ácido tricloroisocianúrico

Tempo de contato: 30 minutos

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 15/12/2017 14:28:04
Processamento : 15/12/2017 14:41:46
Impressão : 15/12/2017 14:42:04



Resultados de Picos :

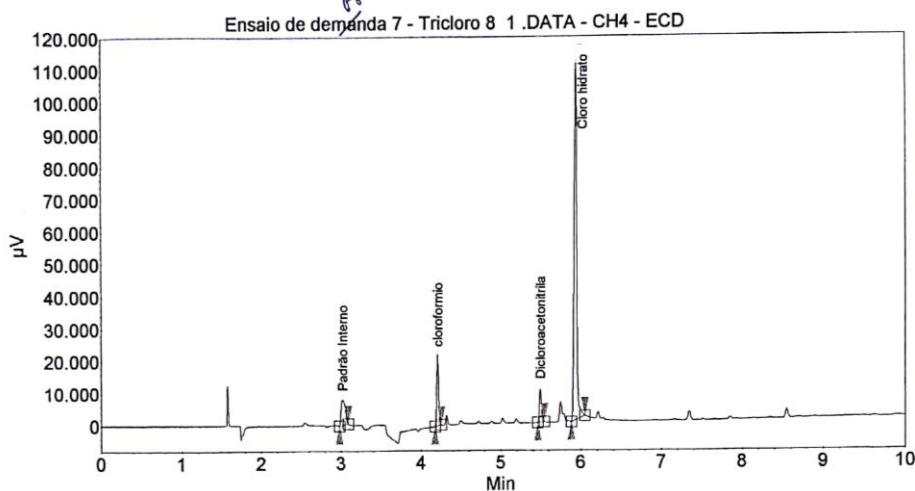
Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [μV.Sec]	Height [μV]
Padrão Interno	3,05	0,00	4,735	29871,5	6383,8
cloroformio	4,21	917,95	7,811	49277,4	30570,0
Dicloroacetnitrila	5,49	83,81	4,505	28419,1	16241,3
Bromodiclorometano	5,75	52,37	3,361	21202,6	8687,5
Cloro hidratato	5,93	519,20	32,552	205367,9	95407,2
1,1-Dicloropropanona	6,22	905,43	22,944	144752,8	68041,2
Cloropicrina	7,35	11,68	2,447	15438,1	7035,8
1,1,1-tricloropropanona	8,55	477,33	21,647	136567,5	61035,5
Total		2967,77	100,000	630896,9	293402,3

Ácido tricloroisocianúrico

Tempo de contato: 7 dias

Sistema : CP-3600
Método : 551_THM_CH
Usuário : Cristina Paschoalato

Aquisição : 15/12/2017 14:52:19
Processamento : 15/12/2017 15:03:47
Impressão : 15/12/2017 15:04:19



Resultados de Picos :

Name	Time [Min]	Quantity [ug/L]	Area % [%]	Area [μV.Sec]	Height [μV]
Padrão Interno	3,01	0,00	8,717	28281,5	7917,7
cloroformio	4,21	694,30	11,007	35711,0	22203,0
Dicloroacetnitrila	5,49	53,11	5,564	18054,1	10164,9
Cloro hidratato	5,93	648,77	74,712	242405,0	110328,9
Total		1396,19	100,000	324451,7	150614,6