

UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS NATURAIS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental

**AVALIAÇÃO DOS COAGULANTES TANFLOC EM COMPARAÇÃO
AOS COAGULANTES INORGÂNICOS A BASE DE ALUMÍNIO NO
TRATAMENTO DE ÁGUA**

RIBEIRÃO PRETO
2015

ANA PAULA DOS SANTOS BOMFIM

**AVALIAÇÃO DOS COAGULANTES TANFLOC EM COMPARAÇÃO
AOS COAGULANTES INORGÂNICOS A BASE DE ALUMÍNIO NO
TRATAMENTO DE ÁGUA**

Defesa apresentada no Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador(a): Profa. Dra. Angela Di Bernardo Dantas

RIBEIRÃO PRETO
2015

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

- Universidade de Ribeirão Preto -

B695a Bomfim, Ana Paula dos Santos, 1990-
Avaliação dos coagulantes Tanfloc em comparação aos
coagulantes inorgânicos a base de alumínio no tratamento de
água / Ana Paula dos Santos Bomfim. - - Ribeirão Preto, 2015.
192 f.: il.

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

Dissertação (mestrado) - universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2015.

1. Água. 2. Tratamento de Água. 3. Sulfato de alumínio.
I. Título.

CDD 628

ANA PAULA DOS SANTOS BOMFIM

“Avaliação dos coagulantes Tanfloc em comparação aos coagulantes inorgânicos a base de alumínio no tratamento de água”

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 de defesa: 11 de maio de 2015

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Angela Di Bernardo Dantas
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP
Orientadora

Prof.^a Dr.^a. Elisabete Frolini
Instituto de Química de São Carlos – IQSC-USP

Prof.^a Dr.^a. Cristina Filomena Pereira Rosa
Paschoalato
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP

RIBEIRÃO PRETO
2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Maria Helena e Antonio, por todo apoio e dedicação nos momentos de dificuldade e por todo o empenho prestado ao longo dessa trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por guiar os meus passos.

Aos meus pais Antonio e Maria Helena, por não medirem esforços em me apoiar ao longo do meu mestrado.

Aos meus irmãos Juliano dos Santos Bomfim e Leonardo dos Santos Bomfim, por estarem sempre ao meu lado me aconselhando em minhas decisões.

Ao meu namorado Ricardo Augusto Prodóssimo, por sempre me apoiar e me auxiliar em meus momentos de dificuldade.

À Prof. Dra. Angela Di Bernardo Dantas, por todo aprendizado e orientação e pela confiança depositada em mim.

À Prof. Dra. Cristina Paschoalato, pela oportunidade a mim concedida, pelos ensinamentos e experimentos realizados.

Aos estagiários e colaboradores do Laboratório de Recursos Hídricos da UNAERP, que tanto auxiliaram na execução desse projeto: Mateus, Bruno, Renan, Juliana, entre outros.

À empresa TANAC, pela oportunidade e incentivo financeiro à pesquisa, sem a qual não poderia ter realizado esse projeto.

À todos os amigos e colegas que estiveram junto a mim nessa caminhada e torceram pela minha conquista.

RESUMO

A água presente na natureza geralmente necessita passar por processos físico-químicos para se tornar potável para o consumo humano. Nestes processos, a etapa de coagulação em uma estação de tratamento de água (ETA) exerce papel fundamental no que se diz respeito à qualidade da água, podendo comprometer as etapas consequentes do processo, caso seja realizada inadequadamente. As ETAs que usam sais de ferro ou de alumínio como coagulantes geram resíduos com elevadas concentrações de metais pesados em sua composição, dificultando à sua disposição final. Uma alternativa aos coagulantes inorgânicos a base de alumínio e ferro seria o uso de coagulantes orgânicos, que tem como vantagem a não toxicidade, a biodegradabilidade e a redução da concentração de metais pesados lodo gerado nas ETAs. O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de coagulantes orgânicos a base de tanino (Tanfloc SL e Tanfloc SG) no tratamento de água, e comparar os resultados obtidos àqueles obtidos com os coagulantes a base de alumínio (Sulfato de alumínio e PAC – hidróxi cloreto de alumínio). Para isso, foi preparada uma água sintética em laboratório, de modo a simular uma água de um manancial superficial na época de chuvas. Foram realizados ensaios em Jarreste, variando-se as condições de mistura rápida e de floculação, e avaliadas as qualidades das águas decantada e filtrada, a demanda de cloro na desinfecção, a remoção de carbono orgânico total (COT) e a formação de subprodutos organo halogenados (SOH), tendo como referência os padrões de potabilidade da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. O coagulante Tanfloc SL e o SG apresentaram a mesma eficiência em remoção de turbidez, entretanto as dosagens utilizadas foram até 92% menores, em relação às dosagens de Sulfato de Alumínio e até 86% menores em relação as dosagens de PAC. Por serem constituídos de macromoléculas orgânicas, as concentrações de COT na água filtrada resultaram maiores quando usados os coagulantes Tanfloc SL e o SG. Os consumos de cloro na desinfecção, quando aplicadas dosagens elevadas de Tanfloc SL e SG, foram em torno de 100% maior em relação aos consumos obtidos quando usados o Sulfato de Alumínio e o PAC. Nas amostras de água filtrada obtidas com o uso dos 4 coagulantes estudados e submetidas à desinfecção com cloro, as concentrações de trihalometanos e de ácidos haloacéticos não excederam os limites estabelecidos pela Portaria 2914/2011. Foram verificadas diferenças significativas no desempenho dos coagulantes Tanfloc com o PAC e Sulfato de Alumínio em função das condições de mistura rápida e de floculação, e foi observada maior resistência dos flocos formados quando do uso dos coagulantes orgânicos. Foram levantados os custos de aquisição dos produtos químicos para as condições de coagulação selecionadas no estudo, e concluiu-se que o Tanfloc SL se torna competitivo com os sais de alumínio desde que aplicado com a dosagem mínima para a coagulação eficiente. Os resultados obtidos indicam o potencial do uso dos coagulantes Tanfloc SL e SG no tratamento de água, principalmente levando-se em consideração os benefícios ambientais da geração de lodo sem quantidades expressivas de alumínio.

Palavras-chave: Água. Tratamento de Água. Tanfloc. Coagulação. Subprodutos organo halogenados. Sulfato de Alumínio. Tanino.

ABSTRACT

The water present in nature usually need to undergo physical and chemical processes to be made safe for human consumption. In these processes, the coagulation step in a water treatment plant (WTP) exercises a fundamental role as regards to water quality and could jeopardize the consequent stages of the process, if performed improperly. The WTPs using iron or aluminum salts as coagulants generate waste with high concentrations of heavy metals in its composition, hindering its final disposal. An alternative to inorganic coagulants aluminum and iron base would be the use of organic coagulants which have the advantage of non-toxicity, biodegradability and reducing the concentration of heavy metals in the sludge from water treatment plants. This study aimed to evaluate the performance of organic coagulants tannin base (Tanfloc SL and Tanfloc SG) in the treatment of water, and compare the results to those obtained with coagulants aluminum base (aluminum sulfate and CAP - hydroxy aluminum chloride). For this, a synthetic water was prepared in the laboratory in order to simulate a surface of a water source in the rainy season. Assays were performed in Jarrest, varying the conditions of rapid mixing and flocculation, and measured qualities of decanted and filtered water, the chlorine demand of the disinfection, removal of total organic carbon (TOC) and the formation of organotin by-products halogenated (SOH), with reference to the potability standards of Rule 2914/2011 of the Ministry of Health. The Tanfloc SL coagulant and the SG had the same efficiency in removing turbidity, however the dosages used were up to 92% lower compared the aluminum sulphate dosage and up to 86% lower compared to PAC dosages. Because they are made up of organic macromolecules, the TOC concentrations in filtered water resulted greater when used coagulants Tanfloc SL and SG. The consumption of chlorine in disinfecting, when applied in high dosages of Tanfloc SL and SG, were about 100% higher compared to consumption obtained when the used aluminum sulfate and the CAP. The filtered water samples obtained from the use of the 4 studied coagulants and subjected to disinfection with chlorine concentrations of trihalomethanes and haloacetic acids did not exceed the limits established by Rule 2914/2011. There were significant differences in the performance of coagulants Tanfloc with CAP and aluminum sulfate in terms of rapid mixing conditions and flocculation and the highest resistance of flakes formed when the use of organic coagulants. They were collected acquisition costs of chemicals for coagulation conditions selected in the study and found that the Tanfloc SL becomes competitive with the aluminum salts since applied with the minimum dose for efficient coagulation. The results indicate the potential use of coagulants Tanfloc SL and SG in water treatment, especially taking into account the environmental benefits of the generation of sludge without significant amounts of aluminum.

Keywords: Water. Water treatment. Tanfloc. Clotting. Halogenated organo-products. Aluminum sulfate. Tannin.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	21
2 OBJETIVO	23
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3 REVISÃO DA LITERATURA	24
3.1 CONCEITOS GERAIS SOBRE AS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA	24
3.1.1 Ciclo completo	24
3.1.2 Filtração direta descendente (FDD)	25
3.1.3 Filtração direta ascendente (FDA)	25
3.1.4 Dupla filtração (DF)	26
3.1.5 Floto-filtração (FF)	26
3.2 COAGULAÇÃO	27
3.2.1 Compressão da dupla camada elétrica	28
3.2.2 Adsorção e neutralização de carga	29
3.2.3 Varredura	29
3.2.4 Adsorção e formação de pontes	30
3.3 COAGULANTES E POLÍMEROS NATURAIS NO TRATAMENTO DE ÁGUA	31
3.4. USO DO TANFLOC NO TRATAMENTO DE ÁGUA	32
Fonte: TANAC	33
3.4.1 Lodo gerado nas ETAs	33
3.4.2 Remoção de metais pesados	34
3.4.3 Remoção de turbidez	34
3.5 OXIDAÇÃO E DESINFECÇÃO	36
3.5.1 Subprodutos da desinfecção	37
3.6 LEGISLAÇÃO	38
4 METODOLOGIA	40
4.1 EQUIPAMENTOS, PRODUTOS QUÍMICOS E PARÂMETROS DE CONTROLE	40
4.2 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE ESTUDO	44
4.2.1 Caulinita	45
4.2.2 Solução de Ácido Húmico	46

4.2.3	Preparo e caracterização da Água de estudo	47
4.3.1	Ensaio para definição das condições de coagulação com os quatro tipos de coagulantes	48
4.3.2	Ensaio para avaliação da remoção de COT	52
4.3.3	Avaliação do consumo de cloro e da formação de subprodutos orgânicos halogenados na etapa de desinfecção com cloro nas condições otimizadas de coagulação para cada coagulante	56
4.3.5	Verificação da influência das condições de floculação	63
4.4	ENSAIOS ADICIONAIS PARA VERIFICAÇÃO DA FORMAÇÃO DE CLORO COMBINADO	67
4.5	ESTIMATIVA DE CUSTOS	67
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE ESTUDO	69
5.2	RESULTADOS DOS ENSAIOS DE BANCADA	70
5.2.1	Resultados dos ensaios para definição das condições de coagulação	70
5.2.2	Resultados dos ensaios para avaliação da remoção de COT	84
5.2.3	Resultados do consumo de cloro e da formação de subprodutos orgânicos halogenados na etapa de desinfecção com cloro nas condições otimizadas de coagulação para cada coagulante	86
5.2.4	Resultados da verificação da influência das condições de mistura rápida	106
5.2.5	Resultados para verificação da influência das condições de floculação	119
5.3	RESULTADO DOS ENSAIOS ADICIONAIS PARA VERIFICAÇÃO DA FORMAÇÃO DE CLORO COMBINADO	131
5.4	RESULTADOS DA ESTIMATIVA DE CUSTOS	133
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	136
	REFERÊNCIAS	139
	APÊNDICE A	143
	APÊNDICE B	159
	APÊNDICE C	164
	APÊNDICE D	173
	APÊNDICE E	187

APÊNDICE F

201

ANEXO 1

203

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Condições para a coagulação através da adsorção e neutralização de carga e da varredura, quando utilizado o Sulfato de Alumínio	30
Figura 2. Mecanismo de coagulação de adsorção e formação de pontes	31
Figura 3. Estrutura química do Tanfloc	33
Figura 4. Fluxograma das etapas realizadas durante o estudo dos coagulantes	40
Figura 5. Cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons	41
Figura 6. Analisador de Carbono Orgânico Total TOC-L	42
Figura 7. Caulinita em pó	45
Figura 8. Preparo de uma amostra da suspensão de caulinita	46
Figura 9. Exemplo do processo de sifonação aplicado	46
Figura 10. Água de estudo preparada	47
Figura 11. Definição das condições de coagulação para cada coagulante	49
Figura 12. Variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo de ensaio para a primeira etapa	51
Figura 13. Equipamento jarteste utilizado nos ensaios	51
Figura 14. Amostras de água decantada para leitura de cor aparente e turbidez	52
Figura 15. Avaliação da remoção de COT nas condições otimizadas para cada coagulante estudado	53
Figura 16. Variação da rotação das paletas do equipamento jarteste em função do tempo de ensaio para a segunda etapa	55
Figura 17. Etapa de filtração da água decantada	55
Figura 18. Frascos utilizados para a leitura de COT	56
Figura 19. Avaliação da formação de SOH e do consumo de cloro na etapa de desinfecção com as condições otimizadas em cada coagulante	57
Figura 20. Fracos para a coleta de água filtrada	58
Figura 21. Verificação da influência das condições de mistura rápida para cada coagulante	59
Figura 22. Variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo de ensaio para a quarta etapa	62
Figura 23. Etapa de mistura rápida durante o ensaio	62
Figura 24. Verificação da influência das condições de floculação para cada coagulante	63

Figura 25. Variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo de ensaio para a quinta etapa	66
Figura 26. Variação do tempo de floculação através do levantamento das paletas	67
Figura 27. Influência da dosagem da solução de ácido húmico em relação ao COT da água filtrada	70
Figura 28. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SL	72
Figura 29. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SL	72
Figura 30. Cor aparente da Água Am. I decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SL	73
Figura 31. Cor aparente da Água Am. I decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SL	73
Figura 32. Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SG	75
Figura 33. Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SG	75
Figura 34. Cor aparente da Água Am. II decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SG	76
Figura 35. Cor aparente da Água Am. II decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SG	76
Figura 36. Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com vel. de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Sulfato de Alumínio	78
Figura 37. Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com vel. de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Sulfato de Alumínio	78
Figura 38. Cor aparente da Água Am. III decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Sulfato de Alumínio	79
Figura 39. Cor aparente da Água Am. III decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Sulfato de Alumínio	79
Figura 40. Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de PAC	81
Figura 41. Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de PAC	81

Figura 42. Cor aparente da Água Am. IV decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de PAC	82
Figura 43. Cor aparente da Água Am. IV decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de PAC	82
Figura 44. Concentração de COT da água filtrada em relação às dosagens de cada coagulante estudado	86
Figura 45. Cloro residual livre e COT presentes na Água Am. I após tratamento, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SL em diferentes dosagens	89
Figura 46. THM formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. I, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SL em diferentes dosagens	90
Figura 47. AHA formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. I, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SL em diferentes dosagens	91
Figura 48. Cloro residual livre e COT presentes na Água Am. II após tratamento, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SG em diferentes dosagens	93
Figura 49. THM formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. II, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SG em diferentes dosagens	94
Figura 50. AHA formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. II, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SG em diferentes dosagens	95
Figura 51. Cloro residual livre e COT presentes na Água Am. III após tratamento, utilizando-se como coagulante o Sulfato de Alumínio em diferentes dosagens	97
Figura 52. THM formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. III, utilizando-se como coagulante o Sulfato de Alumínio em diferentes dosagens	98
Figura 53. AHA formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. III, utilizando-se como coagulante o Sulfato de Alumínio em diferentes dosagens	99
Figura 54. Cloro residual livre e COT presentes na Água Am. IV após tratamento, utilizando-se como coagulante o PAC em diferentes dosagens	101
Figura 55. THM formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. IV, utilizando-se como coagulante o PAC em diferentes dosagens	102
Figura 56. AHA formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. IV, utilizando-se como coagulante o PAC em diferentes dosagens	103
Figura 57. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com $V_{s1} = 3,0$ cm/min (coagulada com Tanfloc SL) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $G_f = 25$ s ⁻¹ e $T_f = 20$ min	107

- Figura 58.** Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com Tanfloc SL) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min 108
- Figura 59.** Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Tanfloc SG) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min 110
- Figura 60.** Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com Tanfloc SG) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min 111
- Figura 61.** Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Sulfato de Alumínio) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min 113
- Figura 62.** Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com Sulfato de Alumínio) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min 114
- Figura 63.** Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com PAC) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min 116
- Figura 64.** Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com PAC) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min 117
- Figura 65.** Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Tanfloc SL) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000$ s⁻¹ e $Tmr = 10$ s 119
- Figura 66.** Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com Tanfloc SL) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000$ s⁻¹ e $Tmr = 10$ s 120
- Figura 67.** Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Tanfloc SG) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000$ s⁻¹ e $Tmr = 10$ s 122
- Figura 68.** Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com Tanfloc SG) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000$ s⁻¹ e $Tmr = 10$ s 123

- Figura 69.** Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com $V_{s1} = 3,0$ cm/min (coagulada com Sulfato de Alumínio) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $G_{mr} = 1000$ s⁻¹ e $T_{mr} = 10$ s 125
- Figura 70.** Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com $V_{s1} = 1,5$ cm/min (coagulada com Sulfato de Alumínio) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $G_{mr} = 1000$ s⁻¹ e $T_{mr} = 10$ s 126
- Figura 71.** Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com $V_{s1} = 3,0$ cm/min (coagulada com PAC) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $G_{mr} = 1000$ s⁻¹ e $T_{mr} = 10$ s 128
- Figura 72.** Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com $V_{s1} = 1,5$ cm/min (coagulada com PAC) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $G_{mr} = 1000$ s⁻¹ e $T_{mr} = 10$ s 129
- Figura 73.** Cloro residual livre e cloro total presentes na amostra de água coagulada com Tanfloc SL, em diferentes dosagens de hipoclorito de sódio e após 30 minutos de tempo de contato 131
- Figura 74.** Cloro residual livre e cloro total presentes na amostra de água coagulada com Tanfloc SG, em diferentes dosagens de hipoclorito de sódio e após 30 minutos de tempo de contato 132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais vantagens e desvantagens dos oxidantes utilizados no tratamento de água	37
Quadro 2. Relação de equipamentos utilizados	41
Quadro 3. THM analisados com base nos métodos 551.1	43
Quadro 4. AHA analisados com base nos métodos 552.2 e 552.3	43
Quadro 5. Concentração e preparo dos produtos químicos e reagentes	44
Quadro 6. Parâmetros avaliados na caracterização das águas de estudo	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores estabelecidos como parâmetros pela Portaria 2914/2011 para avaliar a qualidade da água destinada ao consumo humano utilizados nesse estudo	39
Tabela 2. Percentual de remoção de COT a fim de diminuir a formação de subprodutos da desinfecção	39
Tabela 3. Parâmetros físico-químicos, unidades, métodos de medição e limites de detecção	42
Tabela 4. Parâmetros de programação do jarteste e ações cronometradas da primeira etapa	50
Tabela 5. Parâmetros de programação do jarteste e ações cronometradas da segunda etapa	54
Tabela 6. Parâmetros de programação do jarteste e ações cronometradas da quarta etapa	61
Tabela 7. Parâmetros de programação do jarteste e ações cronometradas da quinta etapa	64
Tabela 8. Caracterização físico-química da suspensão de caulinita e das amostras das águas de estudo	69
Tabela 9. Pontos escolhidos para os coagulantes estudados.	84
Tabela 10. Avaliação de remoção de COT pontos escolhidos	85
Tabela 11. Pontos escolhidos para esta etapa do estudo.	88
Tabela 12. Ensaio realizado com água purificada, em diferentes dosagens de hipoclorito de sódio e após 30 minutos de tempo de contato	133
Tabela 13. Custos unitários de mercado dos produtos químicos investigados na coagulação das amostras da água de estudo	133
Tabela 14. Consumos e custos de aquisição dos produtos químicos para a coagulação da água de estudo – pontos de dosagem otimizada de coagulante	134
Tabela 15. Consumos e custos de aquisição dos produtos químicos para a coagulação da água de estudo – pontos de dosagem mínima de coagulante	134

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Água Am. I	Água amostra I
Água Am. II	Água amostra II
Água Am. III	Água amostra III
Água Am. IV	Água amostra VI
AHA	Ácidos haloacéticos
COT	Carbônico Orgânico Total
DF	Dupla filtração
DPD	N,N-Dietil-P-Phenilenodiamina
ETA	Estação de Tratamento de água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FDA	Filtração direta ascendente
FDD	Filtração direta descendente
FF	Floto-filtração
FLA	Filtros de areia de laboratório
Gf	Gradiente de floculação
Gmr	Gradiente de mistura rápida
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAC	Hidroxi cloreto de alumínio
pH	Potencial hidrogeno-iônico
PVC	Policloreto de polivinil
SOH	Subproduto organo-halogenado
Tf	Tempo de floculação
THM	Trihalometanos
Tmr	Tempo de mistura rápida
Ts1	Tempo de sedimentação 1
Ts2	Tempo de sedimentação 2
TTHM	Total de Trihalometano

UNAERP	Universidade de Ribeirão Preto
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
Vs1	Velocidade de sedimentação 1
Vs2	Velocidade de sedimentação 2

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

%	Porcentagem
µg/L	Microgramas por litro
cm/min	Centímetros por minuto
g/L	Gramas por litro
h	Horas
m/m	Massa por massa
m/v	Massa por volume
m ³	Metros cúbicos
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
mg CaCO ₃ /L	Miligramas de Carbonato de Cálcio por litro
mg/L	Miligramas por litro
min	Minutos
R\$/m ³	Reais por metro cúbico
R\$/mês	Reais por mês
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
uH	Unidade <i>Hazen</i> (mgPt-Co/L)
uT	Unidades de turbidez
UV 254 nm	Absorbância na região ultravioleta em comprimento de onda 254 nanômetros

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A água é de total importância à vida de qualquer organismo vivo, entretanto, devido ao aumento populacional e, conseqüentemente a industrialização, a redução do nível de mananciais subterrâneos e superficiais vem sendo cada vez mais acelerada, isso faz com que novos processos e tecnologias sejam essenciais para que haja água de qualidade para o consumo humano.

A etapa de coagulação em uma estação de tratamento de água (ETA) é essencial para a qualidade da água filtrada produzida; se realizada inadequadamente, pode gerar efluente com qualidade insatisfatória (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011). Sais de ferro e alumínio são comumente utilizados neste processo para neutralizar as cargas das impurezas presentes na água bruta.

O alumínio pode estar presente mesmo na água bruta, porém em baixas concentrações. Entretanto a água tratada pode apresentar residuais de alumínio devidos aos sais de alumínio utilizados como coagulante, e sua concentração irá depender, entre outros fatores, das condições da água bruta, da tecnologia da ETA, da dosagem de coagulante utilizada e do pH de coagulação. Em grandes concentrações, o alumínio pode causar incrustações nas paredes internas das redes de distribuição de água, devido à formação de precipitados devido à correção do pH da água filtrada (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

É válido ressaltar os problemas de saúde relacionados ao alumínio. Segundo a OMS (1996) em estudos realizados no Reino Unido, houve um aumento de 50% na incidência do mal de Alzheimer em pessoas que ingeriam água com concentrações de alumínio superiores a 0,01 mg/L. Algumas pesquisas também revelaram que na falta de cálcio e magnésio, o alumínio pode ser absorvido pelos neurônios, o que acarretaria o mal de Parkinson (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

Além da qualidade da água para consumo humano, os resíduos gerados nos decantadores e nas lavagens dos filtros das ETAs também são uma preocupação, visto que necessitam de disposição adequada. O excesso de metais pesados provenientes da coagulação com sais de alumínio tornam esses resíduos mais tóxicos e ambientalmente problemáticos.

Uma das alternativas para a coagulação é a utilização de compostos orgânicos. Algumas vantagens deles em relação ao Sulfato de Alumínio podem ser destacadas: tais como a sua biodegradabilidade, a não toxicidade e menor quantidade e menor concentração de metais no lodo gerado nas ETAs (MORAES *et al.*, 2007).

Dentre os coagulantes orgânicos naturais, destacam-se os derivados do tanino. Moraes et al. (2007), Piantá (2008), Heredia e Martín (2008), entre outros pesquisadores relataram casos de sucesso deste coagulante na remoção de metais, redução da toxicidade da água e atuação em ampla faixa de pH (4,5 a 8,0).

A comparação dos coagulantes orgânicos à base de tanino com os sais de alumínio em termos de eficiência na sedimentação e desinfecção, além da avaliação da influência dos parâmetros da mistura rápida e da floculação na eficiência destes coagulantes, são desconhecidos na literatura. Espera-se que o presente trabalho possa contribuir para potencializar o uso dos taninos no tratamento de água, em vistas dos seus benefícios ambientais.

Este trabalho tem como principal objetivo avaliar a tratabilidade da água sintética produzida com turbidez elevada e baixa cor, utilizando coagulantes orgânicos derivados do tanino – Tanfloc SL e Tanfloc SG, e comparar com os resultados obtidos com Sulfato de Alumínio e Hidroxi Cloreto de Alumínio (PAC).

2 OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo geral a avaliação e comparação do desempenho dos coagulantes Tanfloc SL, Tanfloc SG, Sulfato de Alumínio e ao Hidroxi Cloreto de Alumínio (PAC), utilizando-se água sintética com turbidez elevada e baixa cor.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram:

- preparo as água de estudo;
- construção e comparação dos diagramas de coagulação de remoção de turbidez e de cor aparente com os coagulantes Tanfloc SL, Tanfloc SG, Sulfato de Alumínio e PAC;
- avaliação e comparação de desempenho na remoção de COT, no consumo de cloro e na formação de subprodutos orgânicos halogenados após desinfecção com cloro, entre os coagulantes estudados;
- avaliação da influência das condições de mistura rápida e de floculação com os coagulantes Tanfloc SL e SG, Sulfato de Alumínio e PAC;
- estimativa e comparação dos custos dos produtos químicos estudados no presente projeto.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Em grande período do ano, alguns mananciais superficiais podem apresentar qualidade caracterizada como utilizável para o abastecimento humano, de acordo com a Portaria 357/2005. Porém, em certos períodos, podem ocorrer alterações na bacia hidrográfica que, de acordo com a mesma portaria, tornem a água imprópria.

Por isso, é fundamental que a tecnologia e os produtos utilizados no tratamento da água estejam diretamente associados à qualidade da água bruta em qualquer época do ano. Muitas vezes, a escolha da tecnologia e dos produtos a serem utilizados depende de ensaios realizados em laboratório ou em estação piloto. A escolha destes dois parâmetros deve levar em consideração o menor custo de operação, porém, considerando também a segurança na produção de água potável, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011).

3.1 CONCEITOS GERAIS SOBRE AS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O conhecimento da qualidade da água bruta é de grande importância para a pré-seleção das tecnologias de tratamento de água, e que, certamente cada tipo de água e tecnologia empregada irá gerar um tipo de lodo, em quantidade e qualidade distintas (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011).

3.1.1 Ciclo completo

Nesta tecnologia, também denominada tratamento convencional, a água bruta é coagulada por sais de alumínio ou de ferro, geralmente, por um mecanismo chamado de varredura, ocorrendo a formação de precipitados do metal coagulante que aprisionam as impurezas contidas na água bruta. A coagulação é realizada na unidade de mistura rápida, podendo ser hidráulica, mecanizada ou especial, dependendo das condições de operação e manutenção da ETA e das características da água a ser tratada (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Após a etapa de coagulação, esta água segue para a etapa de mistura lenta, denominada floculação, a qual necessita de um tempo necessário para que as partículas coaguladas colidam e formem flocos com tamanho e massa específica suficientes para que

possam sedimentar (nos decantadores) ou flotar (nos flotores) (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

Em seguida, esta água é encaminhada para os filtros com escoamento descendente, onde são retidos os flocos que não atingiram as condições para sedimentar ou flotar. As unidades filtrantes contêm materiais granulares, que apresentam granulometria apropriada, como areia ou antracito e areia. Estes filtros devem ser lavados periodicamente, utilizando água ou ar e água, dependendo das características empregadas na ETA (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

3.1.2 Filtração direta descendente (FDD)

A filtração é uma importante barreira sanitária que precede a desinfecção, sendo assim representa a etapa principal de um ETA, para que a água produzida seja de qualidade e atenda as normas de potabilidade (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

A filtração direta descendente é principalmente empregada nos tratamentos de água que apresentam turbidez e cor verdadeira relativamente baixas para serem tratadas em estações de ciclo completo, pois os flocos formados pela interação metal/impureza apresentam baixa velocidade de sedimentação. Sendo assim optou-se por desviar a água coagulada e/ou floculada diretamente para os filtros. Na FDD a floculação pode ou não ser necessária, dependendo das características da água bruta e das condições de operação do meio filtrante de cada ETA (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

Muitas das ETAs projetadas atualmente apresentam flexibilidade operacional, o que permite, em determinados períodos do ano, que o tratamento da água bruta ocorra através da filtração direta, excluindo ou não a etapa de floculação e encaminhando a água coagulada diretamente aos filtros, ou seja, desviando a água dos decantadores (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

3.1.3 Filtração direta ascendente (FDA)

A filtração direta ascendente é similar a FDD, porém o escoamento da água nos filtros ocorre no sentido inverso. O sentido ascendente de escoamento diminui a perda de carga nos filtros, uma vez que, grande parte das impurezas presentes na água é removida no meio filtrante de maior granulometria (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

A FDA também reduz a quantidade de coagulante utilizada, pois não necessita da formação de grandes flocos (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

3.1.4 Dupla filtração (DF)

Com o objetivo de diminuir as limitações das tecnologias de FDD e FDA, surgiram várias pesquisas a respeito da dupla filtração. Em concorrência com a tecnologia de ciclo completo, a DF se destaca quando a água a ser tratada apresenta uma das seguintes condições: valores da densidade de algas maiores que aqueles recomendados para FDA ou FDD; valores elevados de cor verdadeira ou turbidez e de coliformes; suspeita da presença de algum micro-organismo patogênico resistente à desinfecção; variações significativas dos parâmetros de qualidade; e necessidade de altas dosagens de alcalinizantes e coagulantes (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

A instalação de uma unidade de DF é constituída de um filtro ascendente seguido de um descendente, operados com taxa constante. Os filtros podem estar separados ou conjugados, em ambos os casos a água bruta é encaminhada à câmara de carga, onde o nível de água varia em função da perda de carga no filtro ascendente, em consequência da retenção de impurezas no meio granular (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

A coagulação pode ser feita diretamente na câmara de carga, quando se tem mais de uma unidade de DF. Para o caso de apenas uma unidade de DF a coagulação pode ser feita na tubulação de alimentação do filtro ascendente (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

3.1.5 Floto-filtração (FF)

Na tecnologia de floto-filtração a flotação acontece por ar dissolvido, e é realizada juntamente com a filtração em uma única unidade. Sendo assim, a flotação do material sólido deve acontecer na mesma taxa da filtração do sobnegante (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

A FF é geralmente utilizada quando as águas a serem tratadas apresentam altas concentrações de algas e cor verdadeira elevada (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

Nesta tecnologia a coagulação ocorre pelo mecanismo de varredura e a etapa de mistura rápida pode ser hidráulica ou mecânica, dependendo das condições de operação e manutenção da ETA e da qualidade da água bruta. Em seguida ocorre a mistura lenta para a formação de flocos que apresentem tamanhos suficientes para a flotação, onde é aplicada água

de recirculação pressurizada, sendo que a água é filtrada na mesma unidade de flotação (DI BERNARDO e PAZ, 2008).

3.2 COAGULAÇÃO

Entre outros fatores importantes, a qualidade e a quantidade de lodo gerado em uma ETA dependem das características da coagulação, levando em consideração o tipo e a dosagem do coagulante. Sendo assim, o processo de coagulação é de suma importância na geração dos resíduos em uma ETA, com exceção de algumas tecnologias que não empregam esta etapa no tratamento (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011).

Di Bernardo e Dantas (2005) destacam que inúmeras impurezas podem estar presentes na água, entre elas as partículas coloidais, matéria orgânica dissolvida e organismos em geral. Na maioria das vezes, estas impurezas apresentam carga superficial negativa, ou então essas partículas podem conter polímeros adsorvidos na superfície, o que impede que se aproximem umas das outras, permanecendo assim, no meio líquido. Essa carga superficial comumente negativa é advinda de três fatores:

- Ao interagirem com a água, alguns grupos presentes na superfície sólida podem doar ou receber prótons;
- Grupos presentes na superfície do colóide, em meio aquoso, podem reagir com outros solutos além de prótons;
- Quando há imperfeições na estrutura da partícula – substituição isomórfica;

Para que estas impurezas sejam removidas faz-se necessário a alteração de algumas características da água e das impurezas nela presente, através da coagulação, muitas vezes realizada pela adição de sais de alumínio ou de ferro, ou de polímeros sintéticos ou vegetais catiônicos (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

A coagulação é o resultado de dois fenômenos, são eles: I) essencialmente químico, depende do pH final e da concentração do metal para que ocorra a interação entre a água e o coagulante, favorecendo a formação de espécies hidrolisadas de carga positiva; II) basicamente físico, transporta as espécies hidrolisadas para que estas entrem em contato com as impurezas presentes na água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Esta etapa é de grande importância para o desempenho de qualquer tecnologia de tratamento e, se o processo for deficiente, pode prejudicar os meios granulares em sistemas de filtração direta, uma vez que as impurezas não ficaram retidas nos filtros. E no tratamento de

ciclo completo, pode comprometer a etapa de floculação, prejudicando também as etapas seguintes: sedimentação e filtração (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

As características da água e das impurezas presentes são conhecidas através de parâmetros químicos e físicos, sendo estes: pH, alcalinidade, cor verdadeira, turbidez, temperatura, potencial zeta, condutividade elétrica, tamanho e distribuição das partículas em estado coloidal e em suspensão, entre outros, os quais influenciam diretamente na etapa de coagulação. Sendo assim, a coagulação é a etapa principal no processo de tratamento de água para a produção de água de qualidade aceitável, uma vez realizada de maneira ineficiente pode gerar a produção de água de má qualidade e fora dos padrões de potabilidade exigidos (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011).

Atualmente, pode-se considerar a coagulação como resultado individual ou combinado da ação de quatro mecanismos diferentes: compressão da dupla camada elétrica, adsorção e neutralização, varredura e adsorção e formação de pontes (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

3.2.1 Compressão da dupla camada elétrica

É possível afirmar que a desestabilização de um sistema coloidal pode ocorrer através da adição de íons de carga oposta à das partículas coloidais, isso acontece por causa das interações eletrostáticas, ou seja, íons de mesma carga são repelidos e íons de cargas opostas são atraídos pelos coloides, além disso, quanto maior for a carga do íon positivos, menor será a quantidade necessária para a coagulação. A coagulação por compressão da teoria dupla camada difusa ocorre quando há a introdução de um coloide em um sistema coloidal, causando assim, o aumento na densidade de cargas na camada difusa e a diminuição da “esfera” de influência das partículas. Quando existe alta força iônica na água, ou seja, altas concentrações de íons positivos e negativos, o número de íons na camada difusa é elevado, o que acarreta uma diminuição em sua espessura para que se mantenha eletricamente neutra. Desse modo a estabilização eletrostática é eliminada, e as forças de Van der Waals se tornam dominantes (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Sobre esse mecanismo de coagulação é válido destacar que a quantidade de eletrólitos necessária para a coagulação é, praticamente, independente da concentração de coloides presentes na água e que é impossível a reversão de carga das partículas coloidais,

independentemente da quantidade de eletrólitos adicionada (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

3.2.2 Adsorção e neutralização de carga

As interações entre coagulante-coloide, coagulante-solvente e coloide-solvente resultam na desestabilização de uma dispersão coloidal. Os coagulantes podem ser ativados na superfície do coloide, acumulando-se nas interfaces e não interagindo com a água, ou então, não serem ativados na superfícies e reagirem fortemente com as moléculas de água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

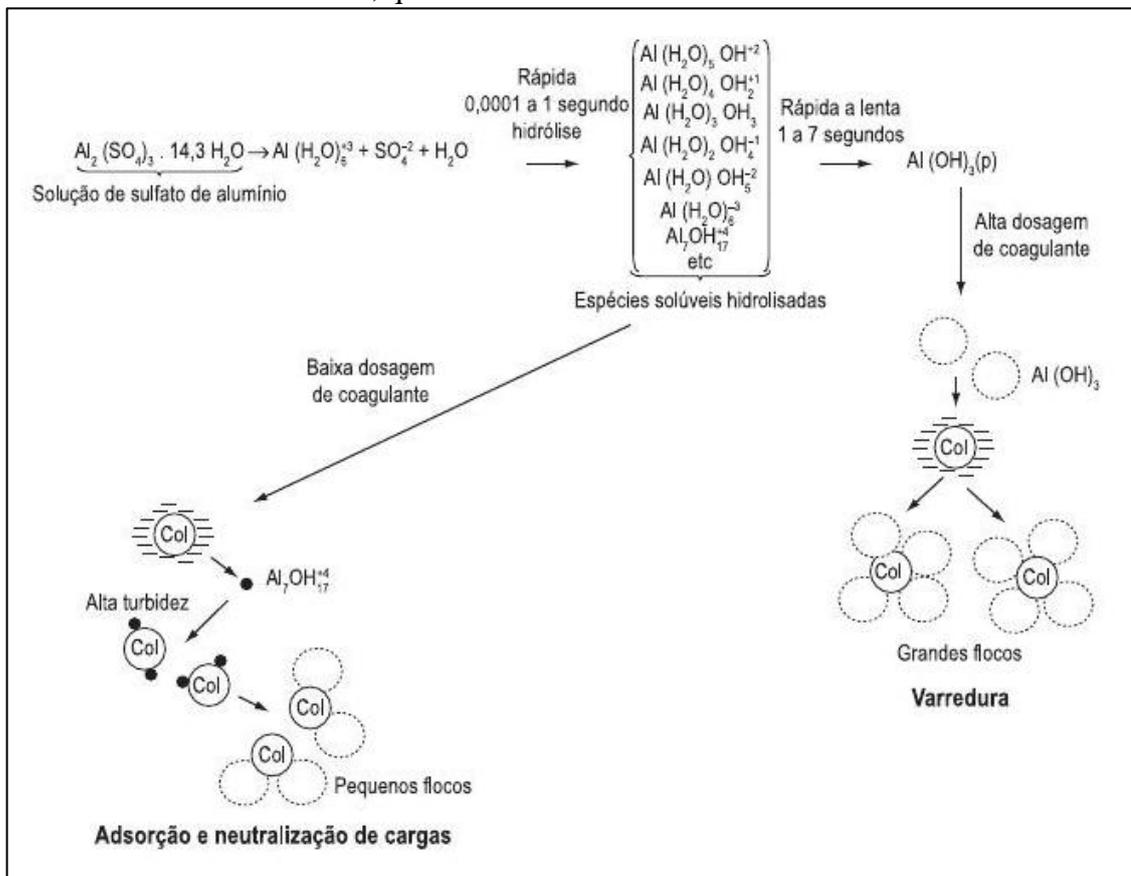
Esse mecanismo é bastante utilizado quando não há necessidade da produção de flocos para sedimentação ou flotação, ou seja, quando é utilizada uma das tecnologias de filtração direta, onde as partículas desestabilizadas serão retidas no meio granular dos filtros (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

3.2.3 Varredura

Esse mecanismo consiste na formação de precipitados, geralmente do tipo $\text{Al}(\text{OH})_3$ e $\text{Fe}(\text{OH})_3$, decorrentes da quantidade de coagulante adicionada, pH da mistura e da concentração de alguns tipos de íons na água. Na maioria das vezes, os flocos formados nesse tipo de mecanismo, são maiores e de fácil sedimentação ou flotação em relação aos flocos formados no mecanismo de adsorção e neutralização de cargas. Assim sendo, esse mecanismo é comumente usado nas ETAs que possuem a etapa de floculação e sedimentação (ou flotação) antes da filtração (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Entretanto, quando utilizado o Sulfato de Alumínio, os mecanismos de adsorção e neutralização de cargas e de varredura, poderão ocorrer conforme a Figura 1.

Figura 1. Condições para a coagulação através da adsorção e neutralização de carga e da varredura, quando utilizado o Sulfato de Alumínio

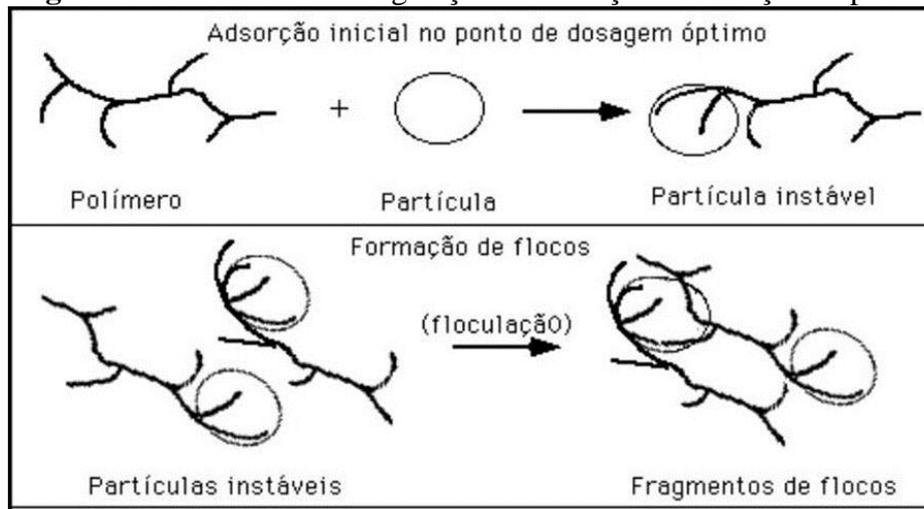


Fonte: Di Bernardo, Dantas e Voltan, 2011

3.2.4 Adsorção e formação de pontes

Esse tipo de mecanismo ocorre quando utiliza-se, na coagulação, polímeros de grandes cadeias moleculares, que servem de ponte entre a superfície que se aderem e as outras partículas (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). A Figura 2 apresenta o esquema desse mecanismo de coagulação.

Figura 2. Mecanismo de coagulação de adsorção e formação de pontes



Fonte: Desconhecida

3.3 COAGULANTES E POLÍMEROS NATURAIS NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Dentre os resíduos gerados nas ETAs, o lodo dos decantadores e a água de lavagem dos filtros são os que causam maiores preocupações, uma vez que estes apresentam características decorrentes do coagulante utilizado (VANACÔR e GEHLING, 2007).

Uma das alternativas para a redução do impacto causado por estes resíduos seria uma mudança dos produtos químicos utilizados na coagulação.

Ndabigengesere e Narasiah (1998) realizaram ensaios para analisar a qualidade da água tratada utilizando-se *Moringa oleífera* na etapa de coagulação. Observaram que, na presença deste coagulante orgânico ocorria menor variação do pH da água, se comparado com os sais de alumínio que apresentam ampla faixa de variação de pH, sendo necessária sua correção ao final do tratamento. Além disso, por se tratar de um coagulante orgânico biodegradável, o lodo gerado pode ser utilizado como fertilizante, uma vez que não apresenta metais pesados oriundos da coagulação.

Diazet *al.* (1999) analisaram a remoção de turbidez da água utilizando-se *Cactus latifaria* na etapa de coagulação. Foi preparada uma solução de 5% (p/v) a partir do cacto sólido devidamente tratado. A água bruta utilizada apresentava turbidez de 50 uT, com uma dosagem de 20 mg/L de solução de cacto, este valor foi reduzido em mais de 90% (6 uT), enquanto que, para atingir aproximadamente o mesmo valor de turbidez (5 uT), foram utilizados 50 mg/L de Sulfato de Alumínio, o que pode implicar em um menor geração de lodo oriundo da coagulação.

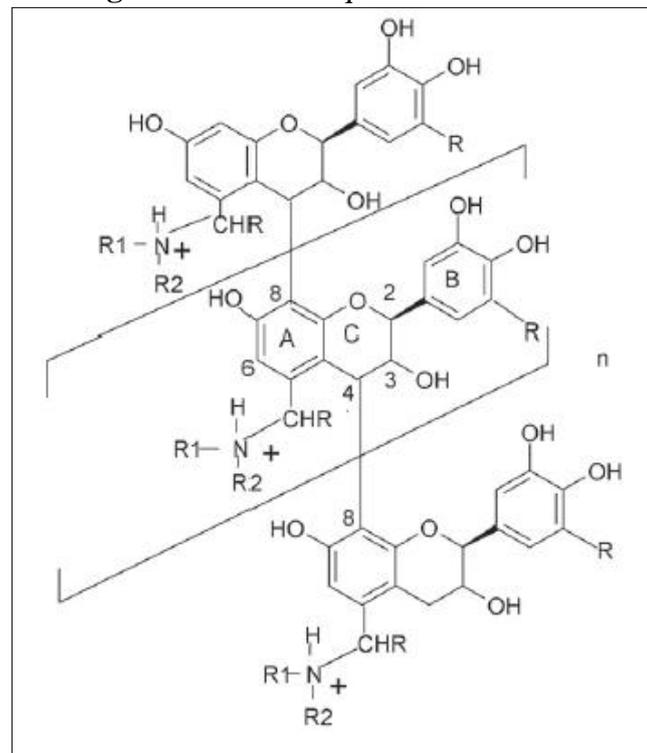
Carvalho (2008) estudou a obtenção de água potável, a partir da água do rio Pirapó, utilizando a quitosana como coagulante. Os ensaios foram realizados em equipamento de jarreste e em uma estação de tratamento piloto convencional. Houve uma remoção de aproximadamente 98% da turbidez presente na água bruta. O lodo gerado apresentou menores concentrações de metais, se comparado ao lodo gerado pelo Sulfato de Alumínio.

Renault *et al.* (2009) realizaram estudos utilizando quitosana como agente coagulante no tratamento de água e perceberam que esta não é tóxica e é biodegradável, apresentando eficiência na remoção de contaminantes e substâncias dissolvidas.

Zaraet *al.* (2012) estudaram a eficiência de um polímero natural extraído do cacto mandacaru como agente coagulante/floculante no tratamento de água. A água bruta foi coletada do rio Toledo e os ensaios foram realizados em equipamentos de jarreste. Observou-se que os flocos formados pelo coagulante a base de cacto apresentaram tamanhos maiores quando comparados aos flocos gerados a partir do Sulfato de Alumínio, possibilitando um aumento na a velocidade de sedimentação da matéria floculada, o que demanda menos tempo na etapa de decantação. É possível verificar também uma remoção de 90% da turbidez quando utilizado o coagulante extraído do cacto, que foi superior a remoção com o Sulfato de Alumínio (88%).

3.4. USO DO TANFLOC NO TRATAMENTO DE ÁGUA

O Tanfloc é uma macromolécula orgânica catiônica, de origem vegetal e com baixa massa molecular. O composto é obtido a partir do tanino, não tóxico, podendo atuar como coagulante ou auxiliar de floculação no tratamento de água, melhorando assim, a qualidade e as condições de tratamento dos resíduos gerados nas ETAs, facilitando sua disposição em redes de esgoto (HIDROSAN, 2002). O produto é obtido através da casca de *Acaciamearnsii*, popularmente conhecida como Acácia negra. A árvore é muito comum no Brasil e contém alta concentração de taninos. (HEREDIA e MARTÍN, 2009). A Figura 3 apresenta a estrutura química da macromolécula de Tanfloc.

Figura 3. Estrutura química do Tanfloc

Fonte: TANAC

3.4.1 Lodo gerado nas ETAs

Vanacôr e Gehling (2007) caracterizaram o lodo dos decantadores de uma ETA convencional, utilizando como coagulante um produto orgânico derivado do tanino (Tanfloc). O estudo foi realizado em uma ETA de Novo Hamburgo/RS que opera com uma vazão de 750L/s. O lodo dos decantadores foi caracterizado quanti e qualitativamente e os valores obtidos foram comparados àqueles obtidos utilizando-se o Sulfato de Alumínio na coagulação. Através da caracterização foi observado a redução da concentração de alumínio no lodo dos decantadores, podendo ser uma vantagem para a disposição deste lodo em solos agrícolas, uma vez que também apresentam nitrogênio em sua composição.

Piantá (2008) evidenciou a redução de 15,5% no volume de lodo gerado utilizando-se Tanfloc na etapa de coagulação em relação ao Sulfato de Alumínio utilizado nesta mesma etapa.

3.4.2 Remoção de metais pesados

Heredia e Martín (2009) avaliaram a capacidade de um coagulante a base de tanino – Tanfloc – na remoção de metais pesados, como níquel, zinco e chumbo (Ni^{+2} , Zn^{+2} e Cu^{+2}) de águas superficiais, que, em razão das atividades industriais, vem sendo poluídas. A água bruta para o estudo foi obtida no rio Guadiana, na Espanha, e diversas soluções de metais foram adicionadas. Os ensaios foram feitos em equipamento de jarreste e as concentrações de metal foram determinadas por espectrofotômetro. Observou-se uma remoção de aproximadamente 90%, de Cu^{+2} com um pH de 7,0; 75% de Zn^{+2} com um pH de 8,0 e 70% de Ni^{+2} , com um pH de 9,0, aplicando-se 150 ppm do produto para coagulação/floculação. O tempo de contato necessário para essa porcentagem de remoção foi de 22 minutos (2 minutos na mistura rápida e 20 minutos em mistura lenta). Sendo assim, nos casos estudados, valores elevados de pH e dosagem de coagulante melhoram a remoção dos metais presentes na água.

3.4.3 Remoção de turbidez

Moraes *et al.* (2007) verificaram a eficiência da remoção de cor e turbidez, utilizando taninos vegetais (Tanfloc) como agente coagulante. Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em jarreste, utilizando-se água bruta captada do rio Pirapó, local onde a empresa de saneamento realiza a captação para tratamento. Foram aplicadas diferentes dosagens de coagulante em cada jarro (Tanfloc SS 10,0 a 60,0 mg/L e Tanfloc SL 10,0 a 35,0 mg/L) e para a variação do pH, soluções de hidróxido de sódio de ácido clorídrico foram utilizadas. Observou-se que na faixa de pH de 6,0 a 9,0, ocorreu remoção de 90% de cor e 96% de turbidez, utilizando-se o Tanfloc SS. Para o Tanfloc SL em baixas concentrações, com o pH de até 5,0, houve 80-85% de remoção de cor e 85-90% de remoção de turbidez.

Piantá (2008) realizou um estudo comparativo entre os coagulantes Tanfloc (SL e SG) e o Sulfato de Alumínio, no qual foram feitos ensaios em jarreste para avaliar as etapas de coagulação, floculação e sedimentação. Também foram avaliados a quantidade de lodo formada e os gastos necessários com os insumos. Foram adicionados à água bruta diversos volumes da solução coagulante, de modo a produzir diferentes concentrações do mesmo. Foi possível analisar que o uso do Tanfloc aumenta a eficiência durante a coagulação/floculação, uma vez que este apresenta a formação de maiores flocos. As águas tratadas com este produto apresentam características físico-químicas que se enquadram dos parâmetros de cor e turbidez

recomendados, sendo assim atendem aos padrões de potabilidade de água para o consumo humano.

Em sua comparação de custos, Piantá (2008) apresentou gastos com Tanfloc (SL e SG) que variaram entre 42% e 56% em relação ao custo do Sulfato de Alumínio, todavia não foram levados em consideração os gastos com alcalinizantes (cal hidratada). Porém é observado no estudo que o uso de Tanfloc eliminou a utilização de alcalinizantes, como, por exemplo, a cal hidratada, pois o consumo da alcalinidade da água bruta pela ação do coagulante orgânico não é significativo, sendo assim os gastos com esse produto não seriam necessários.

Grahamet *al.* (2008) realizaram a avaliação preliminar do desempenho de um polímero catiônico orgânico a base de tanino (Tanfloc) na etapa de coagulação. A solução de 0,1% (m/v) foi preparada com Tanfloc sólido e água deionizada, também foi utilizada uma solução de Sulfato de Alumínio para comparação de resultados. Pode-se então estimar a concentração mássica (dosagem) necessária para a formação de flocos durante a coagulação/floculação, sendo 12 mg/L em um pH de 8,0 e 14 mg/l em um pH de 9,0 para o Tanfloc, com um residual de turbidez de 11 uT e 12 uT respectivamente e 21,5 mg/L em um pH de 7,0 para o Sulfato de Alumínio com um residual de turbidez de aproximadamente 4,0 uT. É importante ressaltar que a etapa de filtração não foi avaliada nesse estudo, o que pode contribuir para remoção do residual de turbidez.

Martín, Beltrán e Hernandez (2010) realizaram ensaios em planta piloto usando um coagulante a base de tanino (Tanfloc) como coagulante e auxiliar de floculação no tratamento de águas superficiais e residuárias. Os estudos foram realizados em quatro tipos de água, sendo elas: efluente de indústria têxtil, simulada por adição de corante (100 mg/L de Alizarin Violet), efluente de lavanderia simulada com uma solução de surfactante (50 mg/L de dodecilbenzeno sulfonato de sódio), efluente coletado de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) e água superficial coletada do rio Guadiana localizado na Espanha. Foi preparada uma solução do coagulante Tanfloc com concentração de 1000 mg/L em água destilada. Foi observada redução acima de 50% na cor, remoção de surfactantes acima de 75% e remoção de matéria orgânica (COT) de aproximadamente 40%. Com a implantação de um sistema de filtração após a sedimentação a remoção de sólidos suspensos, as remoções alcançadas foram de 100%, o que também melhora a qualidade de outros parâmetros.

Janissetti e Neher (2010) realizaram estudos para a avaliação do coagulante Tanfloc em comparação com o Sulfato de Alumínio. As amostras foram recolhidas na represa do rio

Passaúna e os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em jarreste. A água bruta apresentava turbidez de 28,64 uT e alcalinidade de 122,08 mg/L CaCO₃. Com as dosagens de 20 mg/L e de 40 mg/L, para ambos os coagulantes pode-se observar que para o Sulfato de Alumínio o residual de turbidez foi de 1,51 uT e 0,77 uT respectivamente e para o coagulante Tanfloc esse residual foi de 0,87 uT e 0,68 uT respectivamente. Sendo que a alcalinidade da água coagulada pelo Tanfloc não sofreu alterações nestas duas dosagens, enquanto que o Sulfato de Alumínio reduziu a alcalinidade.

Nieroet *al.* (ano?) realizaram estudos para avaliar o potencial de utilização de um coagulante a base de tanino (Tanfloc). As amostras foram coletadas no rio Tubarão, que está localizado ao sul de Santa Catarina e os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em Jarreste, foram analisados: alcalinidade, condutividade, pH, sólidos suspensos, cor, turbidez, fenóis totais e volume de lodo gerado. Através destes ensaios observou-se que utilizando o tanino na etapa da coagulação a água não necessita de correção posterior de pH, e também que o lodo gerado é biodegradável. Além disso, este produto pode ser obtido a partir de fontes renováveis e pode colaborar na diminuição de acúmulo de resíduos.

3.5 OXIDAÇÃO E DESINFECÇÃO

A desinfecção da água se dá por meio da redução dos microrganismos patogênicos, através de produtos desinfetantes/oxidantes, resultando em concentrações que não causem danos a saúde do ser humano. É uma etapa essencial no processo de tratamento da água, para que se possa garantir à população água de boa qualidade e pronta para o consumo.

Devido ao seu alto poder de oxidação, os desinfetantes também são utilizados para:

- Oxidação de ferro e manganês;
- Prevenção do crescimento e da estabilidade biológica nos sistemas de reservação e distribuição de água;
- Remover sabor e odor através da oxidação química;
- Aumento da eficiência da coagulação e floculação, quando utilizados na etapa de pré-oxidação;
- Prevenção do crescimento de algas nos decantadores e filtros;
- Remoção da cor;
- Minimização da formação de SOH, dependendo do oxidante utilizado.

Algumas das principais vantagens e desvantagens dos oxidantes geralmente utilizados no tratamento de água são descritas, resumidamente, no Quadro 1.

Quadro 1. Principais vantagens e desvantagens dos oxidantes utilizados no tratamento de água

Oxidante	Vantagens	Desvantagens
Cloro	Oxidante forte; sistema de dosagem relativamente simples, residual persistente; uso comum.	Forma compostos organo-halogenados quando a água possui precursores; problemas de sabor e odor; influência do pH na formação de espécies de cloro.
Cloraminas	Não forma compostos organo-halogenados; residual persistente; sistema de dosagem relativamente simples; uso comum.	Oxidante fraco; influência do pH na formação de tipos de cloraminas; problemas de sabor e odor.
Ozônio	Oxidante forte; geralmente forma quantidades pequenas de compostos organo-halogenados; não apresenta problemas de odor e sabor; pequena influência do pH; ajudante de coagulação.	Pequena meia-vida; geração no local da ETA; consumo excessivo de energia elétrica; produz alguns compostos biodegradáveis; complexa geração e medição de residuais nos meios gasosos e líquido; corrosivo.
Dióxido de Cloro	Oxidante forte; residual relativamente persistente; geralmente forma quantidades pequenas de compostos organo-halogenados; não há influência do pH.	Formação de alguns compostos organo-halogenados (diferentes dos trihalometanos); possíveis subprodutos (clorito e clorato); geração no local da ETA.
Permanganato de Potássio	Fácil de aplicar na água; não forma trihalometanos.	Oxidante moderado; confere cor (rosa) à água; pequena ação desinfetante.
Peróxido de Hidrogênio	Fácil de aplicar na água; forma radicais hidroxilas (com alto poder de oxidação).	Oxidante moderado; formação de subprodutos ainda desconhecidos.

Fonte: Adaptação de Di Bernardo, Dantas e Voltan, 2011

3.5.1 Subprodutos da desinfecção

Os principais precursores na formação de SOH são: matéria orgânica natural, algas e microalgas e as cianobactérias, inclusive seus metabólitos e toxinas, pois reagem com os halogênios, favorecendo o surgimento de SOH (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011).

Segundo Singer (1994) e Krasner (1999) alguns dos fatores que influenciam nesta reação e favorecem a formação dos SOH são:

- pH: a concentração da grande parte do SOH, provenientes da desinfecção, diminui com o aumento do pH;
- Tempo de contato: as concentrações de THM e AHA aumentam em função do tempo de contato, sendo que alguns SOH (haloacetonitrilas e halocetonas) se formam rapidamente;
- Temperatura: em temperaturas mais elevadas, as reações acontecem mais rapidamente e, conseqüentemente resulta em concentrações mais altas de SOH, em temperaturas mais baixas, ocorre o inverso;
- Natureza e concentração da matéria orgânica: a formação de SOH é proporcional a concentração da matéria orgânica;
- Dosagem de cloro aplicada e residual de cloro livre: quando esses dois fatores são elevados, a formação de AHA é maior do que a de THM;
- Concentração de brometos: quando aumentada a concentração de brometos, tende a aumentar a formação de SOH derivados do bromo. Porém, se houver ausência de brometos, serão formados somente os SOH derivados do cloro.

Di Bernardo, Dantas e Voltan(2011) destacam que é de fundamental importância que a oxidação/desinfecção não produza quaisquer produtos, de origem secundária, em concentrações que prejudiquem a saúde do ser humano. Tais concentrações são regulamentadas pela Portaria 2914/2011.

3.6 LEGISLAÇÃO

Di Bernardo e Paz (2008) ressaltam a diferença entre critérios e padrões de qualidade: os critérios equivalem aos requisitos científicos, podendo ser propostas, sugestões e tentativas a serem testadas e os padrões de qualidade correspondem aos critérios que foram transformados em lei, se tornando irrevogáveis.

No Brasil, a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde é a lei vigente no que diz respeito aos padrões de potabilidade para a água de consumo humano. A Portaria estabelece limites máximos permitidos de diversos parâmetros a serem respeitados na água distribuída em todo o país. Nela também constam os procedimentos e responsabilidades necessárias ao controle e à vigilância da qualidade da água a ser consumida (DI BERNARDO E PAZ, 2008).

De acordo com a Portaria 2914/2011, entende-se por padrão de potabilidade os valores estabelecidos como parâmetros para avaliar a qualidade da água destinada ao consumo humano. A Tabela 1 apresenta alguns dos parâmetros utilizados nesse estudo, estabelecidos pela Portaria.

Tabela 1. Valores estabelecidos como parâmetros pela Portaria 2914/2011 para avaliar a qualidade da água destinada ao consumo humano utilizados nesse estudo

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (VMP)	Unidade
Turbidez da água filtrada	$\leq 0,5$ ⁽¹⁾	uT
Cor aparente	≤ 15	uH
Cloro residual livre	5 ⁽²⁾	mg/L
Trihalometanos total	0,1 ⁽³⁾	mg/L
Ácidos haloacéticos total	0,08 ⁽⁴⁾	mg/L

⁽¹⁾ De acordo com a Tabela de metas progressivas do Anexo III

⁽²⁾ Teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L

⁽³⁾ Trihalometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) - CAS = 67-66-3, Bromodichlorometano (BDCM) - CAS = 75-27-4, Dibromoclorometano (DBCM) - CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) - CAS = 75-25-2

⁽⁴⁾ Ácidos haloacéticos: Ácido monocloroacético (MCAA) - CAS = 79-11-8, Ácido monobromoacético (MBAA) - CAS = 79-08-3, Ácido dicloroacético (DCAA) - CAS = 79-43-6, Ácido 2,2 - dicloropropiônico (DALAPON) - CAS = 75-99-0, Ácido tricloroacético (TCAA) - CAS = 76-03-9, Ácido bromocloroacético (BCAA) CAS = 5589-96-3, 1,2,3, tricloropropano (PI) - CAS = 96-18-4, Ácido dibromoacético (DBAA) - CAS = 631-64-1, e Ácido bromodichloroacético (BDCAA) - CAS = 7113-314-7

CAS: número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo *Chemical Abstract Service*

Fonte: Adaptação da Portaria MS 2914/2011

A Portaria 2914/2011 não regulamenta concentrações de COT na água potável, entretanto a USEPA (1995) cita o COT como precursor na formação de subprodutos da desinfecção e apresenta estudos onde a remoção do mesmo seria a primeira etapa para a diminuição desses subprodutos. A Tabela 2 mostra a porcentagem de remoção de COT recomendada pela USEPA (1995).

Tabela 2. Percentual de remoção de COT recomendado pelo USEPA

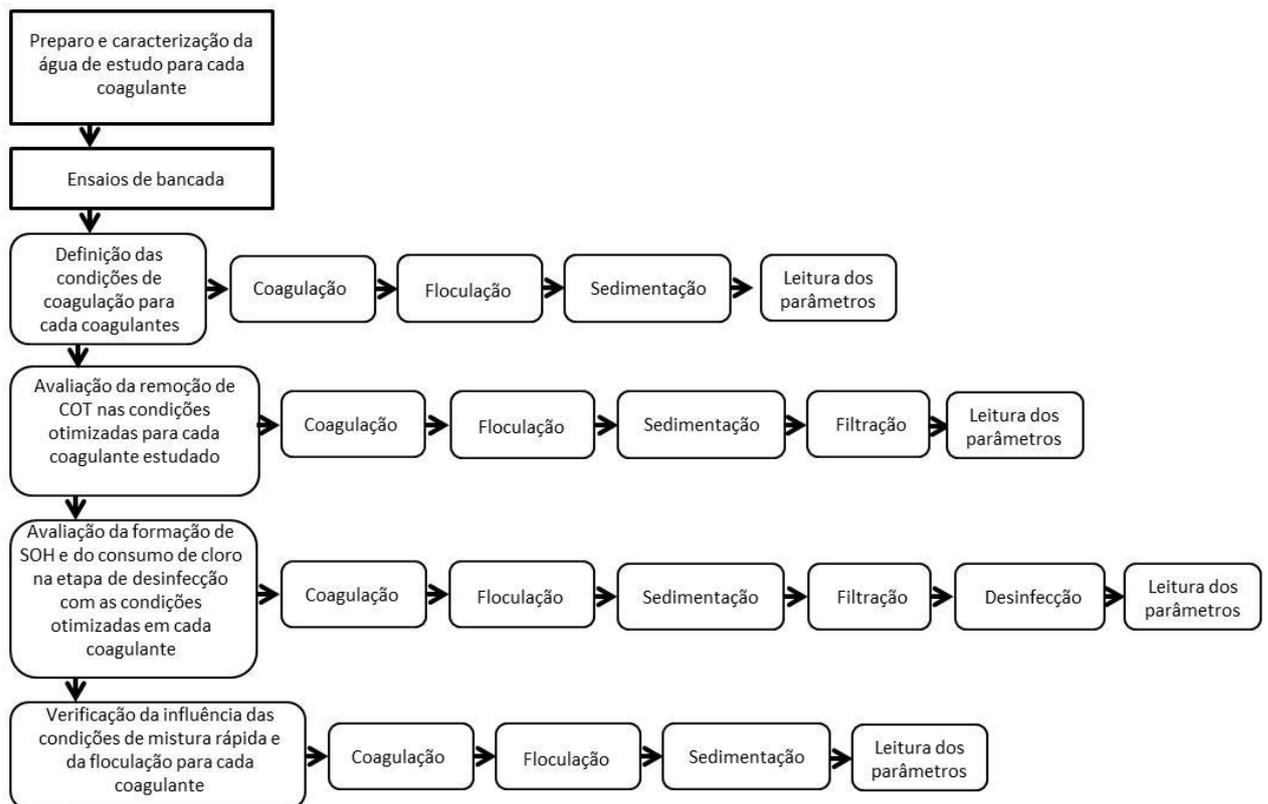
COT da água bruta (mg/L)	Alcalinidade da água bruta – Alc. (mg CaCO ₃ /L)		
	0 < Alc. < 60	60 < Alc. < 120	Alc. > 120
2,0 < COT < 4,0	35%	25%	15%
4,0 < COT < 8,0	45%	35%	25%
COT < 8,0	50%	40%	30%

Fonte: Adaptação de *Stage 1 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule: A Quick Reference Guide* (USEPA, 1995)

4 METODOLOGIA

O presente estudo consistiu na realização dos ensaios de bancada e em jarreste entre os meses de abril a julho de 2014 para a avaliação dos coagulantes propostos. A descrição dessas etapas é apresentada na Figura 4.

Figura 4. Fluxograma das etapas realizadas durante o estudo dos coagulantes



Fonte: Autora

4.1 EQUIPAMENTOS, PRODUTOS QUÍMICOS E PARÂMETROS DE CONTROLE

Os equipamentos utilizados durante a execução dos ensaios descritos na Figura 4 são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Relação de equipamentos utilizados

Equipamentos	Função
Jarteste, Nova Ética - modelo LDB 3	Ensaio de coagulação, floculação e sedimentação
Filtros de Laboratório de areia, Nova Ética	Filtração em areia
Analizador de Carbono Orgânico Total TOC-L – marca SHIMADZU	Análise de carbono orgânico total
Balança Eletrônica BL 210 S – marca Sartorius	Pesagem de produtos químicos
Cronômetro Mondaine Stop Watch	Medição do tempo
Espectrofotômetro de leitura direta, modelos DR/2000, DR/2500 - marca Hach	Leitura de cor 455 nm e cloro residual 530 nm
Espectrofotômetro de absorção atômica, modelo AA – Analyst 700 - marca Perkin Elmer	Análises de metais
Espectrofotômetro Cary 1E UV - marca Varian	Leitura de absorbância a 254 nm
pHmetro (potenciômetro), modelo 230 - marca Orion	Leitura de pH
Turbidímetro nefelométrico, modelo 2100P - marca Hach	Leitura da turbidez
Cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons	Quantificação dos subprodutos

As Figuras 5 e 6 mostram os equipamentos utilizados para quantificação e subprodutos e carbono orgânico total respectivamente.

Figura 5. Cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons

Figura 6. Analisador de Carbono Orgânico Total TOC-L

Os parâmetros físico-químicos, unidades, métodos de medição e limites de detecção dos equipamentos utilizados nos ensaios estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos, unidades, métodos de medição e limites de detecção

Parâmetro	Unidade	Metodologia	Limite de detecção (LDM)
Absorbância UV 254 nm	-	Espectrofotométrico-UV (c)	0,001
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	Titrimétrico (*)	1
Dureza	mg CaCO ₃ /L	Titrimétrico (*)	1
Carbono Orgânico Total	mg/L	Espectrofotométrico Infravermelho não Dispersivo – NPOC	0,001
Cor Aparente	uH	Espectrofotométrico (*)	1
Cor verdadeira	uH	Espectrofotométrico (*), com filtração a 0,45 µm	1
pH	Adimensional	Potenciométrico (*)	0 - 14
Turbidez	uT	Neftelométrico (*)	0,1
Subprodutos orgânicos halogenados	µg/L	Cromatografia (**)	0,1
Cloro Livre	mg ClO ₂ /L	Espectrofotométrico com DPD (*)	0,1
Ferro Total	mg Fe/L	EAA-Chama (*)	0,01
Manganês Total	mg Mn/L	EAA-Chama (*)	0,01
Zinco Total	mg Zn/L	EAA-Chama (*)	0,01
Cobre Total	mg Cu/L	EAA-Chama (*)	0,01
Cromo Total	mg Cr/L	EAA-Chama (*)	0,001
Chumbo Total	mg Pb/L	EAA-Chama (*)	0,001
Cádmio Total	mg Cd/L	EAA-Chama (*)	0,001
Níquel Total	mg Ni/L	EAA-Chama (*)	0,01
Alumínio Total	mg Al/L		0,01

*Segundo APHA (2005) – Standard Methods

**Segundo método USEPA 551 e 552

Para a determinação dos subprodutos orgânicos halogenados foi utilizado o equipamento de cromatografia a gás com detector de captura de elétrons (CG-DCE), com base nos métodos 551.1 da USEPA (1995), 552.2 (1995) e 552.3 (2003). Os Quadros 3 e 4 apresentam os SOH analisados no presente estudo.

Quadro 3. THM analisados com base nos métodos 551.1

Trialometanos	Tempo de detecção (min)
Padrão interno	3,07
Clorofórmio	4,26
Tricloroacetoneitrila	5,32
Dicloroacetoneitrila	5,55
Bromodiclorometano	5,80
Cloro hidrato	5,99
1-1-Dicloropropanona	6,27
Cloropicrina	7,40
Dibromoclorometano	7,57
Bromocloroacetoneitrila	8,06
1-1-1-Tricloropropanona	8,60
Dibromoacetoneitrila	9,31
Bromofórmio	9,40

Quadro 4. AHA analisados com base nos métodos 552.2 e 552.3

Ácidos haloacéticos		Tempo de detecção (min)
Abreviatura	Composto	
MCAA	Ácido monocloroacético;	9,53
MBAA	Ácido monobromoacético;	14,60
DALAPON	Dalapon	14,80
DCAA	Ácido dicloroacético;	15,31
TCAA	Ácido tricloroacético;	17,08
BCAA	Ácido bromocloroacético;	18,38
BDCAA	Ácido bromodicloroacético;	20,60
DBAA	Ácido dibromoacético;	20,80
CDBAA	Ácido dibromocloroacético;	22,05
PI (PADRÃO INTERNO)	Ácido 2,3-dibromopropiônico	22,70
TBAA	Ácido tribromoacético;	24,33

A concentração dos produtos químicos e preparo das soluções utilizadas durante os estudos estão descritas no Quadro 5. A ficha técnica de cada coagulante utilizado se encontra no Anexo 1.

Quadro 5. Concentração e preparo dos produtos químicos e reagentes

Produto Químico	Padrão	Modo de preparo
Tanfloc SL 2,0 g/L	Produto comercial em pó	Pesar 2,0 gramas do coagulante e diluir em água destilada a 1,0 litro.
Tanfloc SG 2,0 g/L	Produto comercial em pó	Pesar 2,0 gramas do coagulante e diluir em água destilada a 1,0 litro.
Sulfato de Alumínio 2,0 g/L	Produto comercial líquido com no mínimo 8% de Al ₂ O ₃	Pesar 2,0 gramas do coagulante e diluir em água destilada a 1,0 litro.
PAC 2,0 g/L	Produto comercial líquido	Pesar 2,0 gramas do coagulante e diluir em água destilada a 1,0 litro.
Ácido húmico 2,5 g/L	Produto comercial em pó	Pesar 2,5 gramas do produto em pó e diluir em água destilada a 1,0 litro.
Ácido ascórbico P.A.	Reagente analítico 99%	Usado em pó
Ácido sulfúrico 1,0 g/L	Reagente analítico P.A.	Pipetar 1,0 ml do produto e diluir em água destilada a 1,0 litro.
Hidróxido de sódio 2,0 g/L	Puro analítico 98% NaOH	Pesar 2,0 gramas de soda cáustica PA e diluir em água destilada a 1,0 litro.
Hipoclorito de sódio 1,2 g/L	Produto líquido com 12% p/p de cloro livre	Pesar 10,0 gramas do produto e diluir em água purificada a 1,0 litro.
Tiosulfato de Sódio P.A.	Reagente analítico 99%	Usado em grãos
Methyl <i>tert</i> -butyl ether - MTB	Solvente analítico	Usado para extrações em cromatografia
DPD	Reagente analítico	Usado para quantificação de cloro residual livre

4.2 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE ESTUDO

Inicialmente foi preparada uma suspensão de Caulim (caulinita) para adicionar turbidez à água de estudo, de modo que os valores de turbidez e de cor verdadeira resultassem similares ao da água de um manancial superficial na época de chuvas. Para fixação dos valores de turbidez e de cor verdadeira, foram usados como referência os dados de qualidade da água do rio Pardo, principal manancial da região de Ribeirão Preto (ROSA, 2009), sendo a turbidez fixada em 70 uT e a cor verdadeira em 30 uH.

Nos itens seguintes foram descritas as etapas utilizadas para o preparo da água de estudo e avaliação das propriedades desejadas para a realização dos ensaios.

4.2.1 Caulinita

A suspensão foi preparada pesando-se 2,150 kg de caulim e, em seguida, este foi adicionado a 100 L de água do poço da UNAERP, abastecido pela rede de abastecimento da cidade. Como a água da rede apresentava concentração de cloro em torno de 0,5 mg/L, foi feita a adição de tiosulfato de sódio para sua eliminação.

A mistura de caulinita preparada foi colocada sob agitação por um tempo de 2 horas a um gradiente de 300 rpm em agitador mecânico de bancada. Após o período estipulado, a suspensão permaneceu em repouso por um tempo aproximado de 10 horas para, em seguida, ser efetuada a coleta do sobrenadante através do processo de sifonação, exemplificado na Figura 9. O sedimento resultante desse estágio foi descartado por não ser relevante ao estudo. As etapas de preparo da caulinita são exemplificadas nas Figuras 7 e 8, onde houve o preparo da mistura em menor escala.

Figura 7. Caulinita em pó

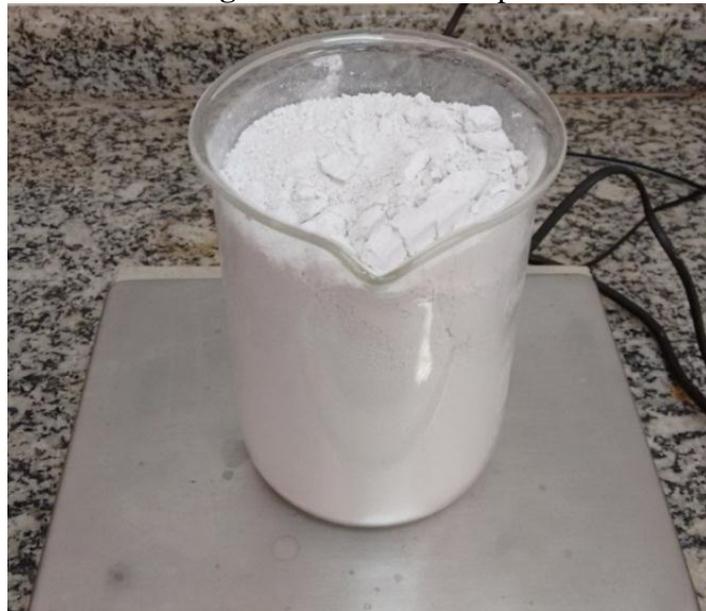
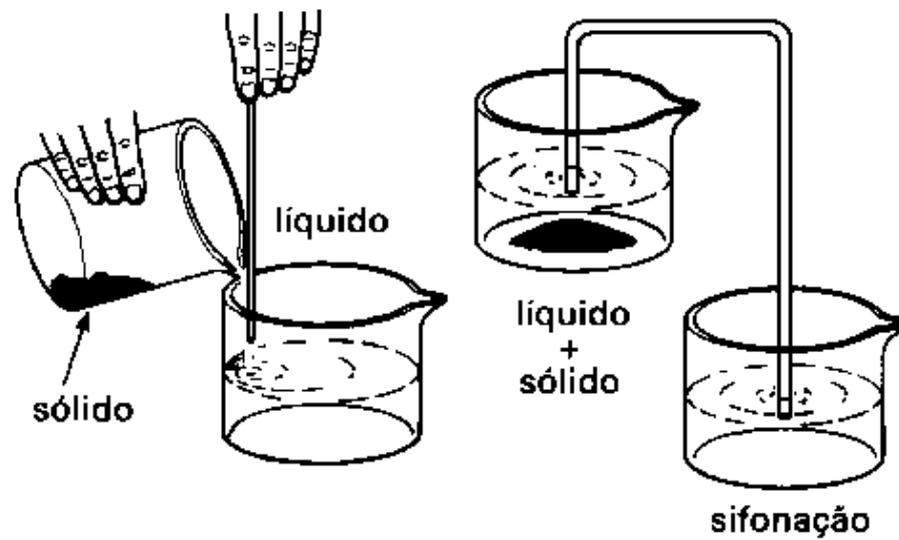


Figura 8. Preparo de uma amostra da suspensão de caulinita



Figura 9. Exemplo do processo de sifonação aplicado



4.2.2 Solução de Ácido Húmico

Para a geração de cor e matéria orgânica na água de estudo, foi preparada uma solução de ácido húmico a 0,25% p/v, pesando-se 2,5 gramas do produto em pó e diluído em 1,0 litros de água destilada.

Para a definição da dosagem desta solução na água, foi feito um teste de concentração de carbono em função da dosagem. Através deste teste, analisou-se a cor e a concentração de carbono resultante na água e escolheu-se a melhor dosagem.

4.2.3 Preparo e caracterização da Água de estudo

Para o preparo da água de estudo coletou-se cerca de 500 litros de água do poço da UNAERP. Essa água foi colocada em uma caixa de PVC de aproximadamente 1000 litros onde se realizou a remoção do cloro através da adição de tiosulfato de sódio em quantidade suficiente conforme a necessidade. Posteriormente, foi realizado o acréscimo de solução ácido húmico 0,25% m/v na água a fim de atingir uma concentração de aproximadamente 2,0 mg/L. Após essa etapa, adicionou-se aproximadamente 2,0 litros da suspensão de caulinita preparada conforme item 4.2.1 a fim de atingir o valor de turbidez desejado. Para cada coagulante estudado preparou-se e caracterizou-se uma nova amostra água de estudo, mantendo os mesmos procedimentos para que as diferentes amostras apresentassem as mesmas características, ou seja, foram preparadas quatro amostras de água, denominadas: Água Am. I, Água Am. II, Água Am. III e Água Am. VI, destinadas ao Tanfloc SL, Sulfato de Alumínio, Tanfloc SG e PAC, respectivamente.

Isso foi feito, pois seria irrelevante o preparo de uma quantidade muito grande de água, uma vez que o tempo de estudo foi longo e a água poderia se decompor. A Figura 10 mostra uma das amostras da água de estudo preparada e o Quadro 6 apresenta os parâmetros avaliados na caracterização da água de estudo.

Figura 10. Água de estudo preparada



Quadro 6. Parâmetros avaliados na caracterização das águas de estudo

Parâmetro	Unidade
Absorbância UV 254 nm	cm ⁻¹
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L
COT	mg/L
Cor aparente	uH
Cor verdadeira	uH
Alumínio	mg Al/L
Ferro	mg Fe/L
Manganês	mg Mn/L
Zinco	mg Zn/L
Cobre	mg Cu/L
Cromo	mg Cr/L
Chumbo	mg Pb/L
Cádmio	mg Cd/L
Níquel	mg Ni/L
Dureza total	mg CaCO ₃ /L
Turbidez	uT

A fim de garantir a reprodutibilidade durante os ensaios, a cor, turbidez e a temperatura das águas de estudo eram medidas todos os dias.

4.3 ENSAIOS DE BANCADA

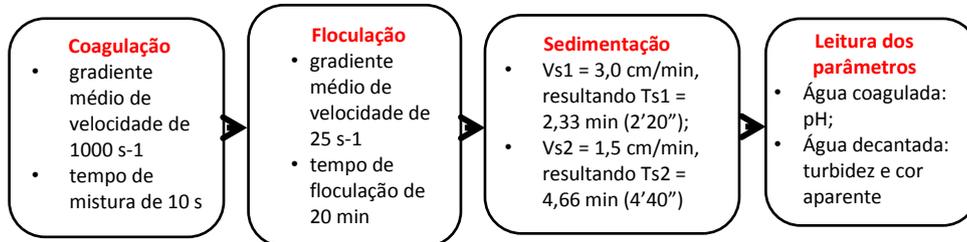
Após a preparação e verificação das características da água de estudo foram realizados ensaios em bancada utilizando-se o jarteste para avaliar o desempenho dos produtos Tanfloc (SL e SG) na etapa de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção e comparar esses resultados com aqueles alcançados utilizando-se outros tipos de coagulantes mais comuns no mercado como o Sulfato de Alumínio e PAC. As etapas de cada teste executado estão descritas nos itens a seguir.

4.3.1 Ensaios para definição das condições de coagulação com os quatro tipos de coagulantes

A primeira etapa consistiu na realização de ensaios de coagulação, floculação e sedimentação em equipamento de jarteste com o intuito de construir os diagramas de coagulação para cada tipo de coagulante estudado variando-se as dosagens de cada um deles e

também as condições de pH. Para promover a variação do pH nos ensaios utilizou-se solução de hidróxido de sódio 2,0 g/L. O fluxograma dessa etapa é representado na Figura 11.

Figura 11. Definição das condições de coagulação para cada coagulante



Fonte: Autora

As condições dos ensaios foram:

- Mistura rápida: gradiente médio de velocidade de 1000 s^{-1} e tempo de mistura de 10 s;
- Dosagem de coagulante variável;
- Dosagem de alcalinizante variável;
- Flocculação: gradiente médio de velocidade de 25 s^{-1} e tempo de flocculação de 20 min;
- Sedimentação: velocidades de sedimentação de $V_{s1} = 3,0 \text{ cm/min}$, resultando $T_{s1} = 2,33 \text{ min (2'20")}$; $V_{s2} = 1,5 \text{ cm/min}$, resultando $T_{s2} = 4,66 \text{ min (4'40")}$.

Parâmetros medidos:

- Água coagulada: pH;
- Água decantada: turbidez e cor aparente.

A programação do equipamento jarteste utilizada está apresentada Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros de programação do jarteste e ações cronometradas da primeira etapa

Programação do jarteste com controle automático	Tempos no cronômetro – ações
Número de segmentos: 4	0'00" – Disparar cronômetro e adicionar alcalinizante (se necessário) nos seis jarros;
R0 = 100 rpm	
T0 = 30 s	
R1 = 436 rpm	0'30" – Estabilização da mistura rápida; 0'40" – Início da mistura rápida: adicionar coagulante nos seis jarros; 0'50" – Fim da mistura rápida;
T1 = 20 s	
R2 = 436 rpm	
T2 = 1 s	0'51" – Início da floculação; 20'51" – Término da floculação (desligar equipamento jarteste);
R3 = 37 rpm	
T3 = 1200 s	
R4 = 37 rpm	
Sedimentação Equipamento desligado (R = 0 rpm)	Início da sedimentação; 23'01" – Descarte; 23'11" a 23'21" – coleta de amostras de água decantada (Vs1 = 3,0 cm/min); 25'21" – Descarte; 25'31" a 25'41" – coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min);

Na Figura 12 é representada a variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo e a Figura 13 mostra o equipamento que foi utilizado na realização dos ensaios.

Figura 12. Variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo de ensaio para a primeira etapa

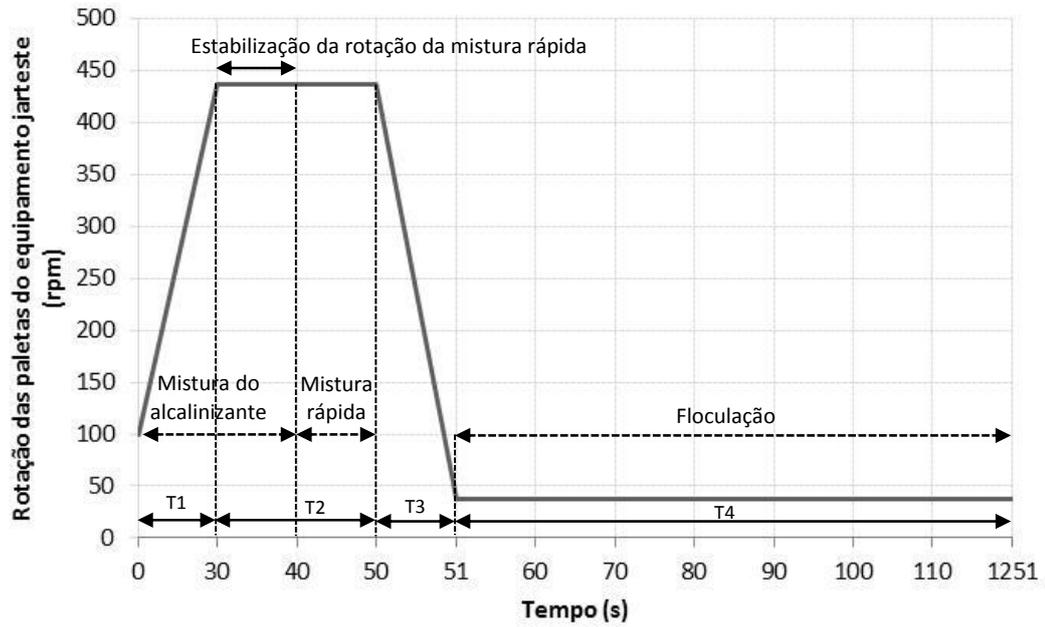


Figura 13. Equipamento jarteste utilizado nos ensaios



A Figura 14 mostra as amostras de água decantada coletadas para realização das leituras de cor aparente e turbidez.

Figura 14. Amostras de água decantada para leitura de cor aparente e turbidez



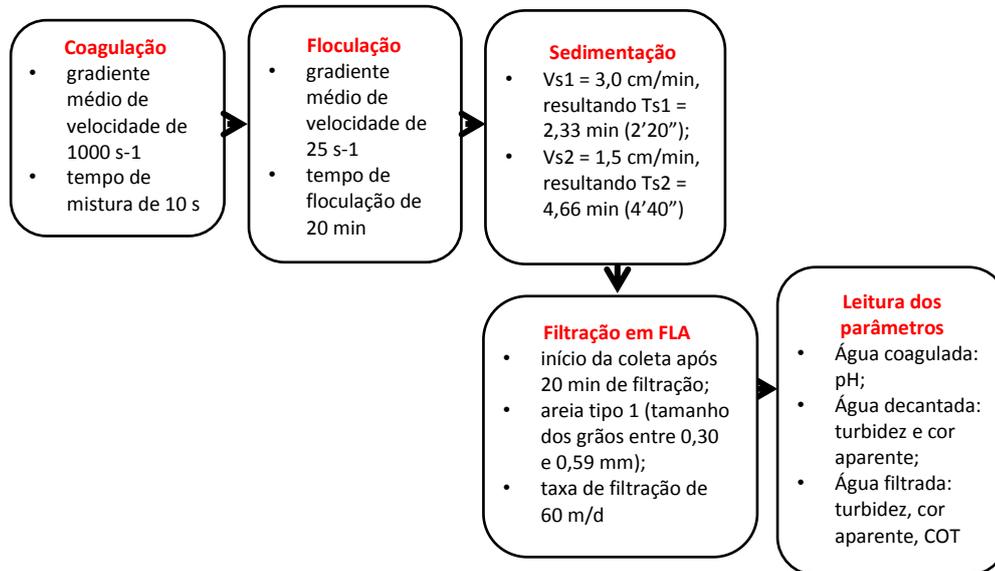
A partir do diagrama de coagulação, foram escolhidos os melhores pontos em termos de remoção de turbidez e cor aparente da água decantada, usados nos próximos ensaios de desempenho dos coagulantes.

4.3.2 Ensaio para avaliação da remoção de COT

A segunda etapa dos estudos refere-se à avaliação da remoção de COT para cada coagulante. Após a construção do diagrama, foram escolhidos seis pontos do diagrama de cada coagulante estudado. Para a seleção, foram consideradas as melhores eficiências de remoção de turbidez e de cor aparente obtidas com as menores dosagens dos produtos químicos aplicados.

Em seguida foram feitos ensaios de coagulação, floculação, sedimentação e filtração em filtros de areia de laboratório para avaliar o desempenho de cada coagulante neste estágio. O fluxograma da segunda etapa do estudo está apresentado na Figura 15.

Figura 15. Avaliação da remoção de COT nas condições otimizadas para cada coagulante estudado



Fonte: Autora

As condições definidas no equipamento jarteste para essa etapa foram:

- Mistura rápida: gradiente médio de velocidade de 1000 s⁻¹ e tempo de mistura de 10 s;
- Floculação: gradiente médio de velocidade de 25 s⁻¹ e tempo de floculação de 20 min;
- Sedimentação: velocidades de sedimentação de Vs1 = 3,0 cm/min, resultando Ts1 = 2,33 min (2'20""); Vs2 = 1,5 cm/min, resultando Ts2 = 4,66 min (4'40"");
- Filtração em FLA: início da coleta após 20 min de filtração; areia tipo 1 (tamanho dos grãos entre 0,30 e 0,59 mm) e taxa de filtração de 60 m/d.

Parâmetros avaliados:

- Água coagulada: pH
- Água decantada: turbidez e cor aparente;
- Água filtrada: turbidez, cor aparente e COT.

A Tabela 5 mostra a programação do jarteste utilizada durante os ensaios.

Tabela 5. Parâmetros de programação do jarteste e ações cronometradas da segunda etapa

Programação do jarteste com controle automático	Tempos no cronômetro – ações
Número de segmentos: 4	0'00" – Disparar cronômetro e adicionar alcalinizante (se necessário) nos seis jarros;
R0 = 100 rpm	
T0 = 30 s	
R1 = 436 rpm	0'30" – Estabilização da mistura rápida; 0'40" – Início da mistura rápida: adicionar coagulante nos seis jarros; 0'50" – Fim da mistura rápida;
T1 = 20 s	
R2 = 436 rpm	
T2 = 1 s	
R3 = 37 rpm	0'51" – Início da floculação; 20'51" – Término da floculação (desligar equipamento jarteste);
T3 = 1200 s	
R4 = 37 rpm	
Sedimentação Equipamento desligado (R = 0 rpm)	Início da sedimentação; 23'01" – Descarte; 23'11" a 23'21" – Coleta de amostras de água decantada (Vs1 = 3,0 cm/min); 25'21" – Descarte; 25'31" a 25'41" – coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min);
Filtração	Início da filtração; 25'41" a 45'41" – Descarte da água filtrada; 45'41" – Coleta da água filtrada.

Na Figura 16 é representada a variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo e a Figura 17 representa a etapa de filtração durante os ensaios realizados.

Figura 16. Variação da rotação das paletas do equipamento jarreste em função do tempo de ensaio para a segunda etapa

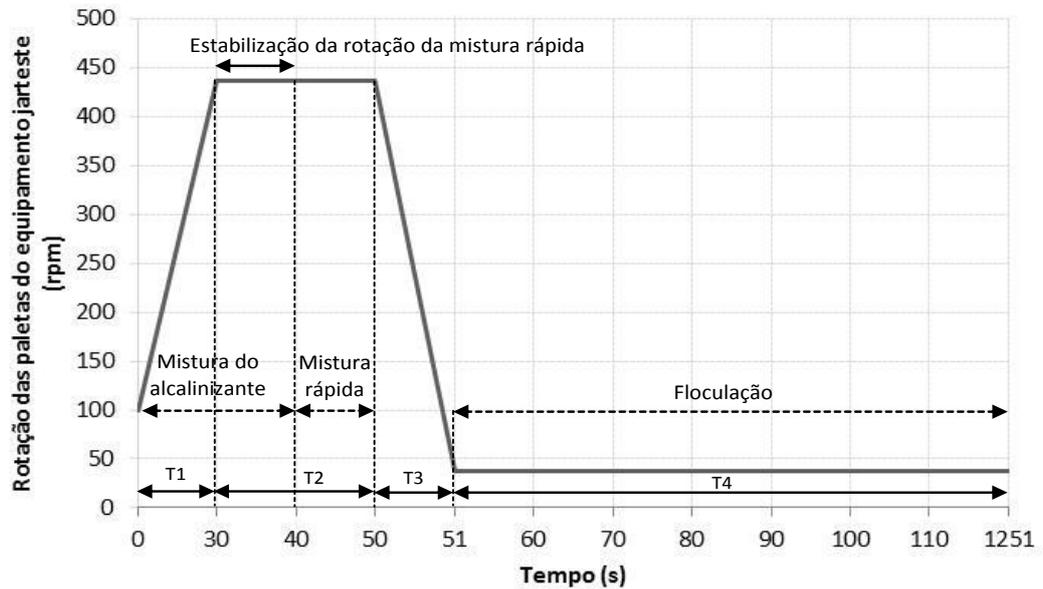


Figura 17. Etapa de filtração da água decantada



As amostras da água filtrada eram armazenadas de forma adequada para a leitura de turbidez e cor aparente e medidas de COT e alumínio. As alíquotas destinadas à leitura de COT eram armazenadas em frascos próprios do equipamento analisador e a leitura foi realizada subsequentemente à coleta; o mesmo aconteceu para as alíquotas destinadas à leitura de alumínio. Caso a leitura de COT não ocorresse imediatamente, as amostras eram mantidas sob refrigeração. A Figura 18 mostra os frascos utilizados para a leitura de COT.

Figura 18. Frascos utilizados para a leitura de COT

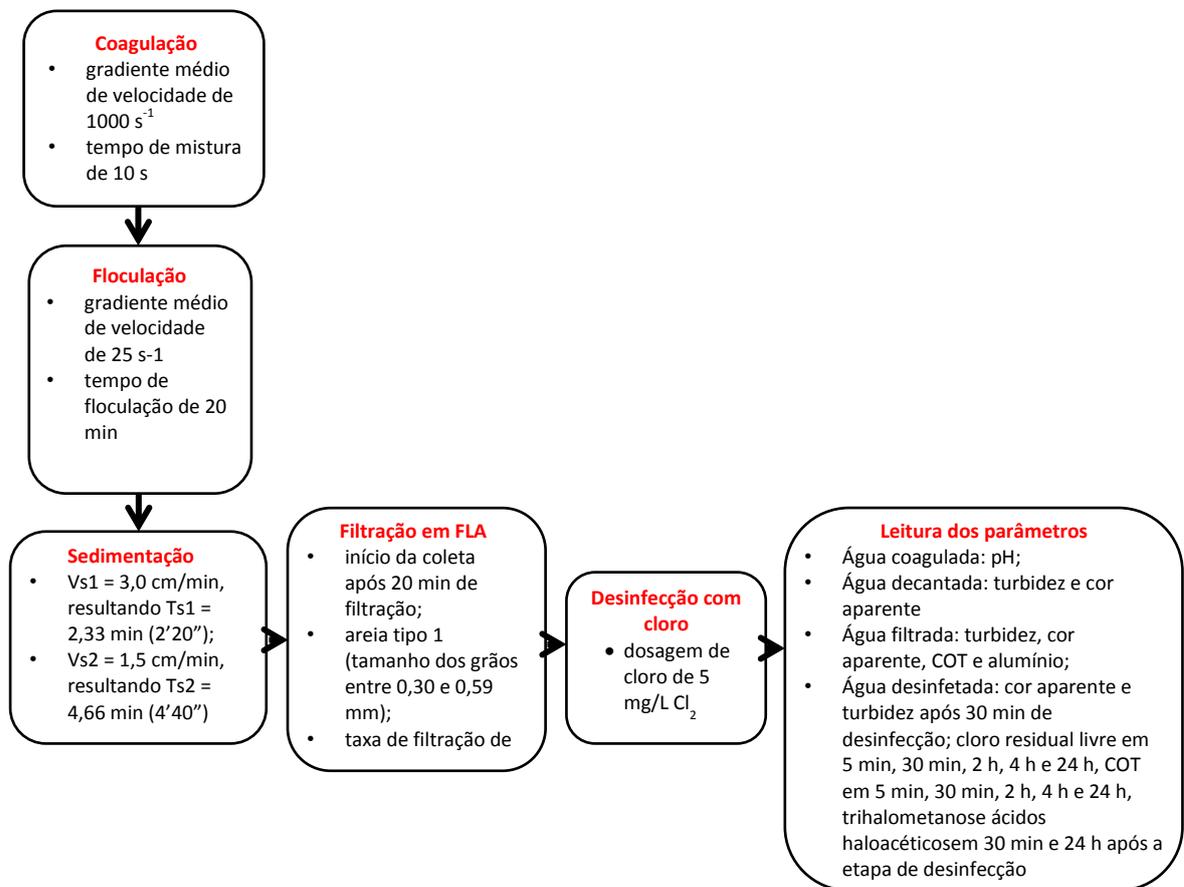


4.3.3 Avaliação do consumo de cloro e da formação de subprodutos orgânicos halogenados na etapa de desinfecção com cloro nas condições otimizadas de coagulação para cada coagulante

A terceira etapa do presente estudo teve como objetivo avaliar o consumo de cloro e a formação de subprodutos orgânicos halogenados na etapa de desinfecção com cloro nas amostras de água filtrada obtidas para cada coagulante.

Após avaliação detalhada dos resultados obtidos na segunda etapa, foram escolhidos três pontos de cada coagulante para dar sequência ao estudo, levando-se em consideração à remoção de COT para esses pontos (incluindo os pontos de dosagens máxima e mínima). Tendo os pontos definidos, foram realizados ensaios de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção com cloro (dosado na forma de hipoclorito de sódio). O fluxograma da etapa citada é apresentado na Figura 19.

Figura 19. Avaliação da formação de SOH e do consumo de cloro na etapa de desinfecção com as condições otimizadas em cada coagulante



Fonte: Autora

As condições definidas para os ensaios realizados foram:

- Mistura rápida: gradiente médio de velocidade de 1000 s^{-1} e tempo de mistura de 10 s;
- Floculação: gradiente médio de velocidade de 25 s^{-1} e tempo de floculação de 20 min;
- Sedimentação: velocidades de sedimentação de $V_{s1} = 3,0 \text{ cm/min}$, resultando $T_{s1} = 2,33 \text{ min (2'20"')}$; $V_{s2} = 1,5 \text{ cm/min}$, resultando $T_{s2} = 4,66 \text{ min (4'40"')}$;
- Filtração em FLA: início da coleta após 20 min de filtração; areia tipo 1 (tamanho dos grãos entre 0,30 e 0,59 mm) e taxa de filtração de 60 m/d.
- Desinfecção com cloro: dosagem de cloro de 5 mg/L Cl_2 .

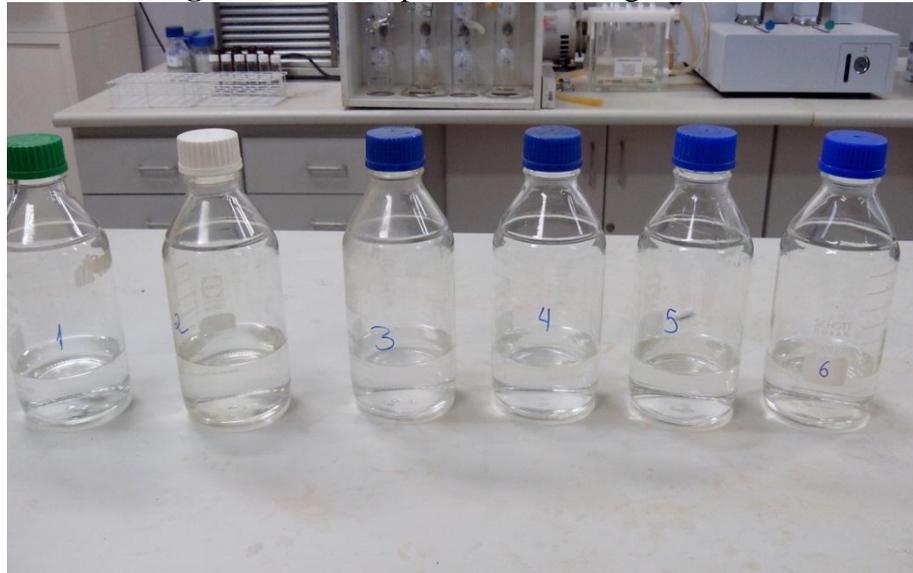
Parâmetros que foram avaliados nesse ensaio:

- Água coagulada: pH
- Água decantada: turbidez e cor aparente;
- Água filtrada: turbidez, cor aparente, COT e alumínio;
- Água desinfetada: cor aparente e turbidez após 30 min de desinfecção; cloro residual livre em 5 min, 30 min, 2 h, 4 h e 24 h, COT em 5 min, 30 min, 2 h, 4 h e 24 h, trihalometanos e ácidos haloacéticos em 30 min e 24 h após a etapa de desinfecção.

A programação do equipamento jarteste foi feita conforme apresentado na Tabela 4do item 4.3.1.

A Figura 20apresenta os frascos para a coleta de água filtrada.

Figura 20. Frascos para a coleta de água filtrada



O tempo máximo foi fixado em 24 horas para reproduzir o tempo que a água distribuída geralmente permanece na rede urbana de distribuição de água.

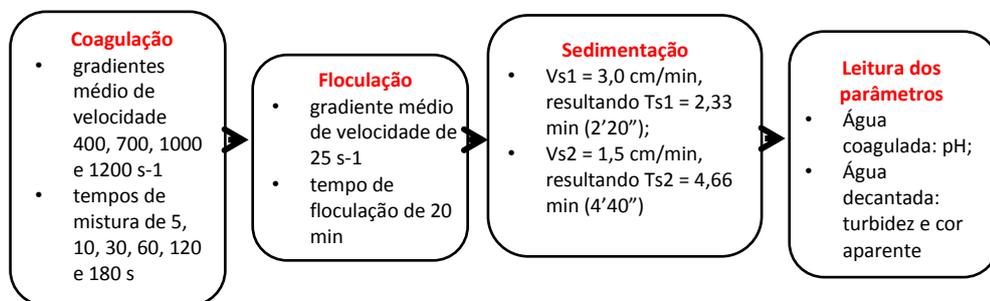
As alíquotas de água desinfetada destinadas às leituras de cloro residual livre foram coletadas, em recipientes próprios, nos tempos determinados e, então reagidas com o DPD para a quantificação do cloro.

Para as leituras de COT foi coletada uma alíquota da água desinfetada para cada tempo determinado, e esta foi desclorada com tiosulfato de sódio imediatamente após a coleta para que o tempo de contato do cloro com as amostras fosse interrompido e a leitura de COT fosse representativa para aquele intervalo. O mesmo aconteceu para as alíquotas coletadas para a leitura de trialometanos e ácidos haloacéticos, porém as amostras foram descloradas com ácido ascórbico.

4.3.4 Verificação da influência das condições de mistura rápida

A quarta etapa do presente estudo teve como objetivo avaliar a influência das condições de mistura rápida para os coagulantes propostos. Esta etapa levou em consideração apenas uma condição de coagulação para cada coagulante, escolhida com base nos ensaios das etapas anteriores. Para tanto, foram realizados ensaios de coagulação, floculação e sedimentação em jarreste. A Figura 21 apresenta o fluxograma relacionado a esta etapa do estudo.

Figura 21. Verificação da influência das condições de mistura rápida para cada coagulante



Fonte: Autora

As condições definidas para estes ensaios foram:

- Mistura rápida: gradientes médio de velocidade 400, 700, 1000 e 1200 s⁻¹ e tempos de mistura de 5, 10, 30, 60, 120 e 180 s;
- Floculação: gradiente médio de velocidade de 25 s⁻¹, e tempo de floculação de 20 min;

- Sedimentação: velocidades de sedimentação de $V_{s1} = 3,0$ cm/min, resultando $T_{s1} = 2,33$ min (2'20"); $V_{s2} = 1,5$ cm/min, resultando $T_{s2} = 4,66$ min (4'40").

Parâmetros avaliados:

- Água coagulada: pH
- Água decantada: turbidez e cor aparente;

A programação do equipamento jarteste utilizada durante esta etapa é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Parâmetros de programação do jarteste e ações cronometradas da quarta etapa

Programação do jarteste com controle automático	Tempos no cronômetro - ações
Número de segmentos: 4	0'00" – Disparar cronômetro e adicionar alcalinizante (se necessário) nos seis jarros;
R0 = 100 rpm	
T0 = 30 s	
R1 = 236 rpm ($Gmr = 400 \text{ s}^{-1}$) ou R1 = 343 rpm ($Gmr = 700 \text{ s}^{-1}$) ou R1 = 436 rpm ($Gmr = 1000 \text{ s}^{-1}$) ou R1 = 493 rpm ($Gmr = 1200 \text{ s}^{-1}$)	0'30" – Estabilização da mistura rápida; 0'40" – Início da mistura rápida: adicionar coagulante no jarro 6; 1'40" – Adicionar coagulante no jarro 5; 2'40" – Adicionar coagulante no jarro 4; 3'10" – Adicionar coagulante no jarro 3; 3'30" – Adicionar coagulante no jarro 2; 3'35" – Adicionar coagulante no jarro 1; 3'40" – Fim da mistura rápida;
T1 = 190 s	
R2 = 236 rpm ($Gmr = 400 \text{ s}^{-1}$) ou R2 = 343 rpm ($Gmr = 700 \text{ s}^{-1}$) ou R2 = 436 rpm ($Gmr = 1000 \text{ s}^{-1}$) ou R2 = 493 rpm ($Gmr = 1200 \text{ s}^{-1}$)	
T2 = 1 s	
R3 = 37 rpm	3'41" – Início da floculação; 23'41" – Término da floculação (desligar equipamento jarteste);
T3 = 1200 s	
R4 = 37 rpm	
Sedimentação Equipamento desligado (R = 0 rpm)	Início da sedimentação; 25'51" – Descarte; 26'01" a 26'11" – coleta de amostras de água decantada ($Vs1 = 3,0 \text{ cm/min}$); 28'11" – Descarte; 28'21" a 28'31" – coleta de amostras de água decantada ($Vs2 = 1,5 \text{ cm/min}$);

A Figura 22 apresenta a variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo para a quarta etapa e a Figura 23 mostra um ensaio durante a etapa de mistura rápida.

Figura 22. Variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo de ensaio para a quarta etapa

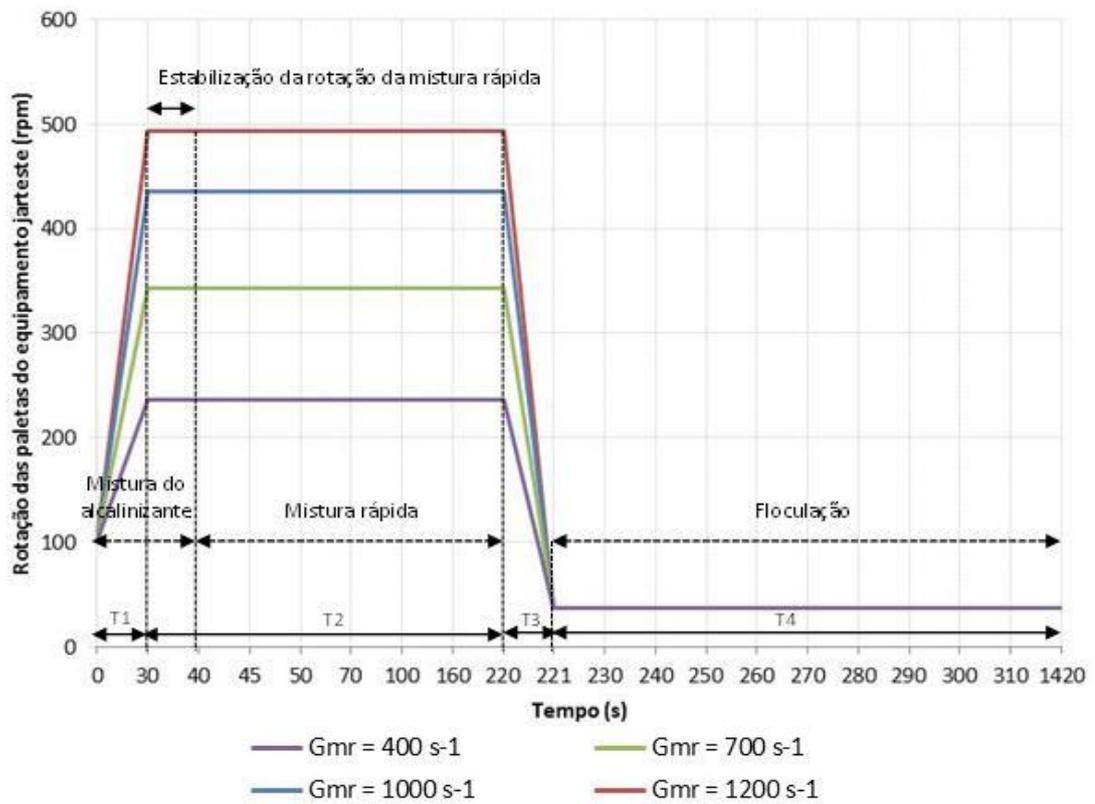


Figura 23. Etapa de mistura rápida durante o ensaio

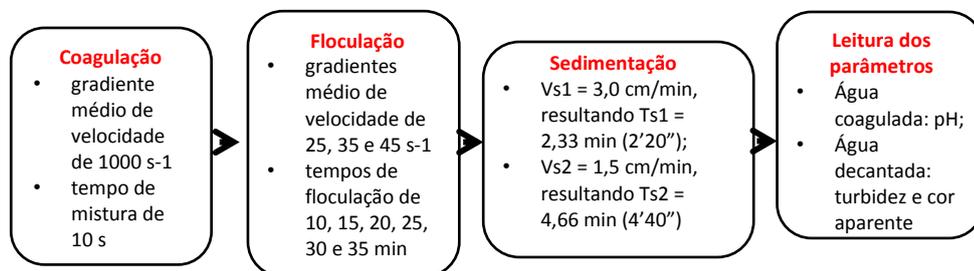


Nesta etapa, foram realizados quatro ensaios para cada coagulante estudado, pois foram avaliados quatro gradientes médios de velocidade de mistura rápida. Para cada gradiente definido foi realizado um ensaio, onde o tempo de mistura rápida foi variado mudando-se o momento da dosagem do coagulante. O gradiente médio de velocidade de floculação e o tempo de floculação permaneceram constantes.

4.3.5 Verificação da influência das condições de floculação

A quinta etapa dos ensaios realizados para avaliação do desempenho dos coagulantes Tanfloc SL e SG, Sulfato de Alumínio e PAC, verificou a influência das condições de floculação. Esta etapa também foi realizada com o melhor ponto escolhido para cada coagulante, assim como determinado no item anterior. Foram feitos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação para avaliar a influência de floculação (gradiente de velocidade e tempo de mistura) na eficiência de cada coagulante em estudo. A Figura 24 apresenta o fluxograma desta etapa.

Figura 24. Verificação da influência das condições de floculação para cada coagulante



Fonte: Autora

As condições determinadas para cada ensaio foram:

- Mistura rápida: gradiente médio de velocidade de 1000 e tempo de mistura de 10 s;
- Floculação: gradientes médio de velocidade de 25, 35 e 45 s^{-1} e tempos de floculação de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 min;
- Sedimentação: velocidades de sedimentação de $V_{s1} = 3,0 \text{ cm/min}$, resultando $T_{s1} = 2,33 \text{ min (2'20")}$; $V_{s2} = 1,5 \text{ cm/min}$, resultando $T_{s2} = 4,66 \text{ min (4'40")}$.

Parâmetros:

- Água coagulada: pH
- Água decantada: turbidez e cor aparente;

A Tabela 7 apresenta a programação utilizada no jarteste para esta etapa.

Tabela 7. Parâmetros de programação do jarteste e ações cronometradas da quinta etapa

Programação do jarteste com controle automático	Tempos no cronômetro – ações
Número de segmentos: 4	0'00" – Disparar cronômetro e adicionar alcalinizante (se necessário) nos seis jarros;
R0 = 100 rpm	
T0 = 30 s	
R1 = 436 rpm	0'30" – Estabilização da mistura rápida; 0'40" – Início da mistura rápida: adicionar coagulante nos seis jarros; 0'50" – Fim da mistura rápida;
T1 = 20 s	
R2 = 436 rpm	
T2 = 1 s	0'51" – Início da floculação; 10'51" – Levantar a paleta do jarro 1; 15'51" – Levantar a paleta do jarro 2; 20'51" – Levantar a paleta do jarro 3; 25'51" – Levantar a paleta do jarro 4; 30'51" – Levantar a paleta do jarro 5; 35'51" – Levantar a paleta do jarro 6 e desligar o equipamento;
R3 = 37 rpm ($Gf = 25 \text{ s}^{-1}$) ou R3 = 46 rpm ($Gf = 35 \text{ s}^{-1}$) ou R3 = 55 rpm ($Gf = 45 \text{ s}^{-1}$)	
T3 = 2100 s	
R4 = 37 rpm ($Gf = 25 \text{ s}^{-1}$) ou R4 = 46 rpm ($Gf = 35 \text{ s}^{-1}$) ou R4 = 55 rpm ($Gf = 45 \text{ s}^{-1}$)	
Sedimentação Equipamento desligado (R = 0 rpm)	Jarro 1 13'01" – Descarte; 13'11" a 13'21" – Coleta de amostras de água decantada ($Vs1 = 3,0 \text{ cm/min}$) 15'21" – Descarte; 15'31" a 15'41" – Coleta de amostras de água decantada ($Vs2 = 1,5 \text{ cm/min}$); Jarro 2 18'01" – Descarte;

	<p>18'11" a 18'21" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); 20'21" – Descarte;</p> <p>20'31" a 20'41" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); Jarro 3 23'01" – Descarte;</p> <p>23'11" a 23'21" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); 20'21" – Descarte;</p> <p>25'31" a 25'41" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); Jarro 4 28'01" – Descarte;</p> <p>28'11" a 28'21" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); 20'21" – Descarte;</p> <p>30'31" a 30'41" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); Jarro 5 33'01" – Descarte;</p> <p>33'11" a 33'21" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); 20'21" – Descarte;</p> <p>35'31" a 35'41" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); Jarro 6 38'01" – Descarte;</p> <p>38'11" a 38'21" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min); 20'21" – Descarte;</p> <p>40'31" a 40'41" – Coleta de amostras de água decantada (Vs2 = 1,5 cm/min);</p>
--	--

Esta etapa constituiu-se na realização de três ensaios para cada coagulante, sendo avaliados três gradientes médios de floculação. Em cada ensaio realizado foi definido um gradiente de velocidade e o tempo de floculação foi variado para cada jarro. Para variação do tempo de floculação, era levantada a paleta dos jarros, uma de cada vez, nos tempos pré-estabelecidos. E a coleta da água decantada era feita em um jarro de cada vez, conforme o tempo de floculação de cada um. O gradiente médio de velocidade de mistura rápida e o tempo permaneceram constantes.

A Figura 25 representa a variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo para a quinta etapa e a Figura 26 mostra a etapa de variação do tempo de floculação durante os ensaios.

Figura 25. Variação da rotação das paletas do jarteste em função do tempo de ensaio para a quinta etapa

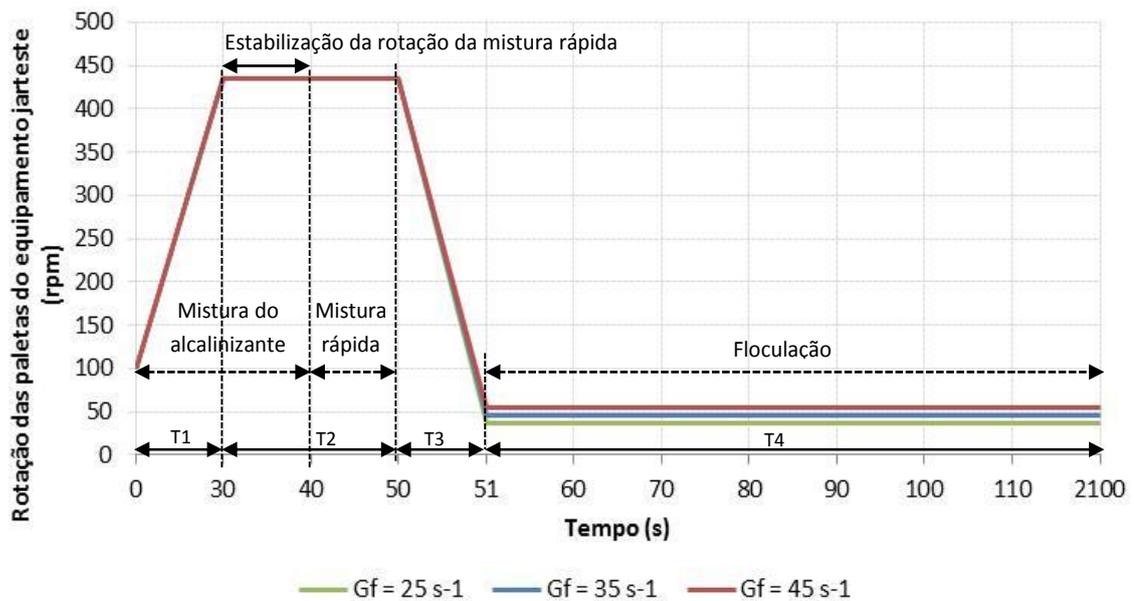
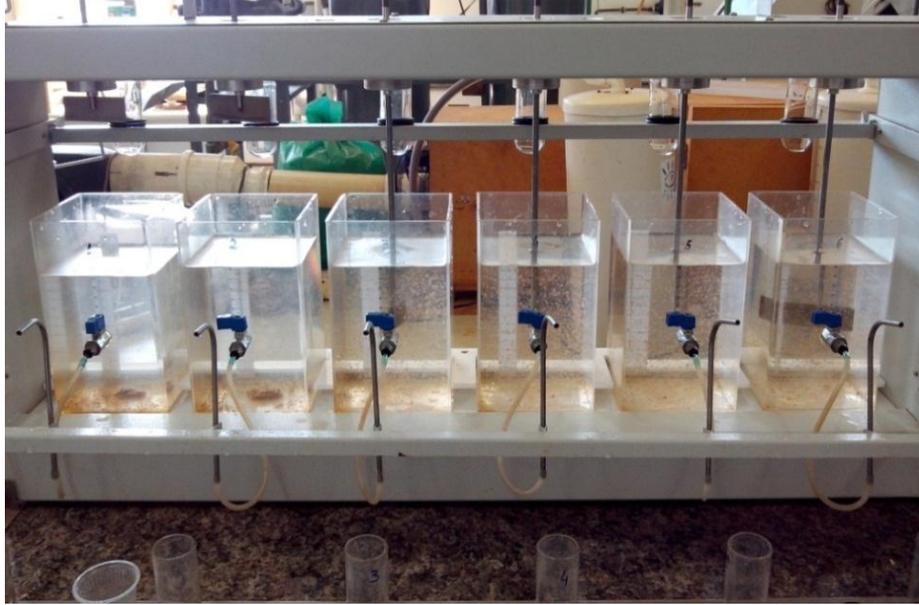


Figura 26. Variação do tempo de floculação através do levantamento das paletas



4.4 ENSAIOS ADICIONAIS PARA VERIFICAÇÃO DA FORMAÇÃO DE CLORO COMBINADO

Após a realização de todas as etapas para avaliação do desempenho dos produtos Tanfloc SL e SG, foram realizados alguns ensaios para a verificação da formação de cloro combinado na etapa de desinfecção. Os ensaios adicionais foram realizados apenas com as amostras de água coaguladas com o Tanfloc SL e o SG. Para a realização desses ensaios optou-se pelas dosagens otimizadas dos coagulantes, as mesmas usadas nos ensaios de verificação da influência da mistura rápida e da floculação, que correspondem aos pontos TSL3 para o Tanfloc SL e TSG3 para o Tanfloc SG (12,0 mg/L e 8,8 mg/L respectivamente). Realizou-se a etapa de coagulação, floculação, sedimentação no equipamento jarreste; após a filtração, foram aplicadas diferentes dosagens de cloro e após 30 minutos de tempo de contato da água foram feitas medidas de cloro total livre (CTL) e de cloro total (CT). A diferença entre essas duas medições resulta a concentração de cloro combinado. Para a validação do teste foram aplicadas diferentes dosagens de cloro em água Milli-Q.

4.5 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Nesta etapa, foi realizada a cotação dos preços dos produtos utilizados para o tratamento da água de estudo, coagulante, alcalinizante e desinfetante. A cotação dos preços

foi feita diretamente com os fornecedores dos determinados produtos. Tendo como referência uma ETA hipotética com vazão de tratamento de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$, localizada na cidade de Ribeirão Preto-SP, foram realizados os cálculos necessários para prever os gastos com produtos químicos utilizados na coagulação, para um mês de funcionamento da ETA citada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas etapas descritas no capítulo 4 estão apresentados nos itens a seguir.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE ESTUDO

A Tabela 8 apresenta todos os parâmetros avaliados na suspensão de caulinita, na água do poço (desclorada) e nas amostras de águas de estudo, cujo preparo foram descritos nos itens anteriores.

Tabela 8. Caracterização físico-química da suspensão de caulinita e das amostras das águas de estudo

Parâmetro	Unidade	Suspensão de Caulinita	Água do poço	Água Am. I	Água Am. II	Água Am. III	Água Am. IV
Absorbância UV 254 nm	-	6,652	0,0370	0,2034	0,2012	0,1995	0,2021
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	60	22	27	20	25	23
COT	mg/L	0*	0,2754	1,327	1,146	1,103	1,058
Cor aparente	uH	> 550	< 1	216	219	229	223
Cor verdadeira	uH	< 1	< 1	29	28	32	30
Alumínio	mg Al/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ferro	mg Fe/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Manganês	mg Mn/L	0,14	0,07	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Zinco	mg Zn/L	0,014	0,007	0,053	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre	mg Cu/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo	mg Cr/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chumbo	mg Pb/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cádmio	mg Cd/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Níquel	mg Ni/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	16	12	15	13	15	14
Turbidez	uT	1600	0,6	49,3	48,7	49,1	48,9

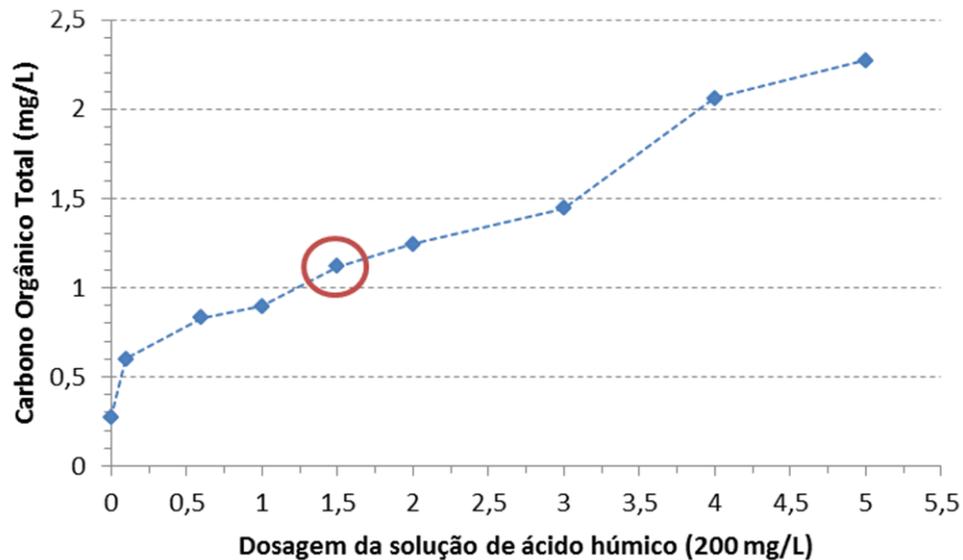
* Medição realizada no produto sólido.

Os valores de cor verdadeira e de turbidez das quatro amostras preparadas ficaram dentro dos valores fixados. As concentrações dos metais investigados resultaram abaixo dos limites de detecção dos métodos.

Devido a adição de ácido húmico para conceder cor à água de estudo, a concentração de COT resultou na faixa de 1,0 a 1,3 mg/L.

Os resultados do teste para determinar o volume da solução de ácido húmico a ser adicionado nas águas de estudo são apresentados na Figura 27.

Figura 27. Influência da dosagem da solução de ácido húmico em relação ao COT da água filtrada



A dosagem de ácido húmico escolhida para utilização nas águas de estudo foi de aproximadamente 1,5 mg/L visto que maiores dosagens resultariam em valores de cor verdadeira mais elevados, podendo descaracterizar águas superficiais reais. Para esta dosagem, o valor de COT resultou em 1,15 mg/L.

5.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE BANCADA

Os resultados obtidos nos ensaios para avaliação do desempenho dos coagulantes estudados estão descritos nos itens subsequentes.

5.2.1 Resultados dos ensaios para definição das condições de coagulação

Com os resultados obtidos nos ensaios realizados, foram construídos os diagramas de coagulação para cada coagulante estudado, tendo-se os valores de turbidez e de cor aparente da água decantada em função da dosagem dos coagulantes e do pH de coagulação para as velocidades de sedimentação de 3,0 e 1,5 cm/min.

Para cada diagrama foram destacadas as regiões que apresentaram melhor desempenho em termos de remoção de turbidez e de cor aparente, possibilitando a análise comparativa dos resultados alcançados. Nos diagramas foram traçadas curvas de isoefficiência para valores de turbidez menores que 5,0 uT e de cor aparente menores que 15 uH.

As Figuras 28 a 31 exibem os diagramas de coagulação referentes ao coagulante Tanfloc SL.

Figura 28. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SL

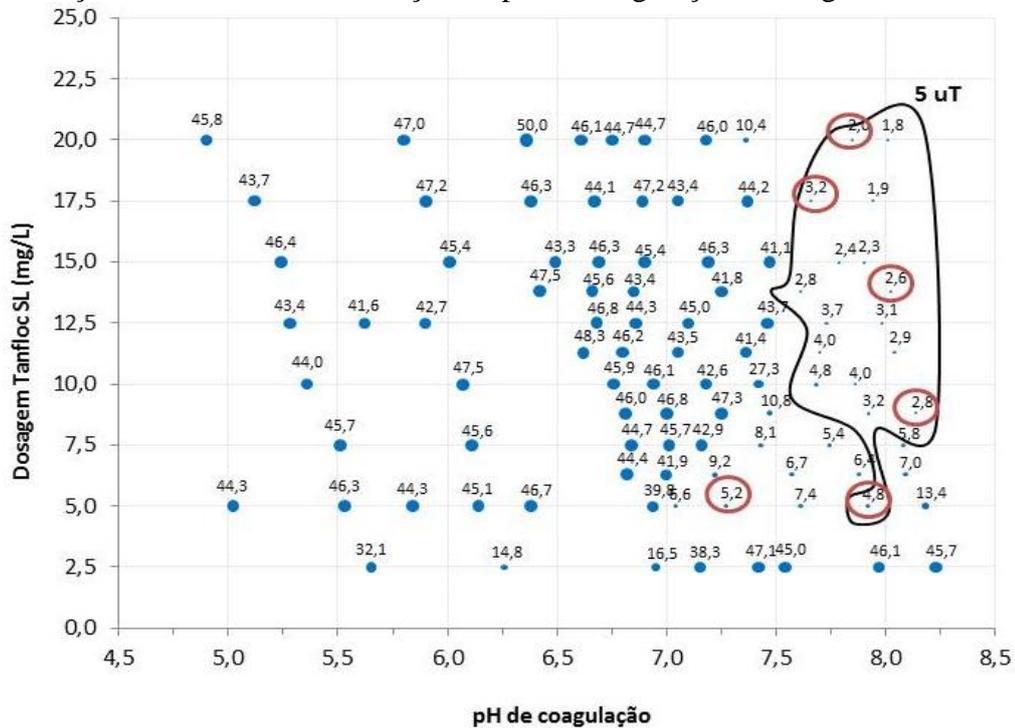


Figura 29. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SL

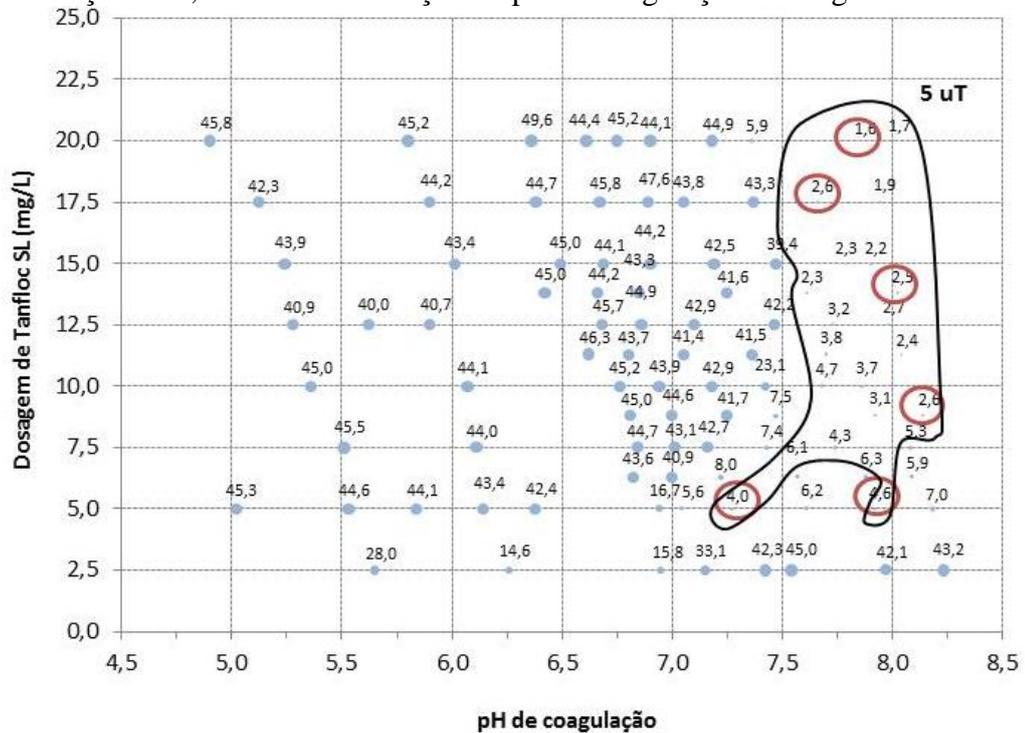


Figura 30. Cor aparente da Água Am. I decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SL

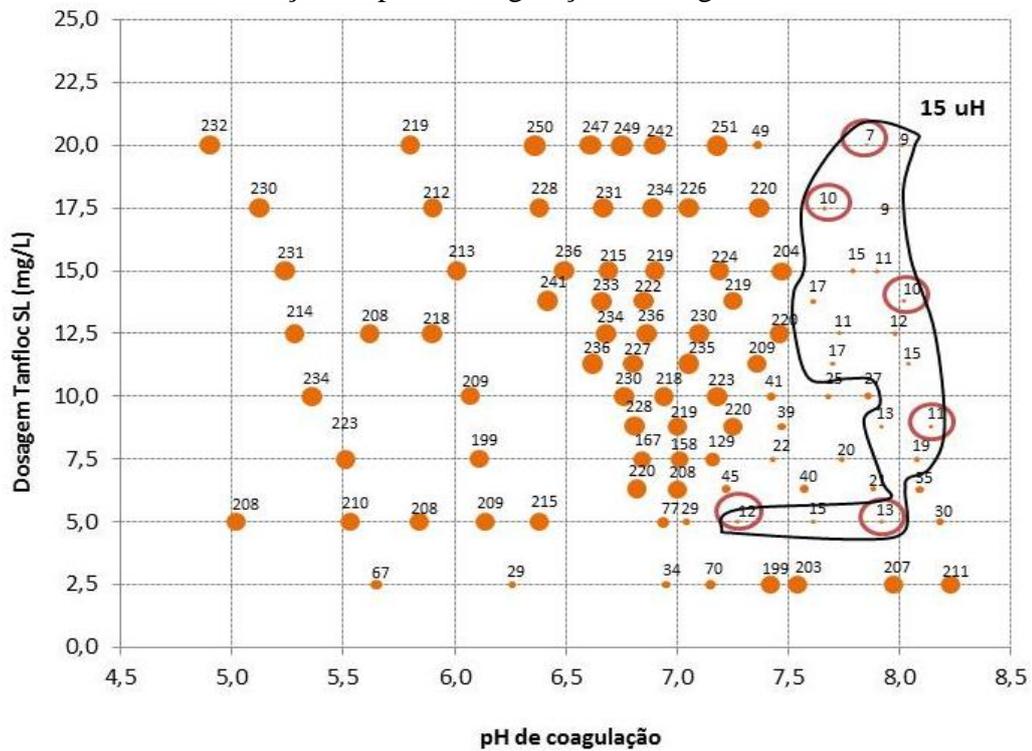
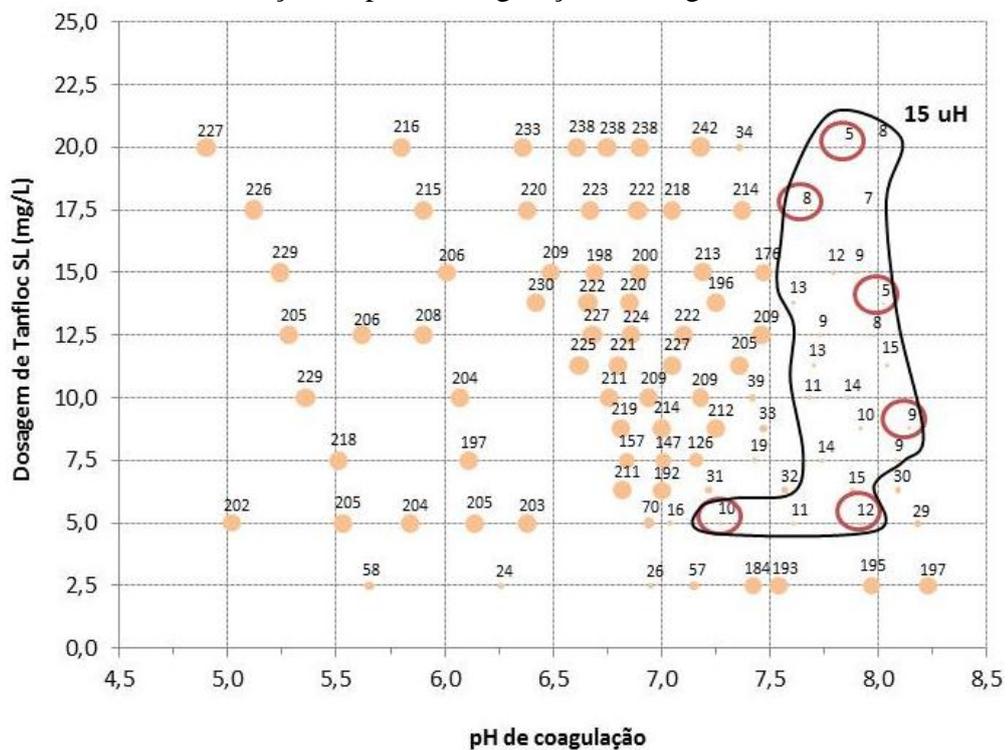


Figura 31. Cor aparente da Água Am. I decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SL



Pela análise dos gráficos das Figuras 28 a 31, é possível identificar que a região que apresentou melhores resultados em termos de remoção de turbidez e cor aparente está situada dentro do intervalo de pH que varia de 7,2 a 8,2 e dosagem de Tanfloc SL entre 5,0 e 20,0 mg/L. Esta região de melhor desempenho está destacada nas figuras já citadas. Pode se observar também que o Tanfloc SL tem um melhor desempenho em valores de pH mais elevados (acima de 7,0) e apresentou boa remoção de turbidez em dosagens relativamente baixas.

Moraes et al. (2007) verificaram a eficiência de remoção de cor e turbidez do Tanfloc SL, utilizando-se água bruta do rio Pirapó, e observaram melhor eficácia em faixas de pH inferiores a 5,0. No presente estudo os melhores resultados de remoção de cor e de turbidez foram obtidos em faixas de pH acima de 7,0. As dosagens de coagulante e as faixas de pH de coagulação que otimizam o tratamento estão diretamente relacionadas à qualidade da água a ser tratada, reforçando a necessidade da realização de ensaios de tratabilidade quando do emprego dos coagulantes a base de Tanino.

Os pontos em destaque no diagrama foram escolhidos para dar sequência nos próximos ensaios. Para a escolha destes pontos, levou-se em consideração os valores de turbidez remanescente menores que 5,0 uT e procurou-se escolher os pontos que abrangessem uma área significativa dentro da região de melhor desempenho.

Nas Figuras 32 a 35 são apresentados os diagramas de coagulação relativos ao Tanfloc SG.

Figura 34. Cor aparente da Água Am. II decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SG

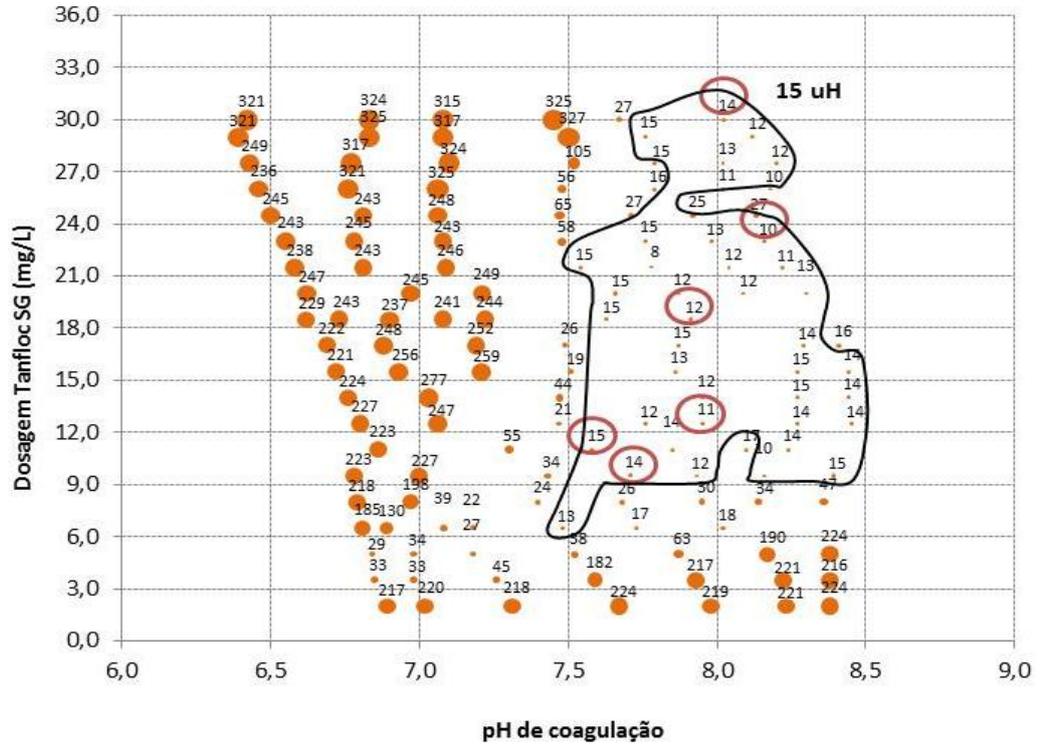
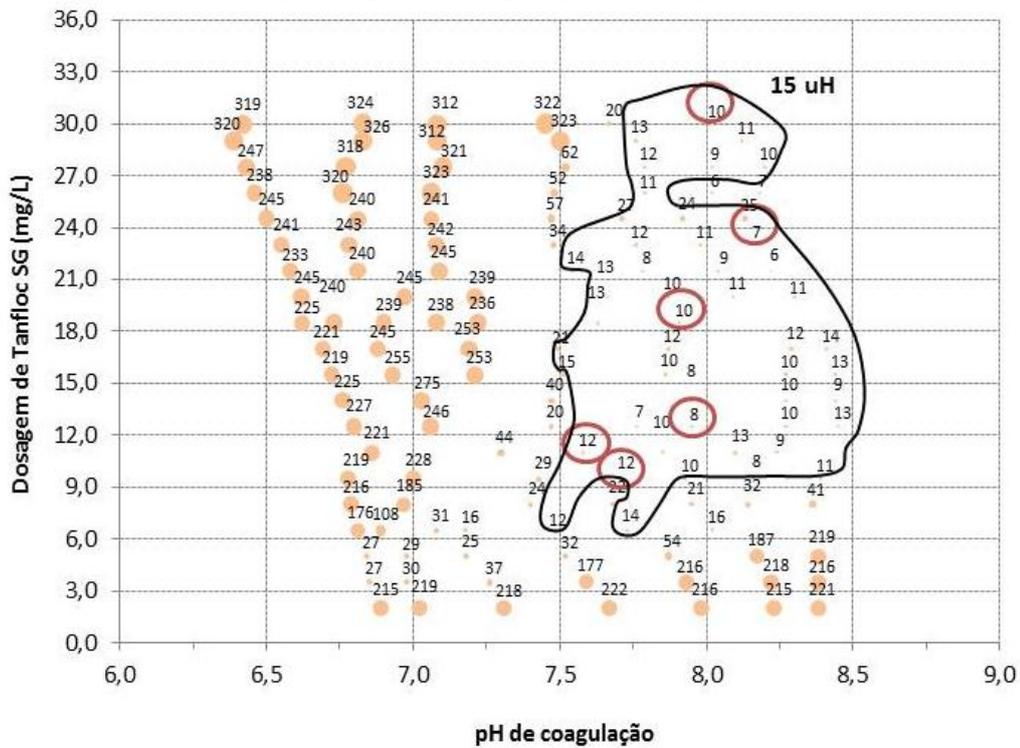


Figura 35. Cor aparente da Água Am. II decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Tanfloc SG



Similar a análise realizada para o coagulante Tanfloc SL, foram identificadas nas Figuras 32 a 35 as regiões de melhores eficiências de remoção de turbidez e de cor aparente. Para o Tanfloc SG, a melhor região de coagulação resultou na área compreendida entre os valores de pH de 7,5 a 8,5 e dosagens de coagulante variando de 6,0 a 30,0 mg/L.

É possível observar que os tipos de Tanfloc estudados possuem características semelhantes, pois ambos tiveram melhor eficiência em valores elevados de pH (acima de 7,0) e também tanto um quanto o outro se mostraram eficientes em valores reduzidos de dosagem. Porém é válido ressaltar que esse comportamento ocorreu na água de estudo do presente projeto, podendo ocorrer diferentes variações em outras águas.

Foram traçadas curvas de isoefficiência de 5,0 uT e de 15 uH nos diagramas e destacados os seis pontos escolhidos para os ensaios subsequentes. Os pontos foram escolhidos a fim de se estudar uma faixa de dosagens e valores de pH que abrangesse grande parte da área representada dentro das curvas de isoefficiência.

Nas Figuras 36 a 39 são apresentados os diagramas de coagulação relativos ao Sulfato de Alumínio. Ressalta-se que as dosagens referem-se ao produto comercial líquido.

Figura 36. Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com vel. de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Sulfato de Alumínio

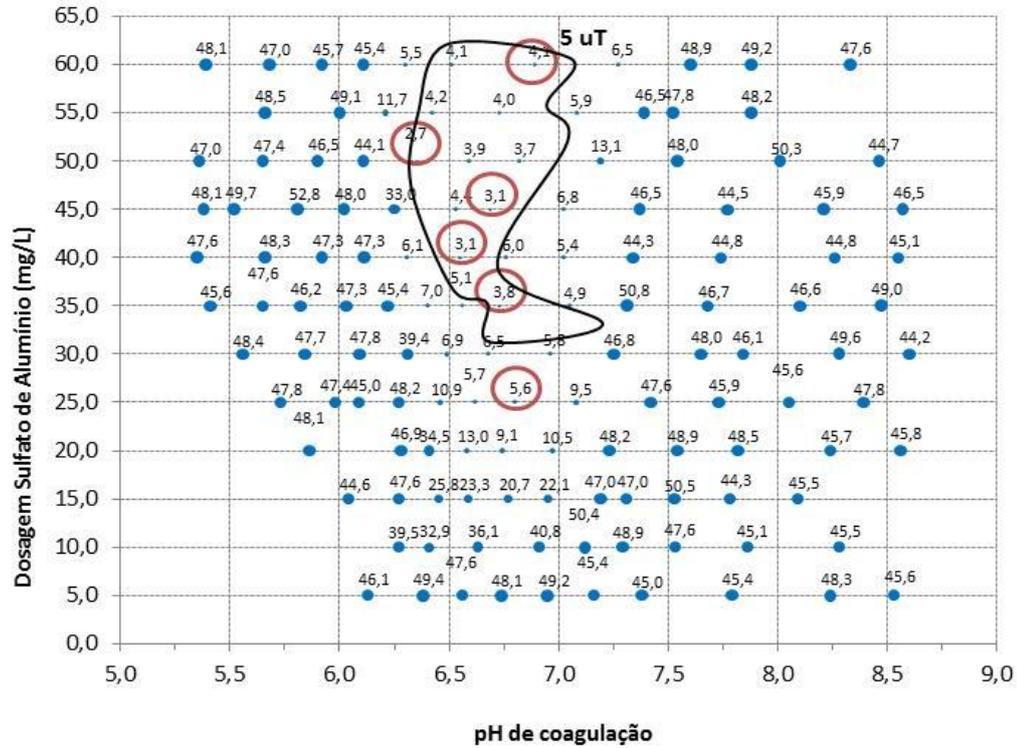


Figura 37. Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com vel. de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Sulfato de Alumínio

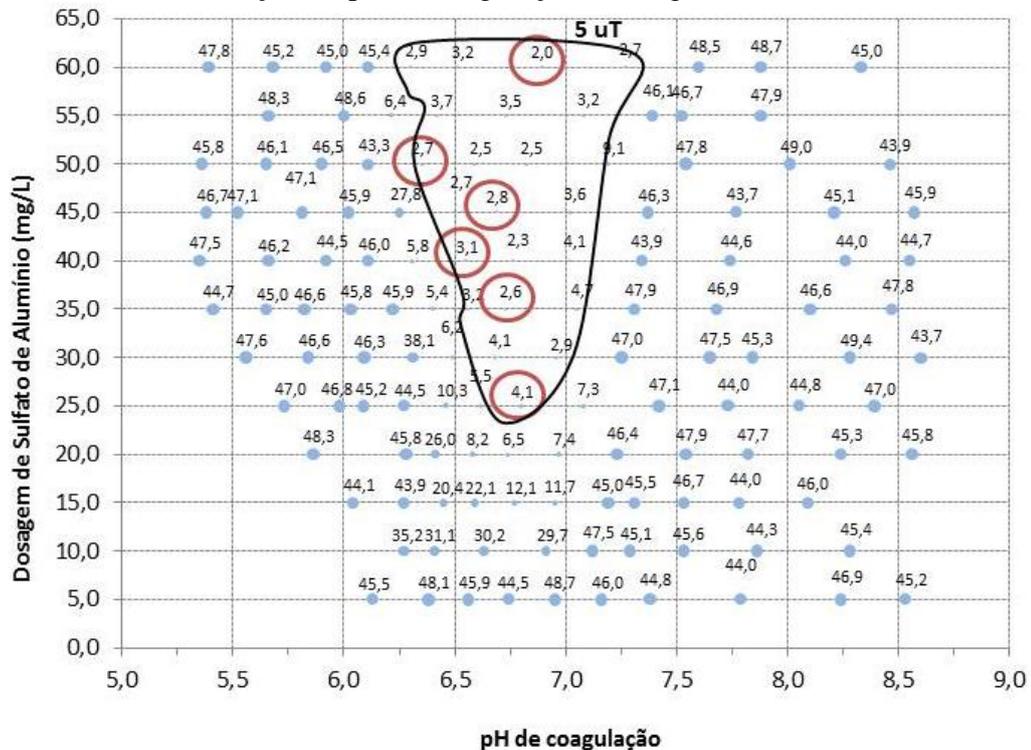


Figura 38. Cor aparente da Água Am. III decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Sulfato de Alumínio

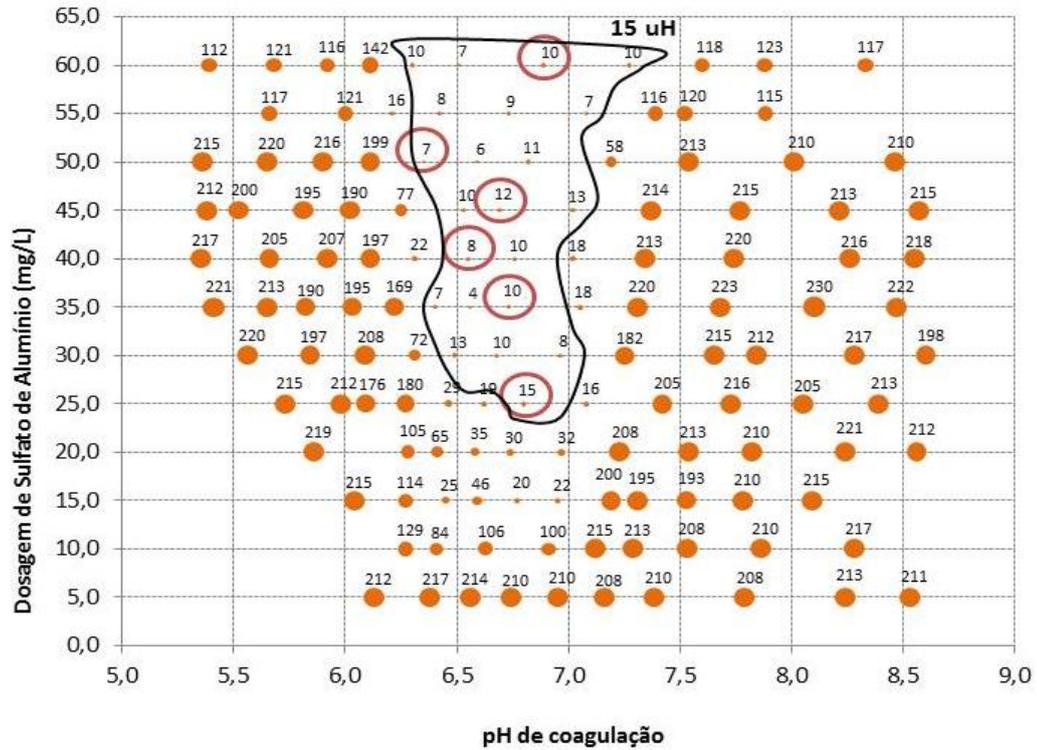
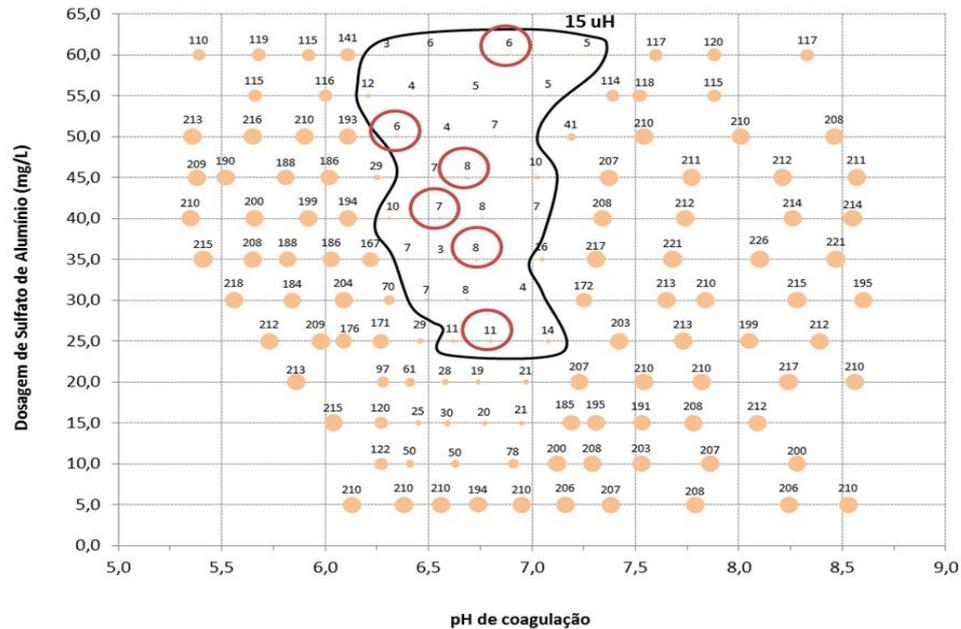


Figura 39. Cor aparente da Água Am. III decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de Sulfato de Alumínio



Para o coagulante Sulfato de Alumínio, a região que apresentou melhor desempenho, em destaque nos gráficos das Figuras 36 a 39, está compreendida entre os valores de pH de 6,25 e 7,0 para Vs1 e 6,25 e 7,25 para Vs2. Considerando os resultados de dosagem, para Vs1 os valores resultaram de 35,0 a 60,0 mg/L e para Vs2 de 25,0 a 60,0 mg/L.

De acordo com esses resultados, foram traçadas as curvas de isoeffiência em cada um dos diagramas, sendo estas para valores de turbidez menores que 5,0 uT e valores de cor aparente menores que 15 uH. Dentro das curvas, estão em destaque os pontos escolhidos para a realização dos próximos ensaios, visando avaliar uma área que compreendesse grande faixa de dosagem de coagulante e pH.

Observando os diagramas, também é possível perceber que o Sulfato de Alumínio atua melhor em valores de pH mais baixos em relação aos coagulantes Tanfloc SL e SG, porém as dosagens de coagulante são mais elevadas, podendo chegar a 60,0 mg/L, uma vez que os coagulantes orgânicos tiveram dosagem máxima de 20,0 mg/L para o Tanfloc SL e 30,0 mg/L para o Tanfloc SG.

Nas Figuras 40 a 43 são apresentados os diagramas de coagulação relativos ao coagulante comercial PAC.

Figura 40. Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de PAC

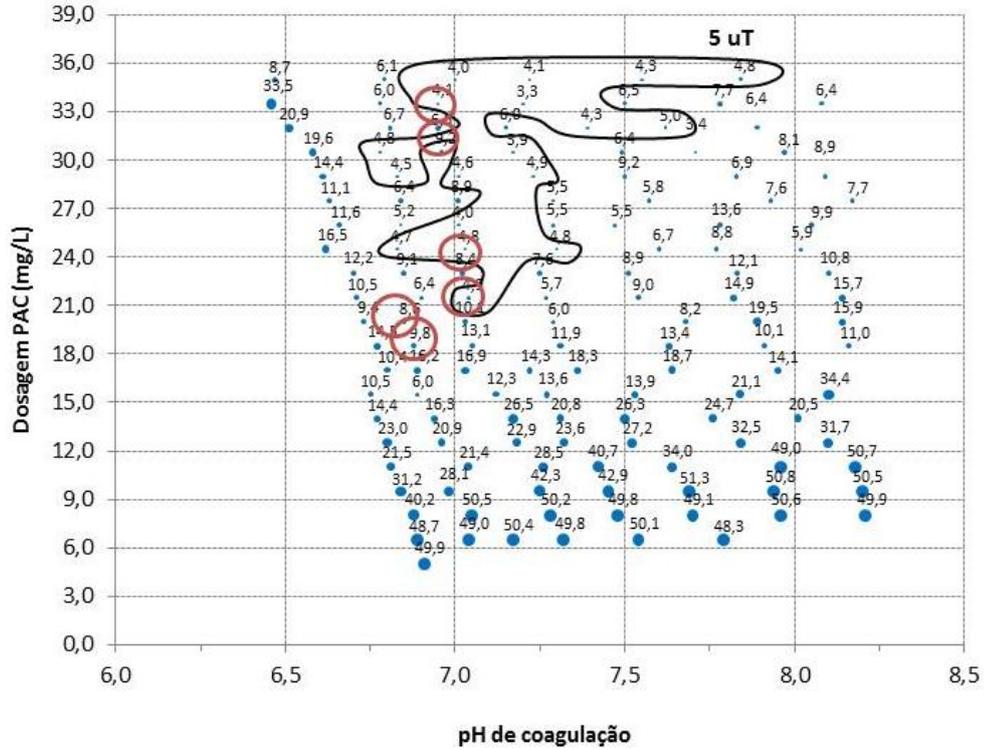


Figura 41. Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de PAC

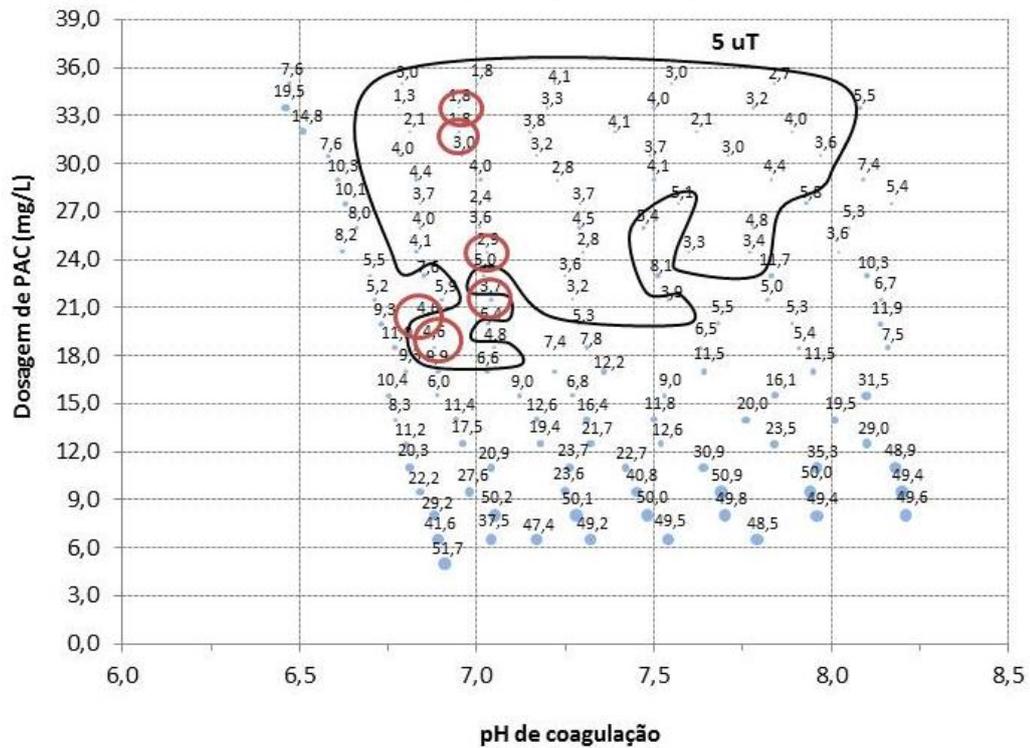


Figura 42. Cor aparente da Água Am. IV decantada com velocidade de sedimentação de 3,0 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de PAC

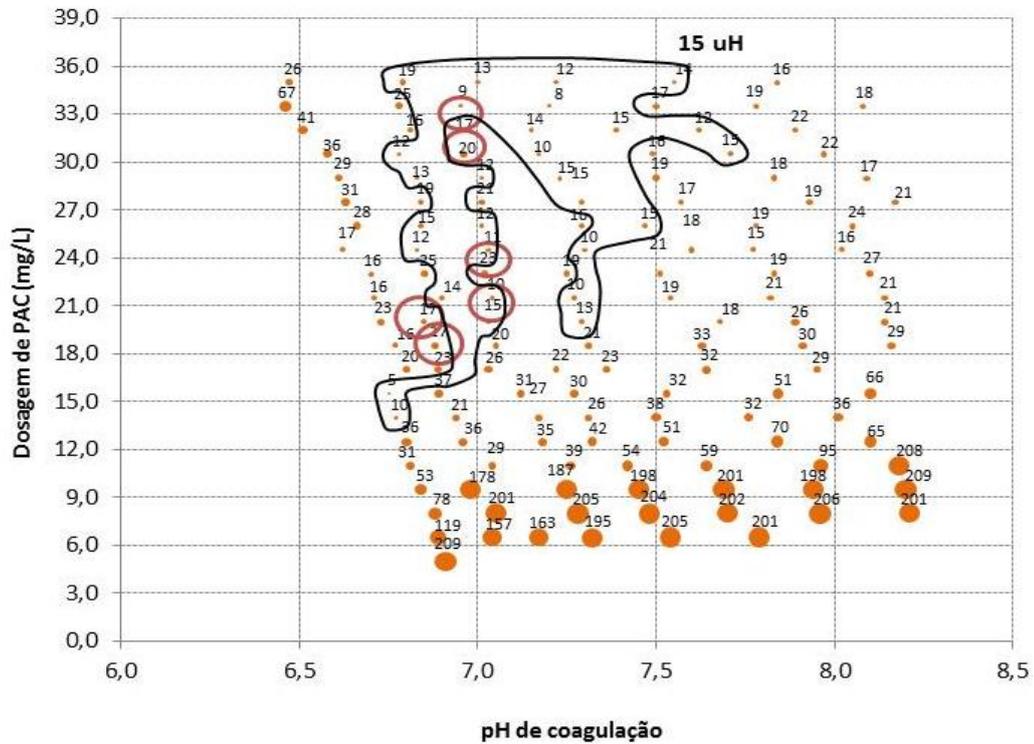
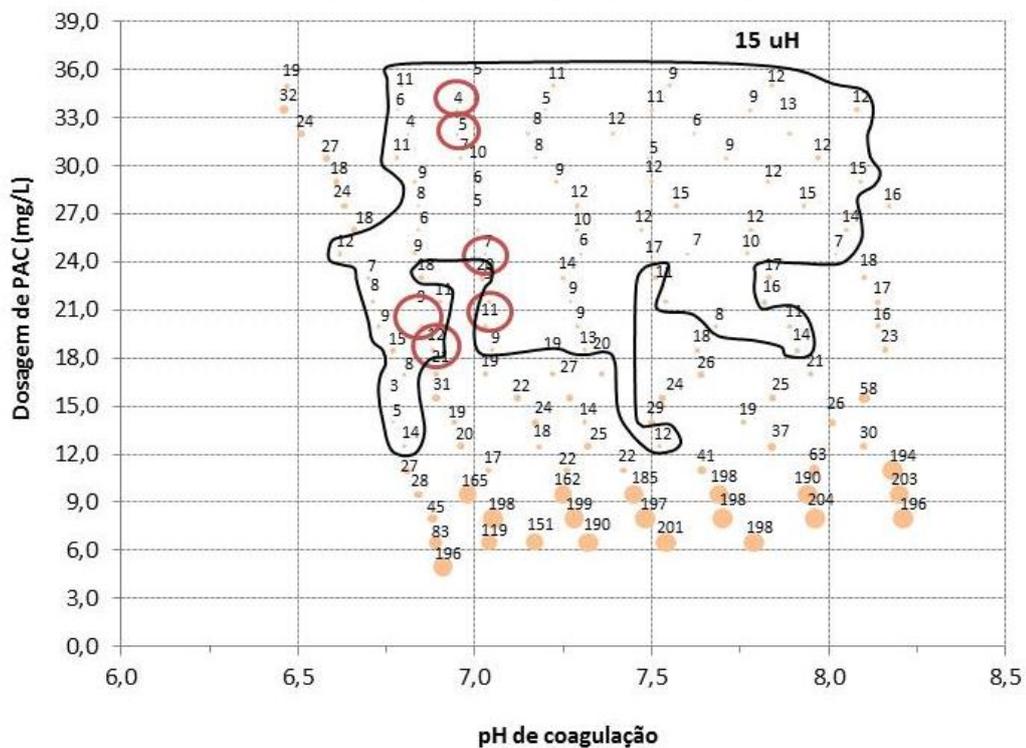


Figura 43. Cor aparente da Água Am. IV decantada com velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min em função do pH de coagulação e dosagem de PAC



Analisando os gráficos das Figuras 40 a 43 para o PAC, observou-se que a região que apresentou melhor desempenho está compreendida entre os valores de pH de 6,25 e 7,75 para Vs1 e de 6,25 e 8,0 para Vs2. As dosagens resultaram entre 21,5 e 36,0 mg/L para Vs1 = 3,0 cm/min e entre 18,5 e 36,0 mg/L para Vs2 = 1,5 cm/min. A região de melhor desempenho deste coagulante está em destaque nas figuras citadas anteriormente. Esta região está compreendida dentro das curvas de isoefficiência, traçadas para valores de turbidez menores que 5,0 uT e cor aparente menor que 15 uH. Os pontos destacados nos diagramas foram escolhidos para serem estudados nas próximas etapas.

É possível observar que para a mesma eficiência (turbidez da água decantada inferior a 5,0 uT e cor aparente inferior a 15 uH), a região obtida com o PAC resultou mais ampla que as obtidas com os outros coagulantes. Entretanto, as dosagens de PAC foram mais elevadas em comparação aos coagulantes Tanfloc SL e SG.

Nos diagramas apresentados nas Figuras 26 a 41, dentro das regiões destacadas, foram escolhidos alguns pontos (pH de coagulação x dosagem de coagulante) tendo-se como critério de escolha as melhores eficiências de remoção de turbidez e de cor aparente e as dosagens mínimas de produtos químicos. Na Tabela 9 são apresentados os pontos escolhidos para cada coagulante. A Tabela completa com os resultados de todos os pontos testados encontra-se no Apêndice A.

Tabela 9. Pontos escolhidos para os coagulantes estudados.

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Coagulante - Tanfloc SL							
TSL1	5,0	1,0	7,3	4,5	4,0	12	10
TSL2	5,0	2,0	7,9	4,8	4,6	13	12
TSL3	8,8	2,8	8,1	2,8	2,6	11	9
TSL4	13,8	3,7	8,0	2,6	2,5	10	5
TSL5	17,5	3,7	7,7	3,2	2,6	10	8
TSL6	20,0	4,4	7,9	2,0	1,6	7	5
Coagulante - Tanfloc SG							
TSG1	9,5	2,5	7,7	4,7	4,3	14	12
TSG2	11,0	2,5	7,6	4,9	3,7	15	12
TSG3	12,5	3,5	8,0	4,0	3,3	11	8
TSG4	18,5	5,0	7,9	2,7	2,6	12	10
TSG5	23,0	6,0	8,2	2,0	1,9	10	7
TSG6	30,0	5,8	8,0	2,6	2,1	14	10
Coagulante - Sulfato de Alumínio							
SA1	25,0	4,0	6,8	5,6	4,1	15	11
SA2	35,0	6,0	6,7	3,8	2,6	10	8
SA3	40,0	5,2	6,6	3,1	3,1	8	7
SA4	45,0	7,4	6,7	3,1	2,8	12	8
SA5	50,0	6,0	6,4	2,7	2,7	7	6
SA6	60,0	11,2	6,9	4,1	2,0	10	6
Coagulante - PAC							
PAC1	18,5	1,5	6,9	9,8	4,6	17	12
PAC2	20,0	1,7	6,9	8,6	4,6	17	9
PAC3	21,5	2,7	7,0	4,9	3,7	10	9
PAC4	24,5	3,0	7,0	4,8	2,9	11	7
PAC5	32,0	3,3	7,0	6,6	1,8	17	5
PAC6	33,5	3,6	7,0	4,1	1,8	9	4

Os pontos escolhidos estão em destaque nos diagramas, incluindo os pontos de dosagem máxima e de dosagem mínima.

5.2.2 Resultados dos ensaios para avaliação da remoção de COT

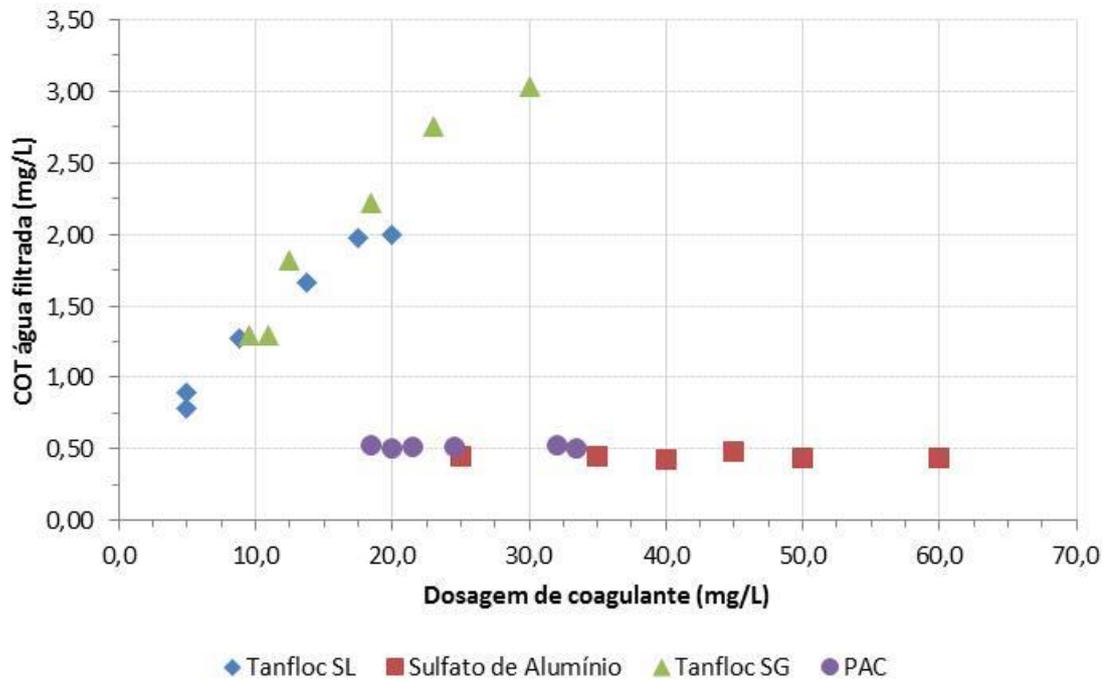
Tendo já definidos os melhores pontos dos diagramas de coagulação de cada coagulante, apresentados no item 5.2.1, os resultados de remoção de COT e concentração de alumínio de cada um deles são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Avaliação de remoção de COT pontos escolhidos

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada				Água filtrada		
				Turbidez (uT)		Cor (uH)		Turbidez (uT)	Cor (uH)	COT (mg/L)
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2			
Coagulante - Tanfloc SL										
TSL1	5,0	1,0	7,2	4,9	4,2	16	12	0,43	<1	0,79
TSL2	5,0	2,0	7,9	5,1	4,7	17	11	0,42	<1	0,90
TSL3	8,8	2,8	8,1	3,5	3,0	14	10	0,43	<1	1,28
TSL4	13,8	3,7	8,1	2,6	2,4	12	9	0,39	<1	1,67
TSL5	17,5	3,7	7,8	2,8	2,6	16	8	0,45	<1	1,98
TSL6	20,0	4,4	8,0	1,6	1,4	7	4	0,41	<1	2,01
Coagulante - Tanfloc SG										
TSG1	9,5	2,5	7,7	4,8	4,3	14	11	0,46	<1	1,31
TSG2	11,0	2,5	7,5	4,9	3,7	14	13	0,45	<1	1,31
TSG3	12,5	3,5	7,9	4,1	3,4	11	9	0,47	<1	1,83
TSG4	18,5	5,0	8,0	2,9	2,6	12	8	0,48	<1	2,23
TSG5	23,0	6,0	8,2	2,1	2,0	11	8	0,49	<1	2,76
TSG6	30,0	5,8	8,0	2,5	2,1	13	11	0,45	<1	3,04
Coagulante - Sulfato de Alumínio										
SA1	25,0	4,0	6,8	5,5	4,3	14	10	0,48	<1	0,45
SA2	35,0	6,0	6,7	4,1	2,8	11	5	0,44	<1	0,45
SA3	40,0	5,2	6,6	3,4	3,2	9	5	0,38	<1	0,43
SA4	45,0	7,4	6,7	2,8	2,4	10	1	0,40	<1	0,48
SA5	50,0	6,0	6,4	3,0	2,8	8	6	0,42	<1	0,44
SA6	60,0	11,2	6,9	3,0	2,1	11	5	0,46	<1	0,44
Coagulante - PAC										
PAC1	18,5	1,5	6,9	9,5	4,5	15	11	0,50	<1	0,52
PAC2	20,0	1,7	6,9	8,3	4,8	17	8	0,44	<1	0,50
PAC3	21,5	2,7	7,0	4,8	3,6	10	9	0,46	<1	0,51
PAC4	24,5	3,0	7,0	4,8	2,6	10	8	0,48	<1	0,51
PAC5	32,0	3,3	7,0	5,4	1,8	16	5	0,44	<1	0,53
PAC6	33,5	3,6	7,0	4,1	1,9	11	5	0,45	<1	0,51

A Figura 44 apresenta a concentração de COT em relação às dosagens utilizadas em cada condição de coagulação ensaiada.

Figura 44. Concentração de COT da água filtrada em relação às dosagens de cada coagulante estudado



Analisando a Figura 44, é possível observar que a concentração de COT se manteve constante em relação à variação das dosagens de Sulfato de Alumínio e de PAC. O mesmo não aconteceu para os coagulantes: Tanfloc SL e SG, pois de acordo com a mesma figura é possível perceber que a concentração de COT aumentou proporcionalmente em relação a dosagens destes coagulantes. Isso ocorreu devido ao fato dos coagulantes Tanfloc correspondem a macromoléculas orgânicas e, como citado anteriormente, são produzidos a partir de tanino.

5.2.3 Resultados do consumo de cloro e da formação de subprodutos orgânicos halogenados na etapa de desinfecção com cloro nas condições otimizadas de coagulação para cada coagulante

Os pontos escolhidos para esta etapa apresentaram valores de turbidez da água decantada abaixo de 5,0 uT, valor máximo recomendado para que não haja comprometimento da etapa de filtração, como encurtamento das carreiras de filtração dos filtros de uma ETA em ciclo completo. Os pontos de dosagem máxima e mínima também foram avaliados nesta etapa.

Para a escolha dos pontos para os coagulantes Tanfloc SL e SG, levou-se em consideração a dosagem de coagulante aplicada, os resultados de turbidez e cor aparente obtidos e a concentração de COT da água filtrada. Para dosagens abaixo daquelas escolhidas verificou-se que os resultados de turbidez situavam-se muito próximos ou acima do valor recomendado e por isso foram desconsiderados. Para os pontos com dosagens superiores às escolhidas, embora os resultados de turbidez da água decantada fossem menores em alguns casos, o desempenho superior não era suficiente para justificar a utilização de uma dosagem maior de coagulante, porque isso acarretaria em maiores gastos com alcalinizante, e a maior dosagem de coagulante utilizada também provocaria um aumento do COT da água filtrada que, como se sabe, poderia prejudicar o desempenho das etapas de cloração e desinfecção da água tratada.

No caso do Sulfato de Alumínio foi aplicado raciocínio análogo ao adotado para os coagulantes Tanfloc, optando-se pela escolha das condições de coagulação com as quais foram obtidos valores de turbidez da água decantada abaixo de 5,0 uT para as velocidades de sedimentação consideradas. Além disso, o fator econômico ligado à dosagem de coagulante também foi levado em consideração, buscando-se adotar uma dosagem mínima do coagulante para a obtenção da mesma eficiência.

Para o coagulante PAC, observando-se os resultados apresentados na Tabela 10, percebe-se que se escolheu a dosagem de 24,5 mg/L ao invés de 21,5 mg/L sendo que ambas apresentaram o mesmo valor de V_s . Porém, o que foi levado em consideração para a escolha deste ponto foi a turbidez remanescente para a velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min, uma vez que este ponto (PAC4) teve melhores resultados neste quesito em relação ao PAC3.

A Tabela 11 apresenta os pontos escolhidos para as próximas etapas do estudo.

Tabela 11. Pontos escolhidos para esta etapa do estudo.

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Tanfloc SL							
TSL1	5,0	1,1	7,2	5,0	4,4	10	8
TSL3	8,8	2,9	8,0	3,7	3,5	8	5
TSL6	20,0	4,4	7,9	2,3	1,7	3	2
Tanfloc SG							
TSG1	9,5	2,5	7,6	4,6	4,3	16	13
TSG3	12,5	3,5	7,9	4,1	3,3	15	10
TSG6	30,0	5,8	7,9	2,5	2,1	14	11
Sulfato de Alumínio							
SA1	25,0	4,0	6,8	5,5	4,4	12	7
SA2	35,0	6,0	6,7	4,3	2,7	12	5
SA6	60,0	11,2	6,8	3,4	2,0	10	6
PAC							
PAC1	18,5	1,5	6,9	9,2	4,7	17	10
PAC4	24,5	3,0	7,1	4,8	2,8	9	5
PAC6	33,5	3,6	7,0	4,1	1,8	12	7

Após a coleta da água filtrada obtida por meio dos ensaios realizados em jarreste, efetuou-se a adição de cloro com dosagem de 5,0 mg/L Cl₂, para verificação do consumo deste produto ao longo do tempo. Após os tempos determinados, realizou-se a medição da concentração de cloro residual livre, COT e dos SOH. Os resultados das análises realizadas para todos os coagulantes estudados são mostrados nas Figuras 45 a 56. A Tabela completa com todos os resultados obtidos nesta etapa encontra-se no Apêndice B.

Figura 45. Cloro residual livre e COT presentes na Água Am. I após tratamento, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SL em diferentes dosagens

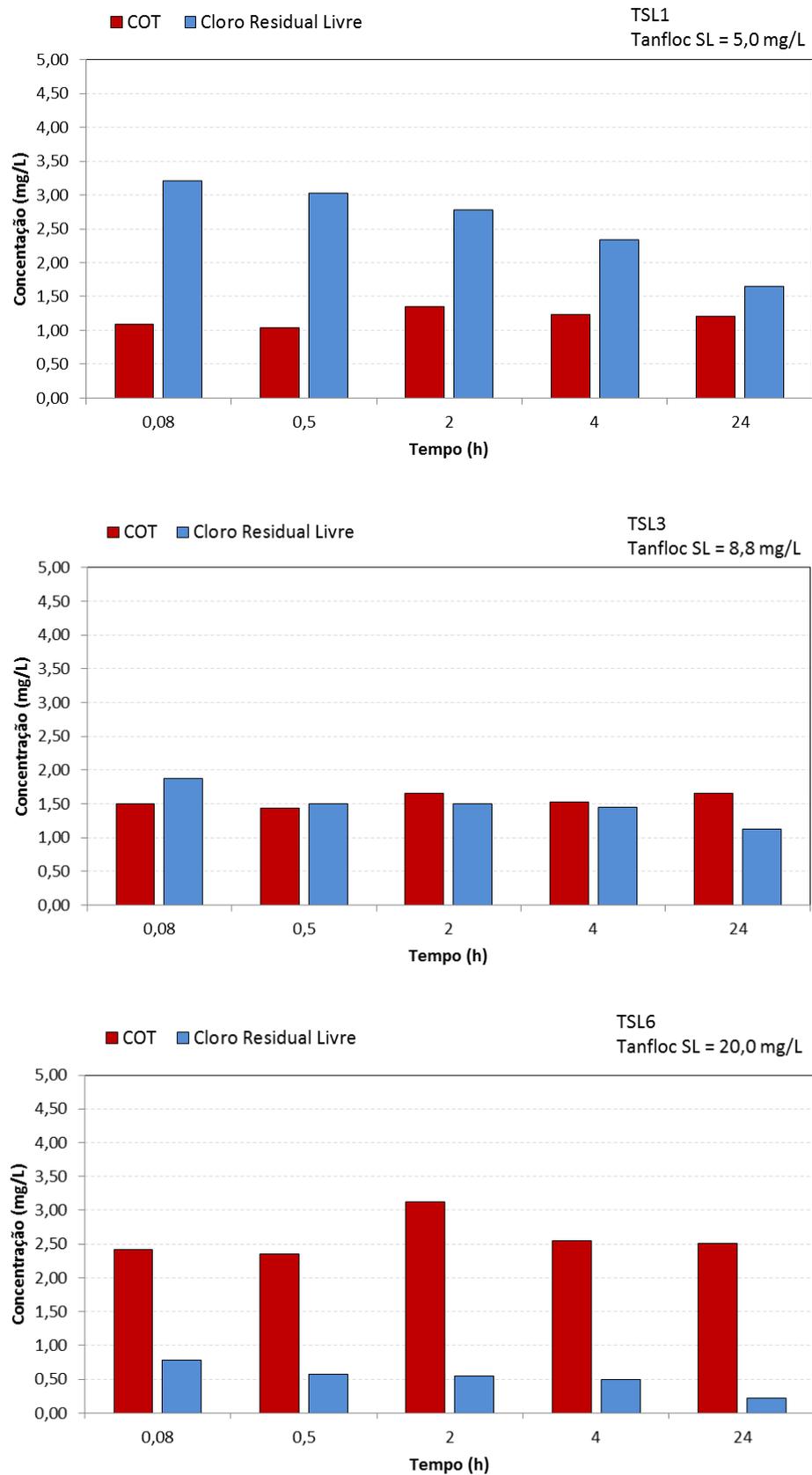


Figura 46. THM formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. I, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SL em diferentes dosagens

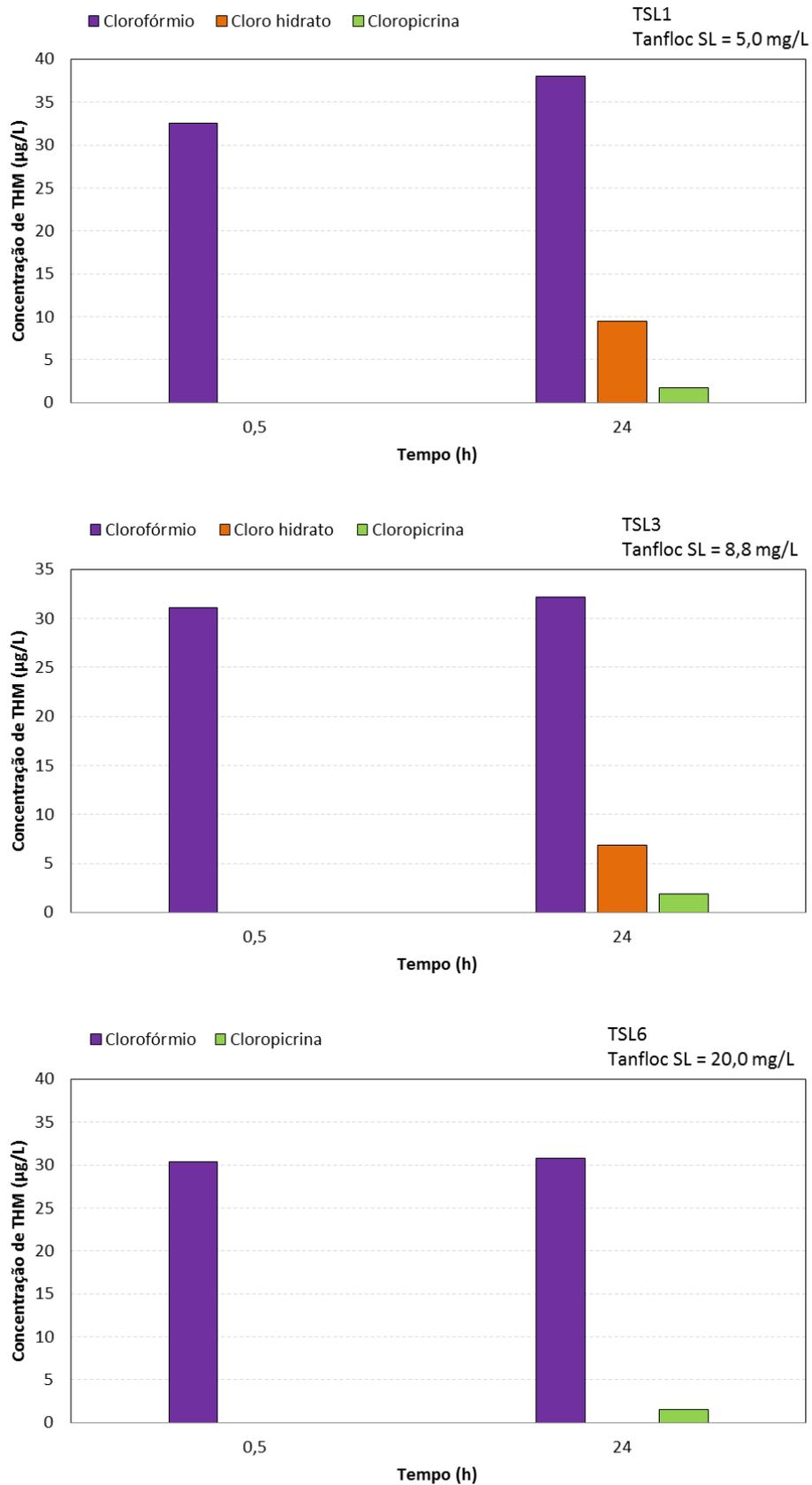
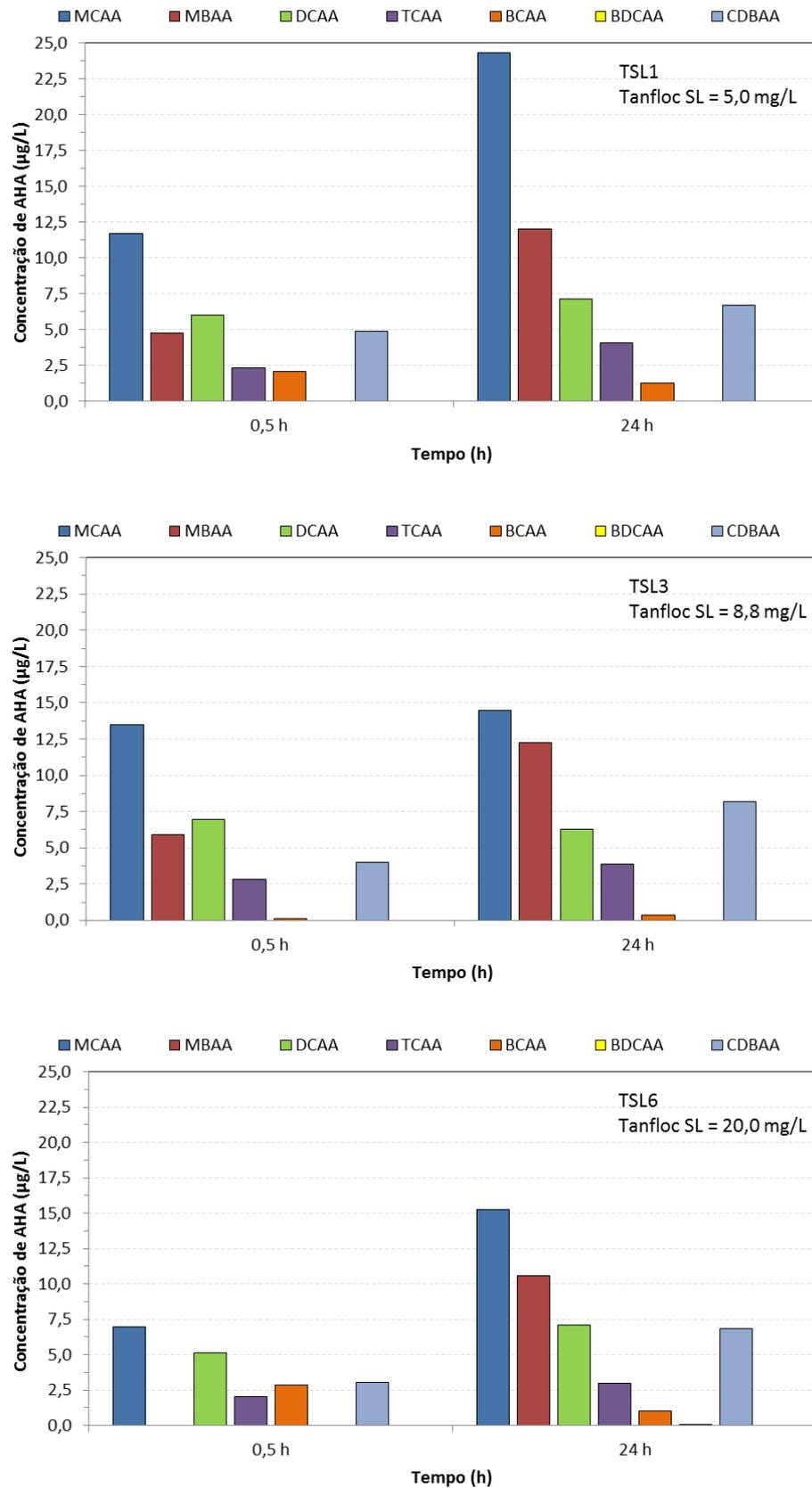


Figura 47. AHA formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. I, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SL em diferentes dosagens



Observando a Figura 45 percebeu-se que as amostras de água que foram coaguladas com altas dosagens de Tanfloc SL apresentaram maior concentração de COT em relação às aquelas que tiveram menores dosagens. Além disso, notou-se que a concentração de COT não sofreu variações significantes ao longo do tempo nas diferentes dosagens estudadas. Em relação ao cloro residual, observou-se que este teve maior consumo nas amostras de água que apresentavam maiores concentrações de COT, uma vez que esse consumo chegou a ser de aproximadamente 80% nos primeiros minutos de contato do cloro com a água.

Analisando a Figura 46, notou-se que em 30 minutos de contato do cloro com a água houve apenas a formação de clorofórmio e que este não teve variações significativas na concentração em relação à dosagem de Tanfloc SL aplicada e ao tempo de contato. Entretanto, após 24 horas, houve a formação de outros dois THM (cloro hidrato e cloropicrina) nas amostras TSL1 e TSL3 e de apenas outro THM (cloropicrina) na amostra TSL6. Observando-se as amostras TSL1 e TSL3 percebeu-se que o cloro hidrato teve uma menor concentração na amostra cuja dosagem de Tanfloc SL foi superior. A concentração total de THM nas amostras analisadas foi de aproximadamente 32 µg/L nos primeiros 30 minutos do ensaio e após 24 horas a concentração foi próxima a 49,2 µg/L no ponto de dosagem mínima (TSL1).

Em relação à Figura 47, percebeu-se que nas três dosagens de Tanfloc SL analisadas a concentração de AHA formada em 24 horas foi superior àquela formada nos primeiros 30 minutos. Além disso, em TSL1 a concentração total de AHA formado foi superior à concentração total de AHA formado em TSL3 que, por sua vez, foi superior a TSL6. Percebeu-se também que não houve formação de MBAA em TSL6 nos primeiros 30 minutos do ensaio, e a concentração total de AHA variou de 20 a 33 µg/L entre as amostras analisadas. Porém, após 24 horas, em TSL6, ocorreu a formação de MBAA e de BDCAA em pequena concentração, e a concentração total de AHA nessa amostra foi de 43,81 µg/L, chegando a 55,53 µg/L em TSL1.

Figura 48. Cloro residual livre e COT presentes na Água Am. II após tratamento, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SG em diferentes dosagens

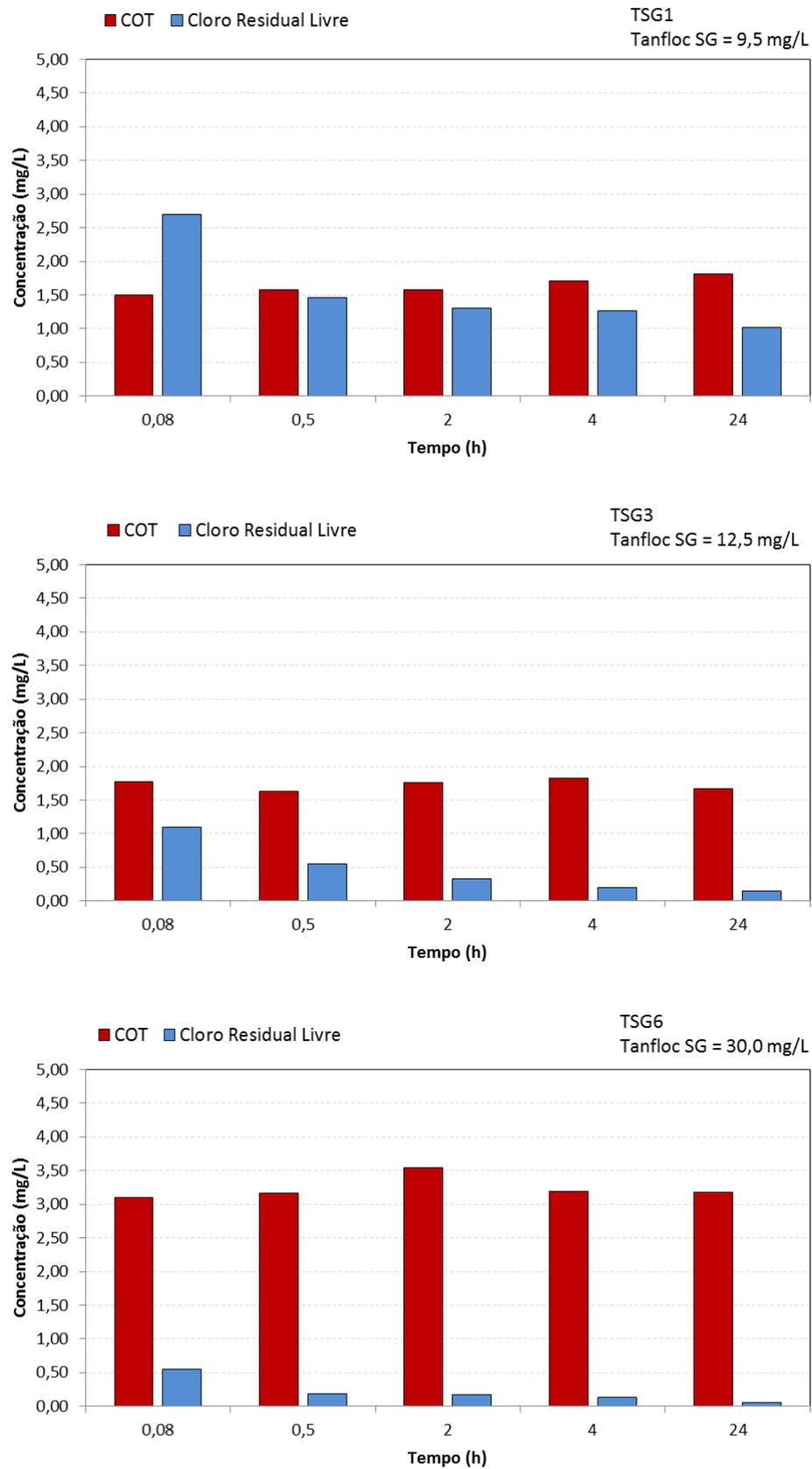


Figura 49. THM formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. II, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SG em diferentes dosagens

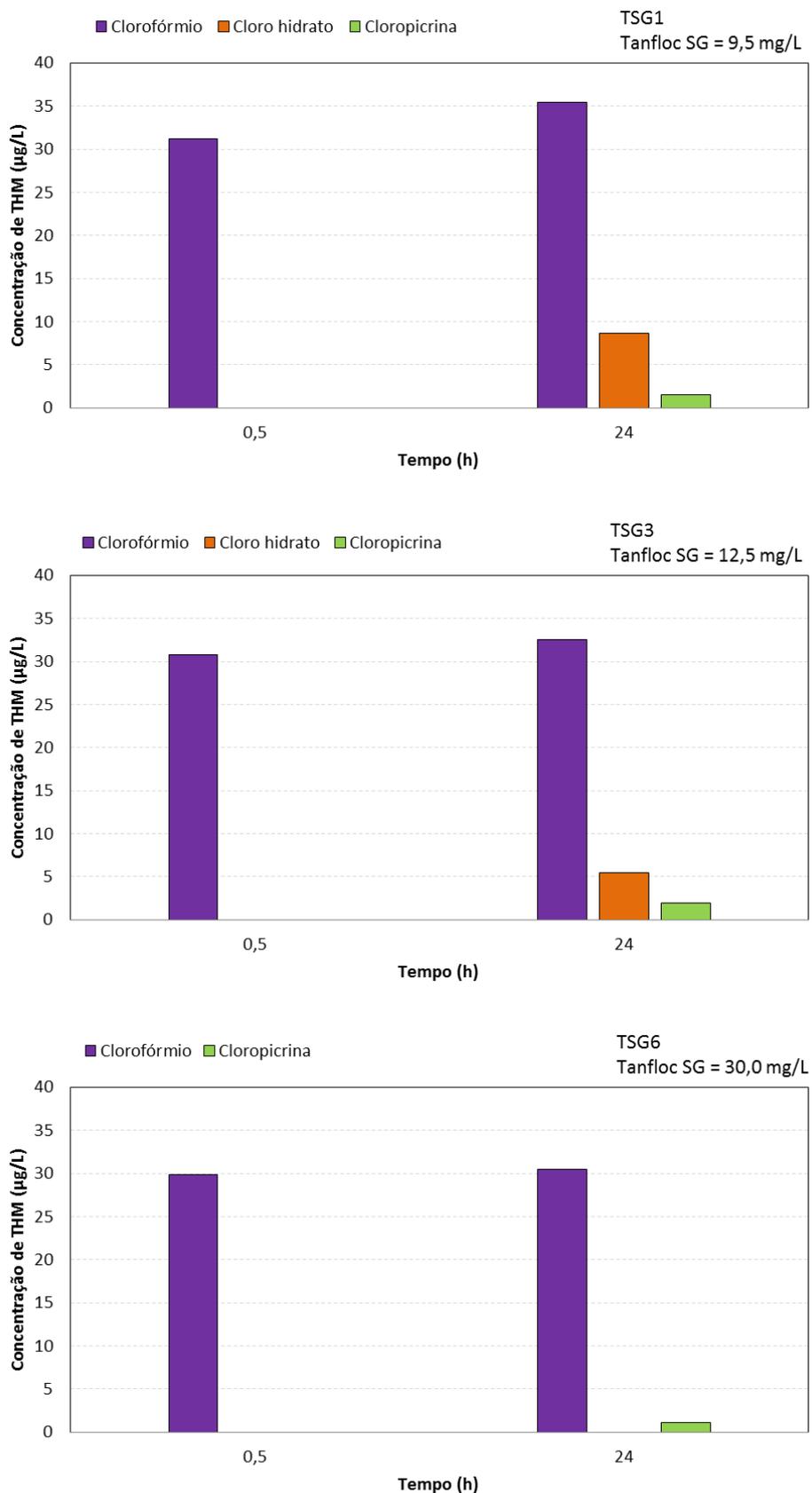
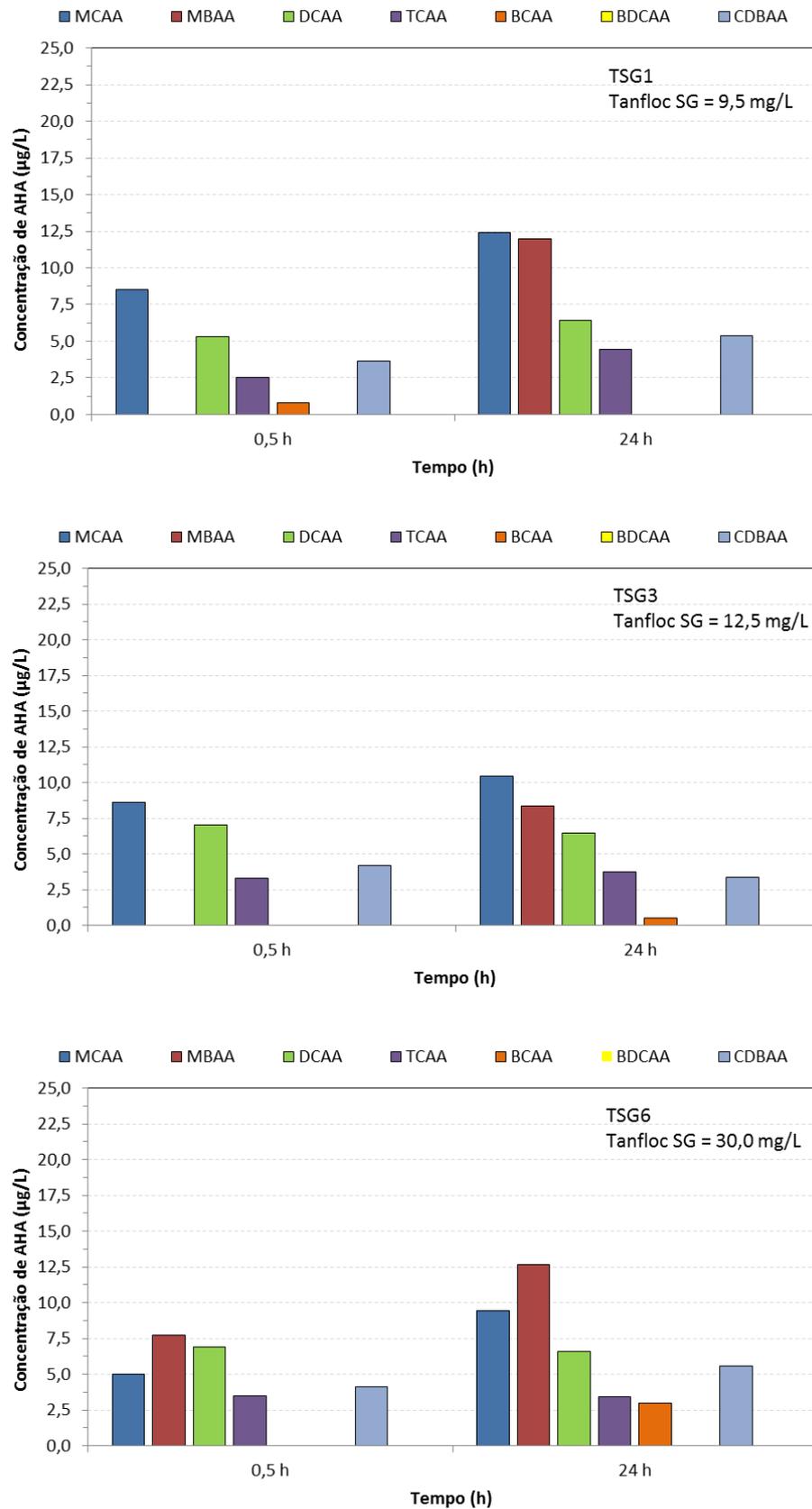


Figura 50. AHA formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. II, utilizando-se como coagulante o Tanfloc SG em diferentes dosagens



Observando a Figura 48, percebeu-se que as amostras de água coaguladas com Tanfloc SG tiveram o mesmo comportamento daquelas coaguladas com Tanfloc SL, ou seja, a concentração de COT foi maior naquelas amostras que tiveram maior dosagem de coagulante. Isso se deve ao fato dos coagulantes Tanfloc SL e SG serem orgânicos. Conseqüentemente, o consumo de cloro também foi mais elevado nas amostras que apresentavam maior concentração de COT. Na amostra TSG6 o consumo de cloro nos primeiros 5 minutos de ensaio foi de aproximadamente 90%, sendo superior àquele nos ensaios realizados com Tanfloc SL.

Em relação à Figura 49, observou-se que houve a formação de clorofórmio nas três amostras analisadas (TSG1, TSG3 e TSG6) e que sua concentração permaneceu praticamente constante em relação ao tempo e às dosagens aplicadas nos ensaios. Também houve a formação de cloro hidrato apenas nas amostras TSG3 e TSG 6, sendo que a concentração deste THM foi superior em TSG3. Entretanto, houve formação de cloropicrina nas mesmas proporções de concentração para as três amostras ensaiadas. A maior concentração de THM totais deu-se em TSG1: cerca de 30 $\mu\text{g/L}$ em 30 minutos de ensaio e aproximadamente 45 $\mu\text{g/L}$ após 24 horas.

Observando-se a formação de AHA, pela Figura 50, percebeu-se que, para as três amostras analisadas, a concentração de SOH formada nos primeiros 30 minutos do ensaio foi inferior à concentração formada após 24 horas. Notou-se também que, para TSG3 e TSG6, não houve formação de MBAA nos primeiros 30 minutos e que BCAA formou-se em ambos após 24 horas. Em 30 minutos de ensaio, a concentração total de AHA nas amostras variou entre 20 a 27 $\mu\text{g/L}$ e após 24 horas as amostras TSG1 e TSG 6 tiveram uma concentração total de aproximadamente 40 $\mu\text{g/L}$, enquanto que em TSG3 os resultados foram próximos a 32 $\mu\text{g/L}$.

Figura 51. Cloro residual livre e COT presentes na Água Am. III após tratamento, utilizando-se como coagulante o Sulfato de Alumínio em diferentes dosagens

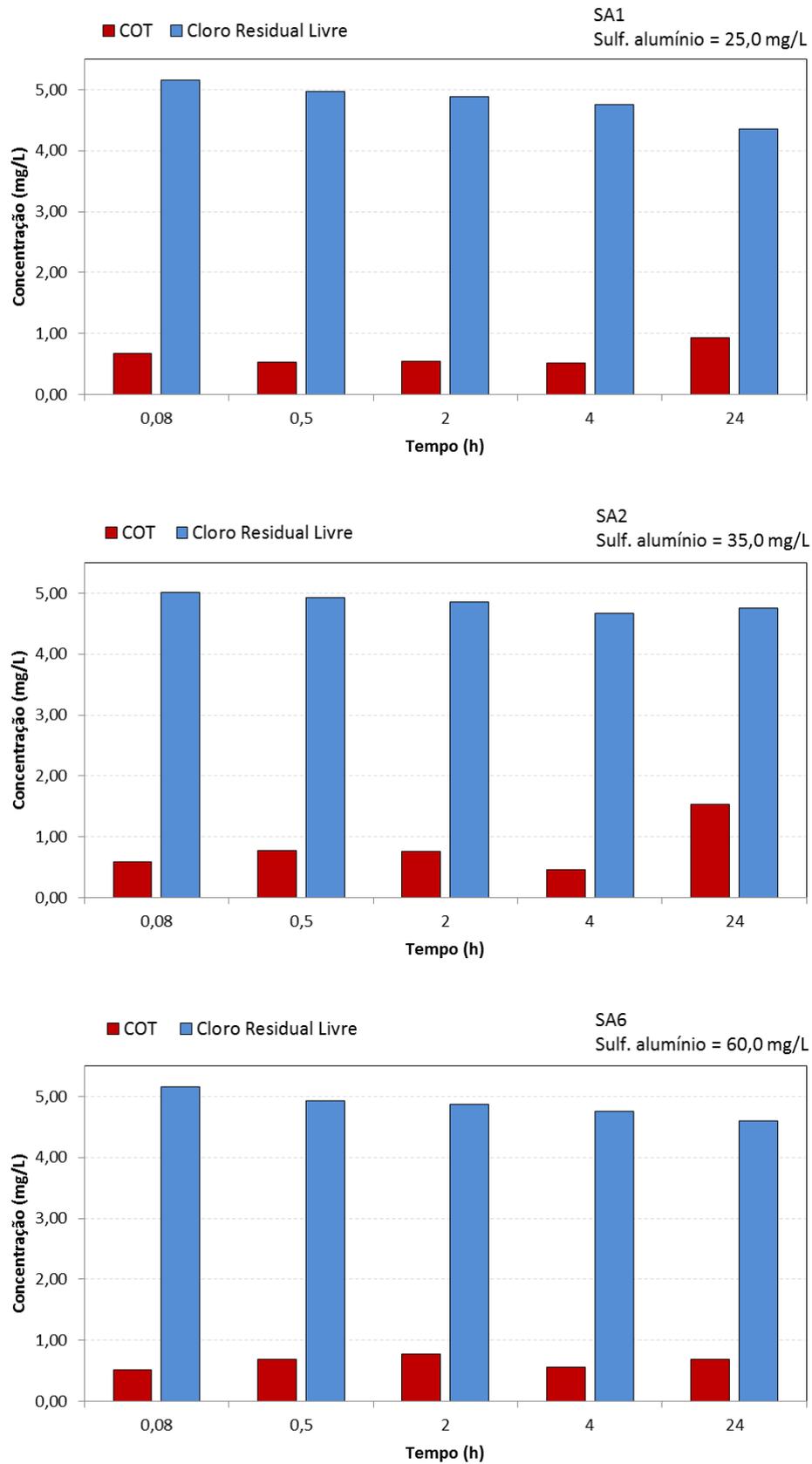


Figura 52. THM formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. III, utilizando-se como coagulante o Sulfato de Alumínio em diferentes dosagens

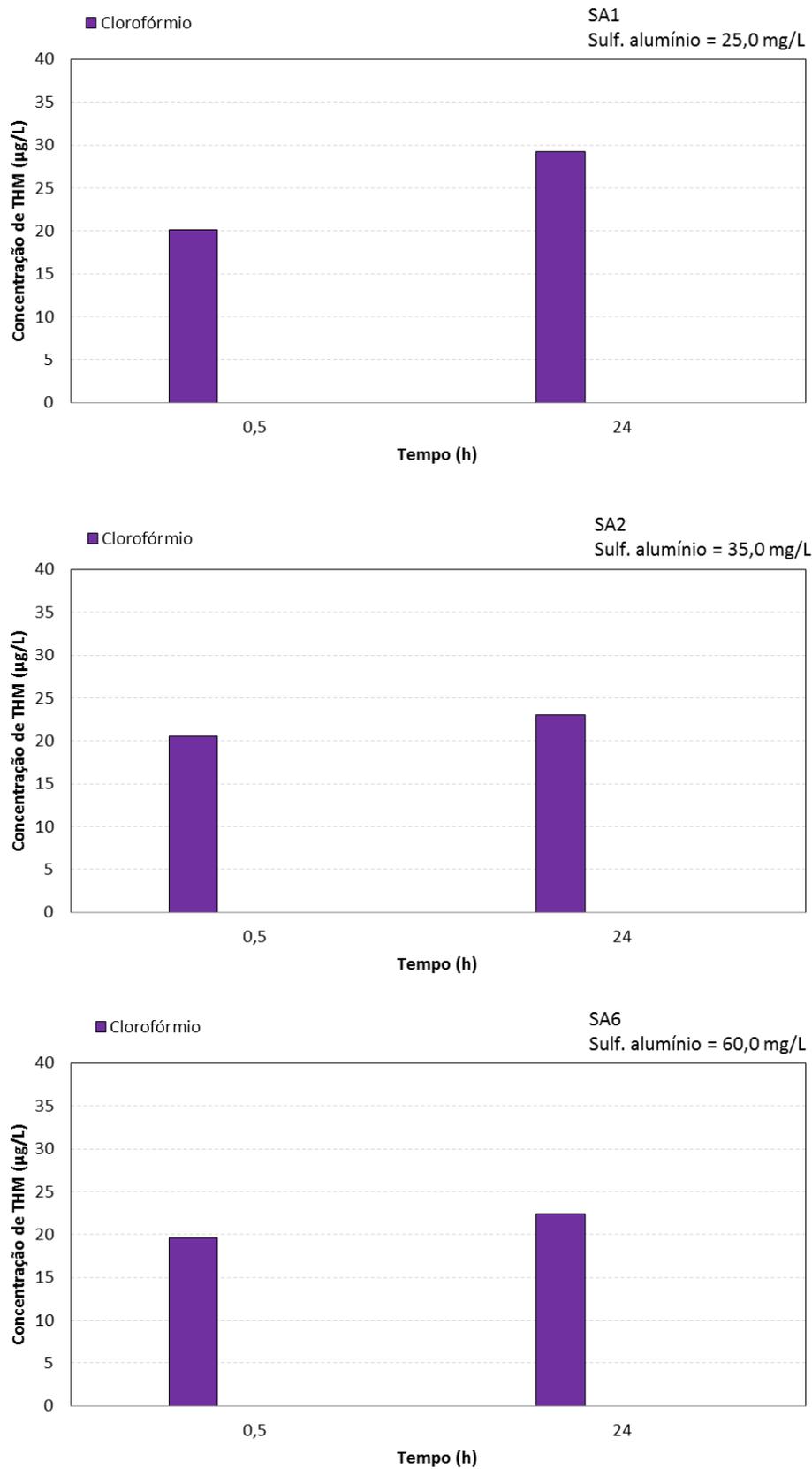
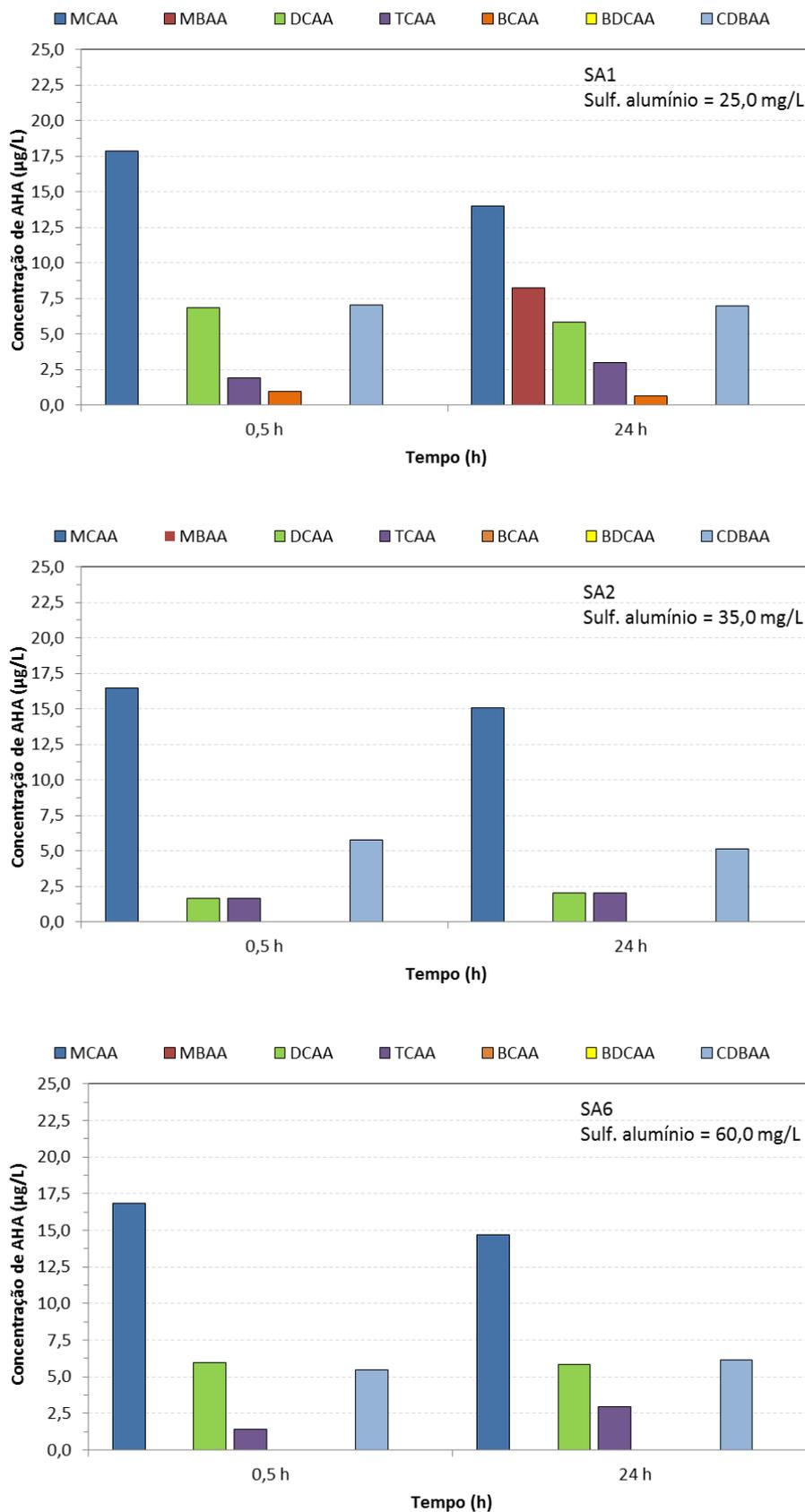


Figura 53. AHA formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. III, utilizando-se como coagulante o Sulfato de Alumínio em diferentes dosagens



De acordo com a Figura 51, percebeu-se que houve baixa concentração de COT nas amostras SA1, SA2 e SA6 e esta permaneceu nas mesmas proporções em relação ao tempo e a dosagem de coagulante aplicada nos ensaios. O consumo de cloro também não teve variações significativas em relação à dosagem de coagulante e notou-se que o consumo do cloro, ao final do ensaio (após 24 horas) foi de aproximadamente 15%.

Em relação aos THM formados e apresentados na Figura 52, notou-se apenas a formação de clorofórmio em todas as amostras analisadas e a concentração formada nas três amostras foi semelhante, ou seja, não variou significativamente em relação ao tempo do ensaio e à dosagem de Sulfato de Alumínio aplicada. A concentração total de THM em 30 minutos de ensaio foi de aproximadamente 20 µg/L nas três amostras analisadas e após 24 horas os valores variaram de 22 a 29 µg/L entre as amostras, sendo que o valor mais alto deu-se em SA1.

Pela observação da Figura 53, percebeu-se que o MBAA e o BCAA formaram-se somente em SA1, sendo que MBAA formou-se apenas ao término do ensaio (após 24 horas). Notou-se também que em SA1 e SA6 as concentrações de DCAA foram similares nos dois tempos do ensaio. Na amostra SA2 a concentração de DCAA foi inferior em relação às duas outras amostras estudadas. Nos primeiros 30 minutos de ensaio a concentração total de AHA foi mais elevada em SA1, chegando a 34,55 µg/L, enquanto que em SA2 e SA6 a concentração foi de aproximadamente 30 µg/L. Após 24 horas de ensaio a concentração total em SA1 chegou a 38,69 µg/L, entretanto as concentrações SA2 e SA6 mantiveram-se próximas a 30 µg/L.

Figura 54. Cloro residual livre e COT presentes na Água Am. IV após tratamento, utilizando-se como coagulante o PAC em diferentes dosagens

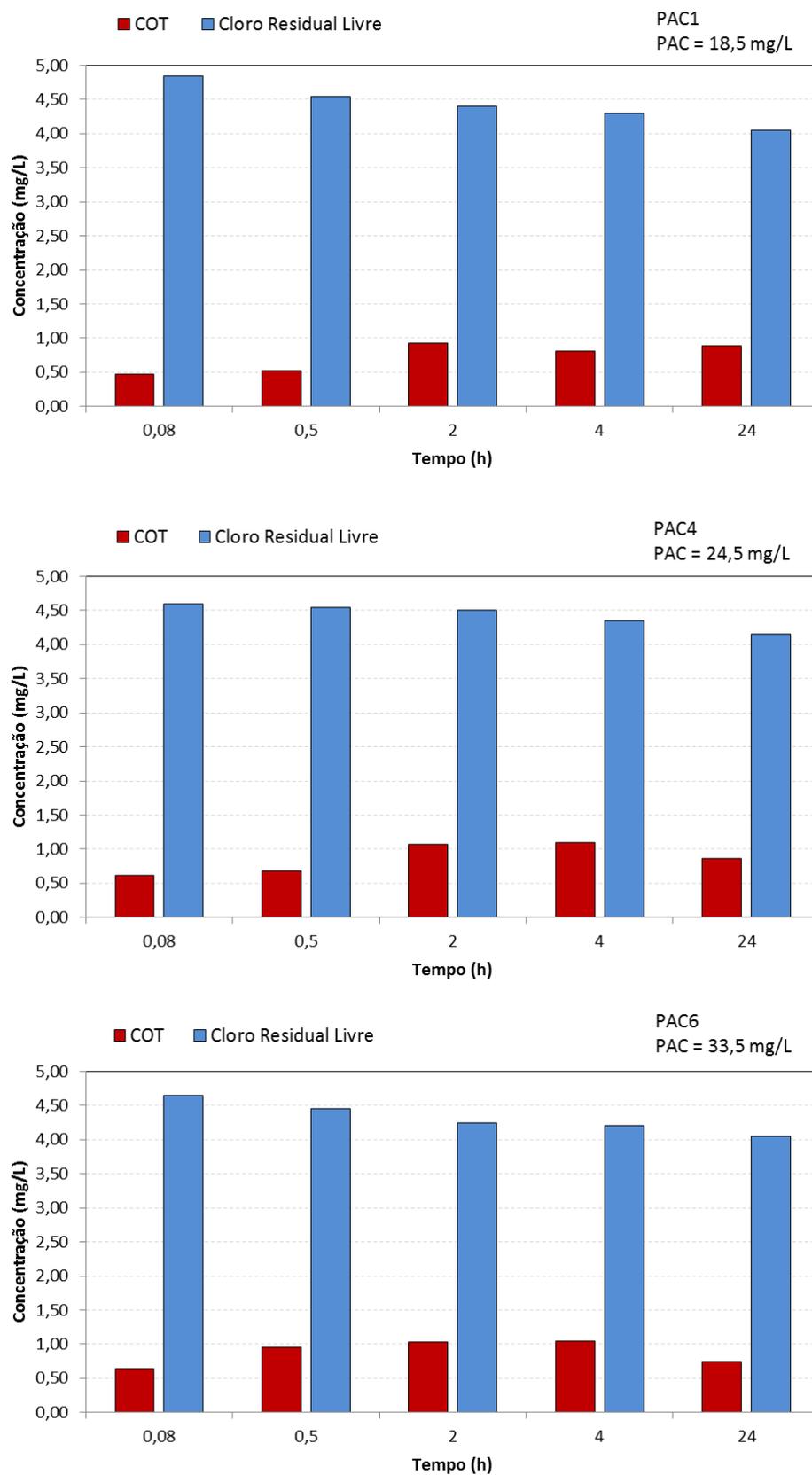


Figura 55. THM formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. IV, utilizando-se como coagulante o PAC em diferentes dosagens

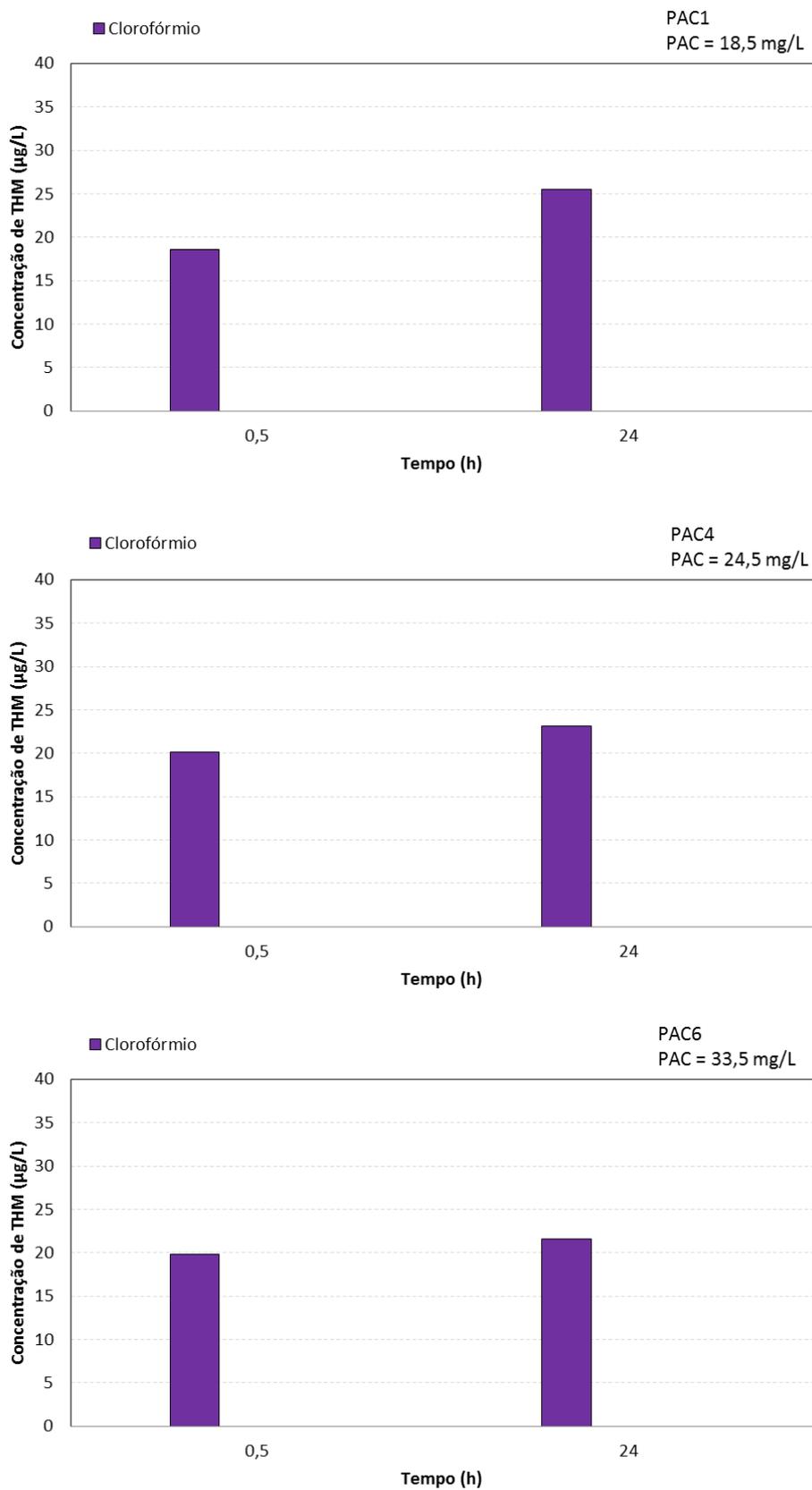
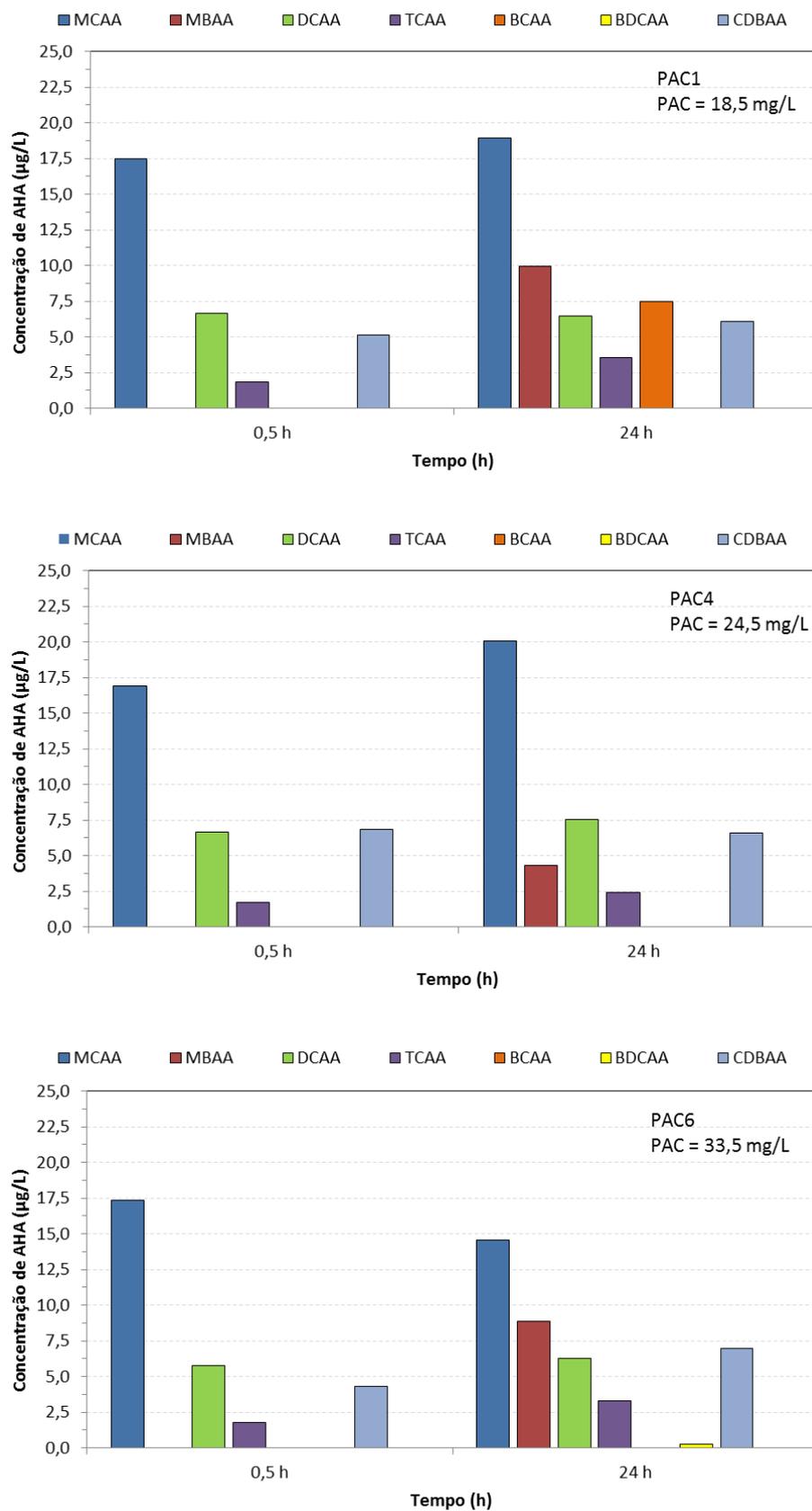


Figura 56. AHA formados na etapa de desinfecção com cloro, após tratamento da Água Am. IV, utilizando-se como coagulante o PAC em diferentes dosagens



Observando a Figura 54, percebeu-se que os resultados de concentração de COT e consumo de cloro para as amostras de água coaguladas com PAC foram similares às amostras coaguladas com Sulfato de Alumínio. Ou seja, as amostras apresentaram baixa concentração de COT e o consumo de cloro foi baixo em relação às amostras de água que foram coaguladas com ambos os tipos de Tanfloc.

Analisando a formação de THM, pela Figura 55, notou-se que somente houve a formação de clorofórmio, nas mesmas proporções, nas três amostras analisadas. A concentração de clorofórmio formada também foi similar às amostras de água coaguladas com Sulfato de Alumínio, variando aproximadamente entre 18 a 24 $\mu\text{g/L}$ nos tempos analisados.

Em relação aos AHA, observando a Figura 56, percebeu-se que nos primeiros 30 minutos do ensaio, em PAC1, PAC4 e PAC6, ocorreu a formação de somente 3 SOH. Entretanto após 24 horas do início do ensaio ocorreu a formação de MBAA nas três amostras, além da formação de BCAA em PAC1 e de uma pequena quantidade de BDCAA em PAC6. A concentração total de AHA, em 30 minutos de ensaio, foi de aproximadamente 30 $\mu\text{g/L}$ nas três amostras. Após 24 horas chegou a 52,4 em PAC1, e em PAC4 e PAC6 a concentração foi de aproximadamente 40 $\mu\text{g/L}$ em ambas as amostras.

Pela observação dos gráficos das Figuras 45 a 56 é possível identificar que as amostras de água coaguladas com Tanfloc SL e SG apresentaram maior concentração de COT em relação às amostras coaguladas com os coagulantes inorgânicos, isso se deve ao fato de os coagulantes Tanfloc serem feitos a base de matéria orgânica (taninos). Conseqüentemente, observou-se um consumo maior do cloro para os coagulantes Tanfloc SL e SG, percebeu-se que cerca de 80 a 90% do cloro aplicado nas águas tratadas com altas dosagens de Tanfloc SL e SG, foi consumido nos primeiros 5 minutos após a aplicação do mesmo, além disso ao término da realização do ensaio (após 24h da aplicação do cloro) o cloro livre nas águas coaguladas com altas dosagens estava abaixo daquele mínimo recomendado pela Portaria MS 2914/2011. Todavia, quando utilizado o Tanfloc SL e o SG na dosagem mínima, o residual de cloro livre presente na água ficou acima daquele regulamentado pela Portaria. Para o Sulfato de Alumínio e o PAC esse consumo foi de aproximadamente 15% durante todo o ensaio. Pode-se dizer que o consumo de cloro foi reduzido em aproximadamente 99% quando comparadas as águas coaguladas com Sulfato de Alumínio e PAC às águas coaguladas com os coagulantes Tanfloc SL e SG em altas dosagens.

Em comparação aos pontos escolhidos para cada coagulante observou-se que o aumento da dosagem de Tanfloc SL e SG influenciou na formação de cloro hidrato e cloropicrina, além do clorofórmio, presente em todas as amostras de água analisadas, inclusive àquelas coaguladas com Sulfato de Alumínio e PAC. Porém a detecção de cloro hidrato e cloropicrina, nas amostras de água coaguladas com Tanfloc SL e SG, somente ocorreu na análise com tempo de 24 h, uma vez que na análise de SOH no tempo de 30 min, com todos os coagulantes, apenas ocorreu a formação de clorofórmio, com concentração de 20 a 32 µg/L.

Notou-se também que a variação de dosagem de Sulfato de Alumínio e PAC não interferiu na formação de outros SOH, tendo visto que para todas as condições de coagulação testadas e para os dois tempos de contato, houve somente a formação de clorofórmio. Essas condições também não interferiram diretamente na concentração do clorofórmio formado, uma vez que sua concentração resultou em aproximadamente 20 µg/L no tempo de 30 minutos e de aproximadamente 25 a 30 µg/L no tempo de 24 horas após a aplicação do cloro.

É válido ressaltar que, mesmo com uma maior concentração de THM formados nas águas tratadas com os coagulantes Tanfloc SL e SG, a quantidade total dessas substâncias presentes na água desinfetada permaneceu abaixo do valor máximo permitido pela Portaria MS 2914/2011, visto que para estes coagulantes a formação de TTHM foi de aproximadamente 0,045 mg/L, enquanto que para o Sulfato de Alumínio e o PAC, os valores foram de aproximadamente 0,030 mg/L de TTHM. Mesmo com a concentração de COT nas águas tratadas com Tanfloc SL e SG sendo cerca de 80% maior em relação às concentrações de COT presentes nas águas tratadas com PAC e Sulfato de Alumínio, a concentração de TTHM nestas águas foi apenas 0,015 mg/L maior em relação a formação de TTHM nas águas tratadas com os coagulantes a base de alumínio.

Comparando os resultados de AHA nas amostras analisadas, percebeu-se que, nos ensaios realizados em 30 minutos após a cloração, a concentração total de AHA nas amostras de água dos quatro coagulantes estudados, apresentaram as mesmas proporções. Quando comparados os pontos de dosagem mínima (TSL1, TSG1, SA1 e PAC1) foi visto que a amostra SA1 teve maior concentração total de AHA, cerca de 0,035 mg/L, enquanto que TSG1 teve a menor, aproximadamente 0,02 mg/L. TSL1 e PAC, ambos tiveram concentrações de aproximadamente 0,031 mg/L. Nas demais amostras, a concentração total de AHA também variou entre 0,02 e 0,03 mg/L.

Nos ensaios após 24 horas a concentração total de AHA em TSL1 e PAC1 foram as mais elevadas, ficando acima de 0,05 mg/L, enquanto que para TSG1 e SA1 os valores foram próximos a 0,04 mg/L. Em TSL3 e TSL6 a concentração total de AHA foi similar, aproximadamente 0,045 mg/L. Em TSG3 e TSG6, a concentração foi de 0,033 e 0,04 mg/L, respectivamente. As demais amostras coaguladas com PAC, apresentaram valores de concentração total de AHA próximas a 0,04 mg/L e as demais amostras coaguladas com Sulfato de Alumínio tiveram concentração abaixo de 0,03 mg/L.

Observando os tipos de coagulantes estudados, notou-se que houve a formação de AHA em todas as amostras estudadas, e que a concentração desses SOH não teve variações significativas quando comparados os resultados obtidos nos coagulantes orgânicos com os inorgânicos. Além disso, todas as amostras apresentaram valores de concentração total de AHA abaixo do valor máximo permitido pela Portaria MS 2914/2011.

È valido ressaltar que os SOH formados nas amostras de água coaguladas com o Sulfato de Alumínio e o PAC, possivelmente são resultado das características da água bruta, uma vez que esses coagulantes são essencialmente inorgânicos.

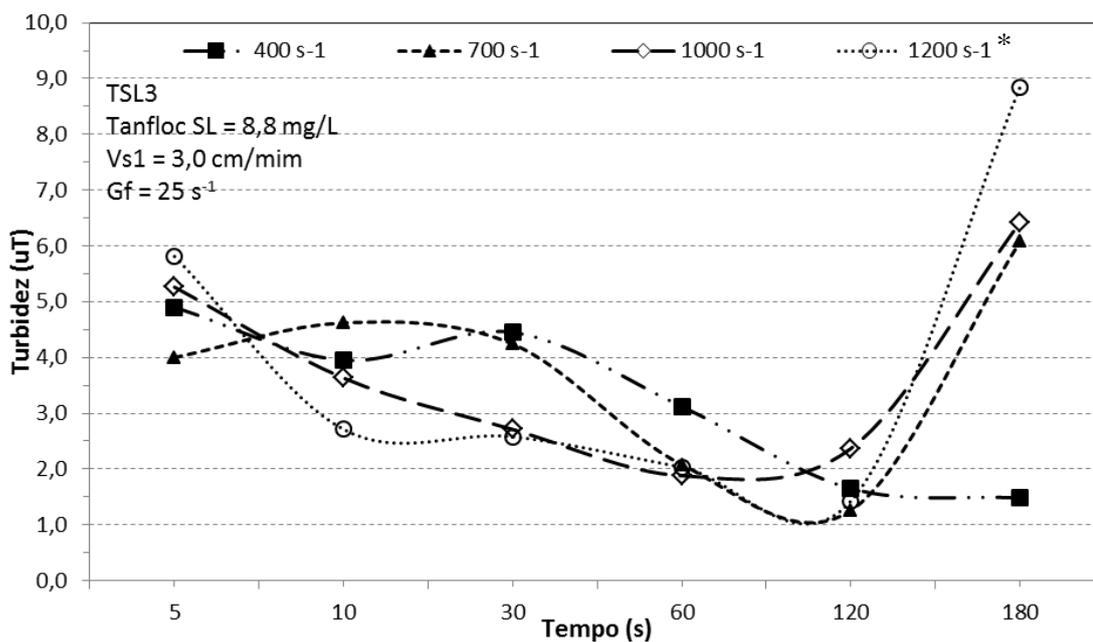
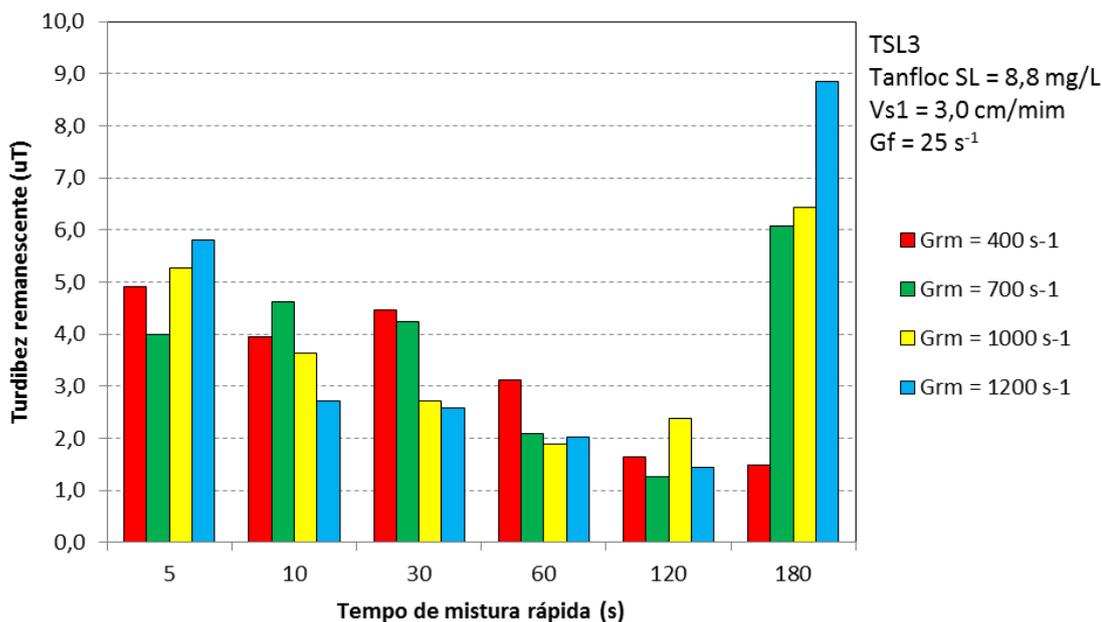
As Tabelas com todos os resultados obtidos nesta etapa se encontram disponíveis no Apêndice D e E.

5.2.4 Resultados da verificação da influência das condições de mistura rápida

Para cada condição de coagulação selecionada com os Tanfloc SL e Tanfloc SG, Sulfato de Alumínio e PAC foram realizados quatro ensaios de coagulação, floculação e sedimentação para a verificação da influência das condições de mistura rápida na sedimentabilidade dos flocos.

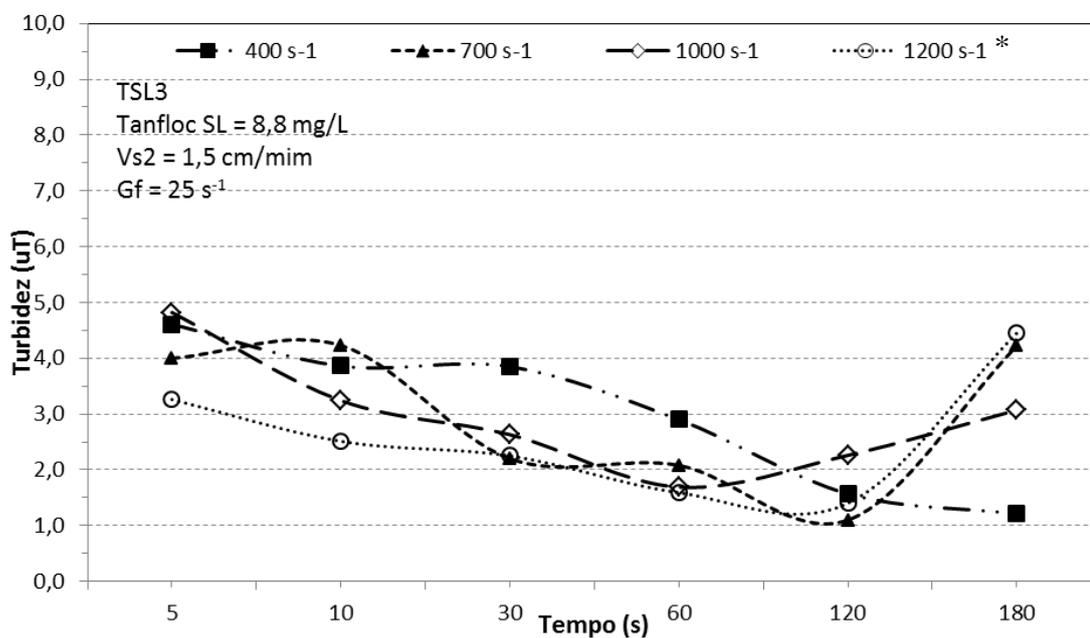
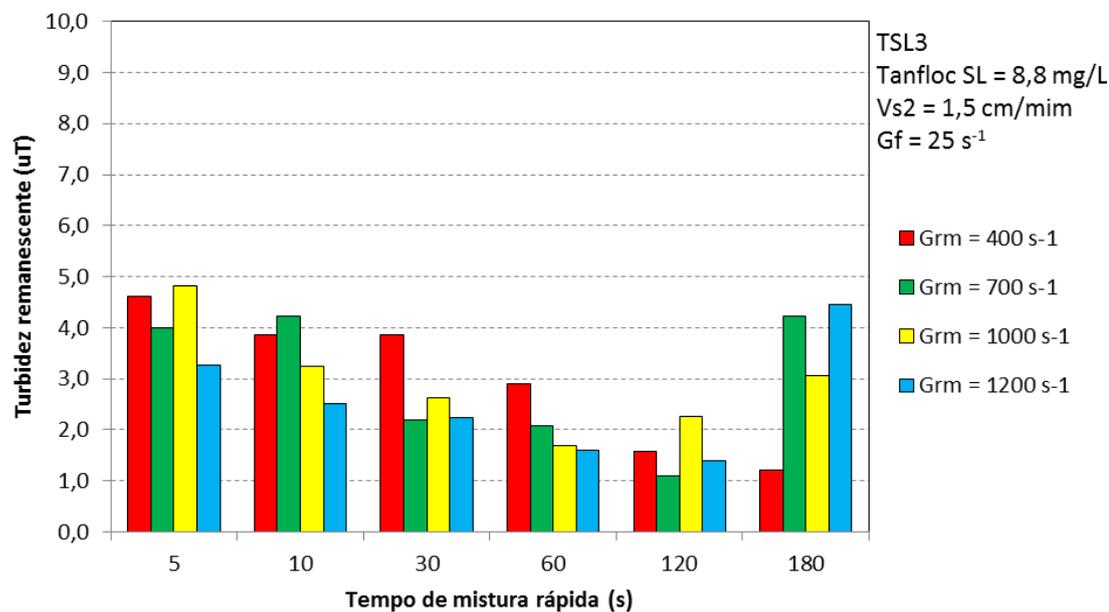
A justificativa para a escolha dos pontos estudados neste ensaio, já foi apresentada no item 5.2.3. As Figuras 57 e 58 apresentam os gráficos obtidos nesta etapa para o coagulante Tanfloc SL.

Figura 57. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Tanfloc SL) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Figura 58. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com Tanfloc SL) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Analisando os gráficos do coagulante Tanfloc SL, observar-se que a turbidez remanescente diminui com o aumento do tempo de mistura rápida, com exceção ao ponto de $T_{mr} = 180$ s, para o qual, somente para $G_{mr} = 400$ s^{-1} a turbidez remanescente foi satisfatória.

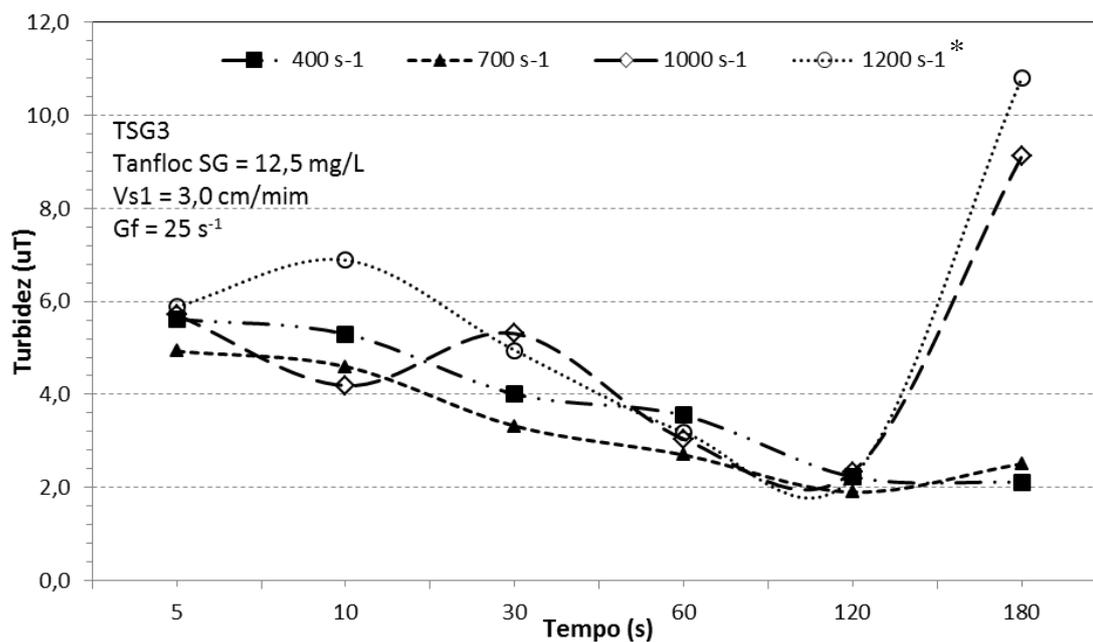
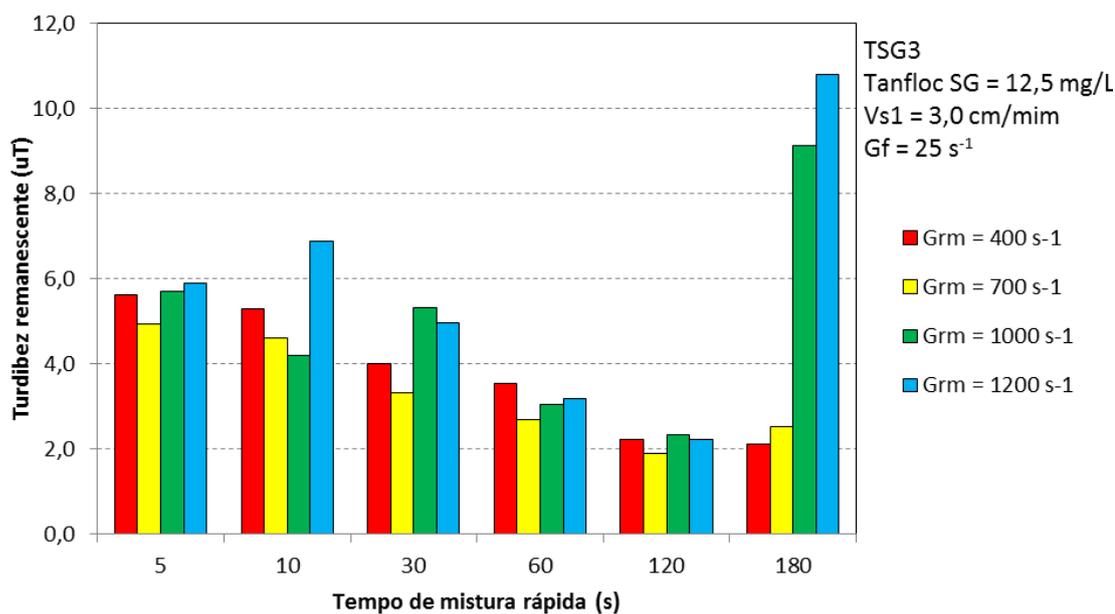
Com relação ao gradiente de velocidade de mistura rápida, percebeu-se que este favoreceu a sedimentabilidade dos flocos em valores mais elevados, uma vez que o gradiente de 1200 s^{-1} apresentou valores de turbidez menores que os valores dos demais gradientes, em tempos entre 10 e 120 s, todavia no tempo de 120 s os valores de turbidez remanescente dos gradientes de 400, 700 e 1200 s^{-1} foram semelhantes. Porém, no tempo de mistura rápida de 180 s, o menor gradiente favoreceu a sedimentabilidade dos flocos, uma vez que o gradiente de mistura rápida de 400 s^{-1} apresentou o menor valor de turbidez nas duas velocidades de sedimentação estudadas, ficando, inclusive, abaixo de $5,0$ uT.

As condições que otimizaram a etapa de mistura rápida foram $T_{mr} = 120$ s e $G_{mr} = 700$ s^{-1} , para ambas velocidades de sedimentação (3,0 e 1,5 cm/min).

Entretanto, para a velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min, em todos os tempos e gradientes de mistura rápida estudados, a turbidez remanescente da água decantada apresentou-se abaixo de $5,0$ uT, o que favorece a etapa de filtração.

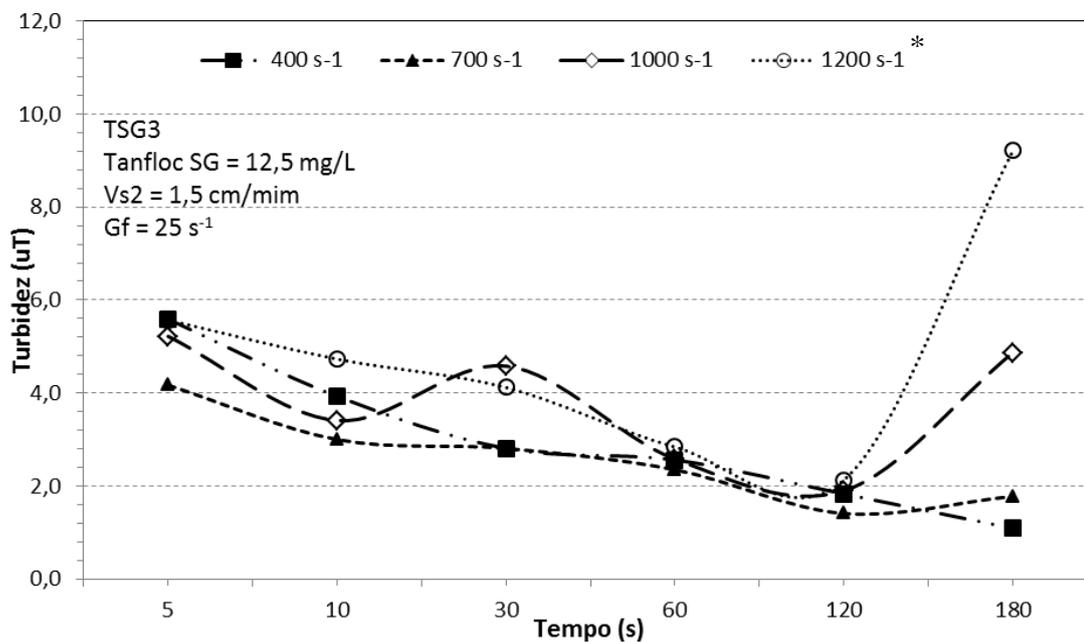
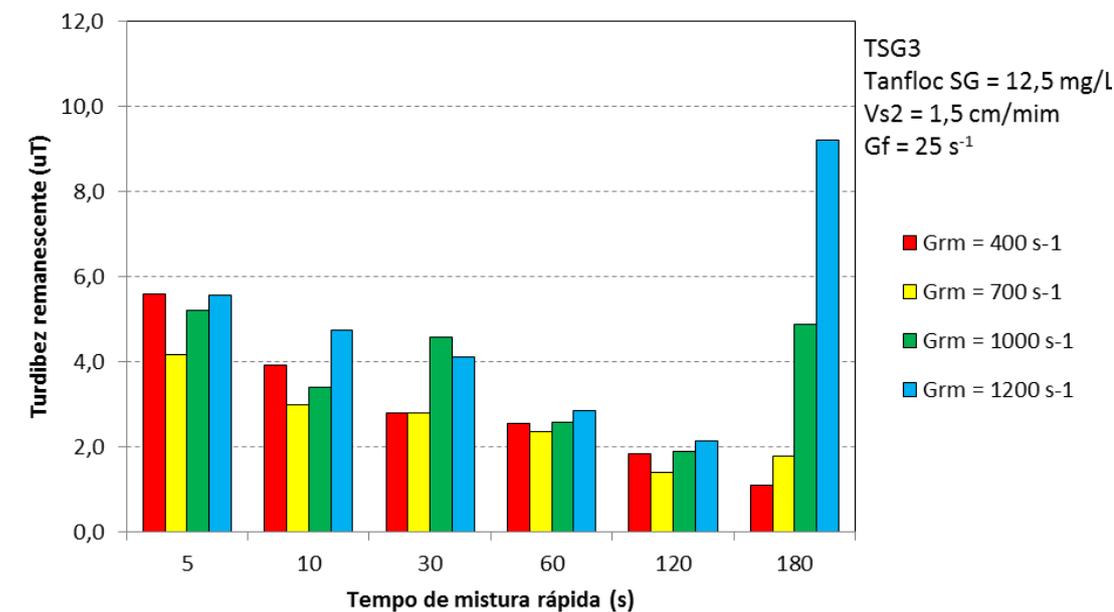
As Figuras 59 e 60 apresentam os resultados obtidos para o coagulante Tanfloc SG.

Figura 59. Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Tanfloc SG) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Figura 60. Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com Tanfloc SG) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min



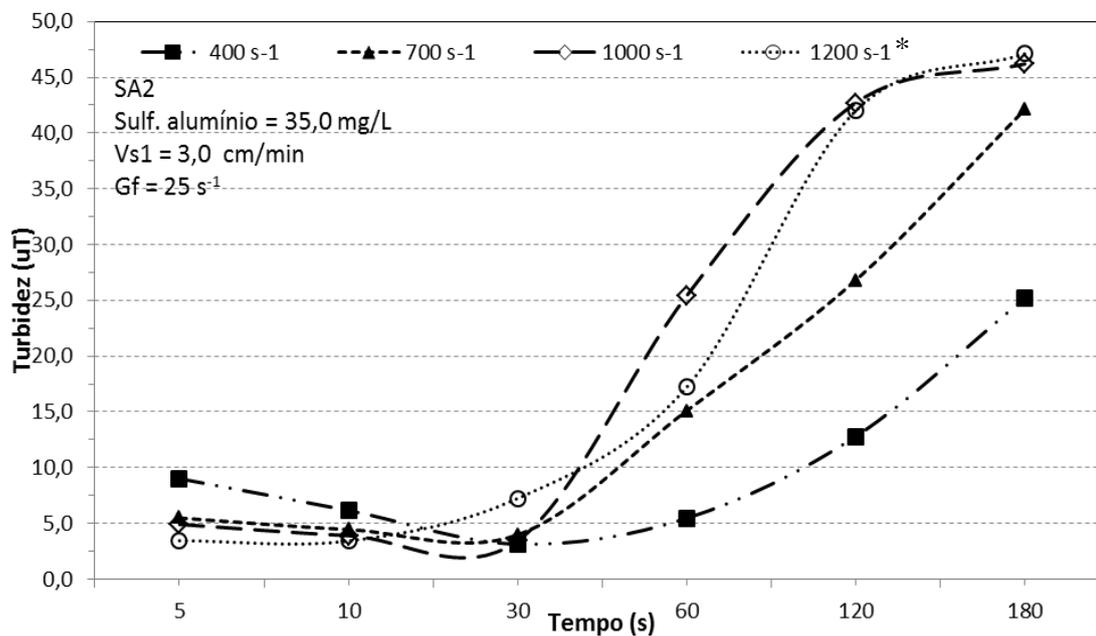
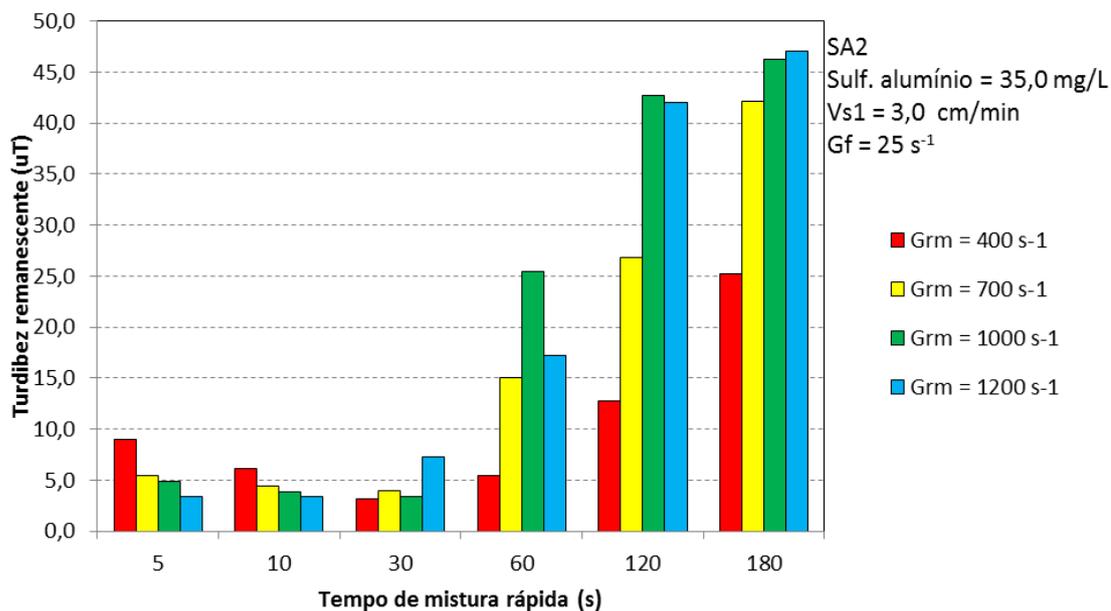
*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Observando os gráficos de influências das condições de mistura rápida, apresentadas nas Figuras 59 e 60, notou-se que o comportamento do Tanfloc SG para os diferentes tempos e gradientes de velocidade assemelhou-se ao comportamento do Tanfloc SL, ou seja, a turbidez remanescente diminui conforme o tempo de mistura rápida aumentou, com exceção do tempo de 180 s, com o qual foram obtidos valores satisfatórios de turbidez apenas com os gradientes de velocidade de 400 e 700 s⁻¹. Já em relação ao gradiente de velocidade de mistura rápida, pode-se perceber que este favoreceu melhor sedimentabilidade dos flocos em valores menores, pois os melhores resultados de turbidez remanescente foram para os gradientes de 400 e 700 s⁻¹ em praticamente todos os tempos de mistura rápida. Entretanto observou-se que em Tmr = 120 s os resultados de turbidez remanescentes foram semelhantes em todos os gradientes de mistura rápida avaliados.

A condição otimizada para este coagulante, se deu em Tmr = 180 s e Gmr = 400 s⁻¹, para a velocidade de sedimentação de 1,5 cm/min.

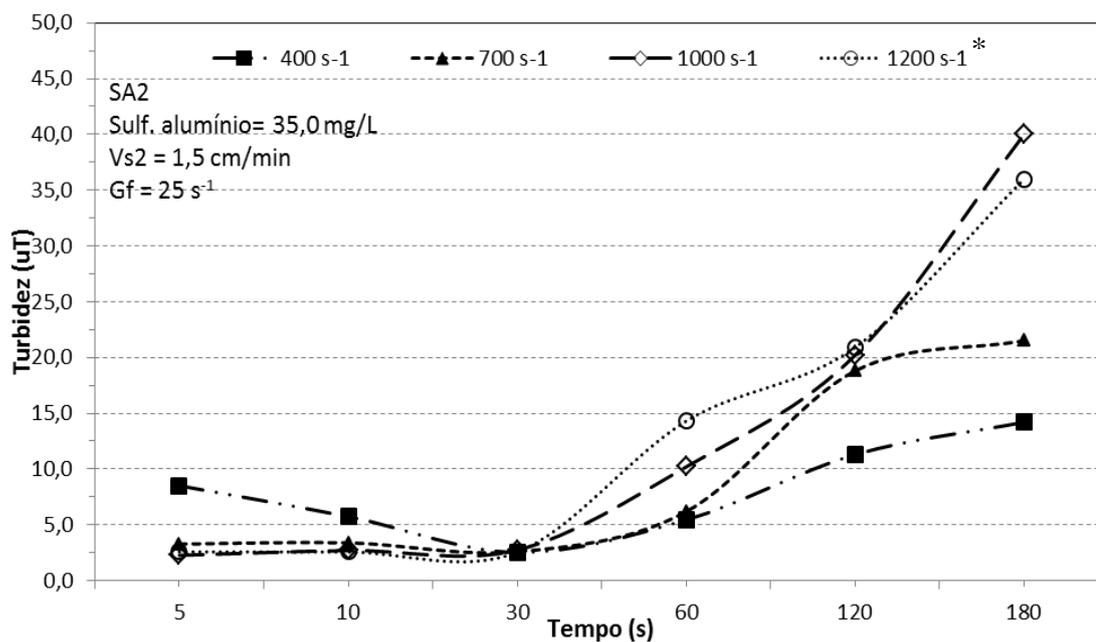
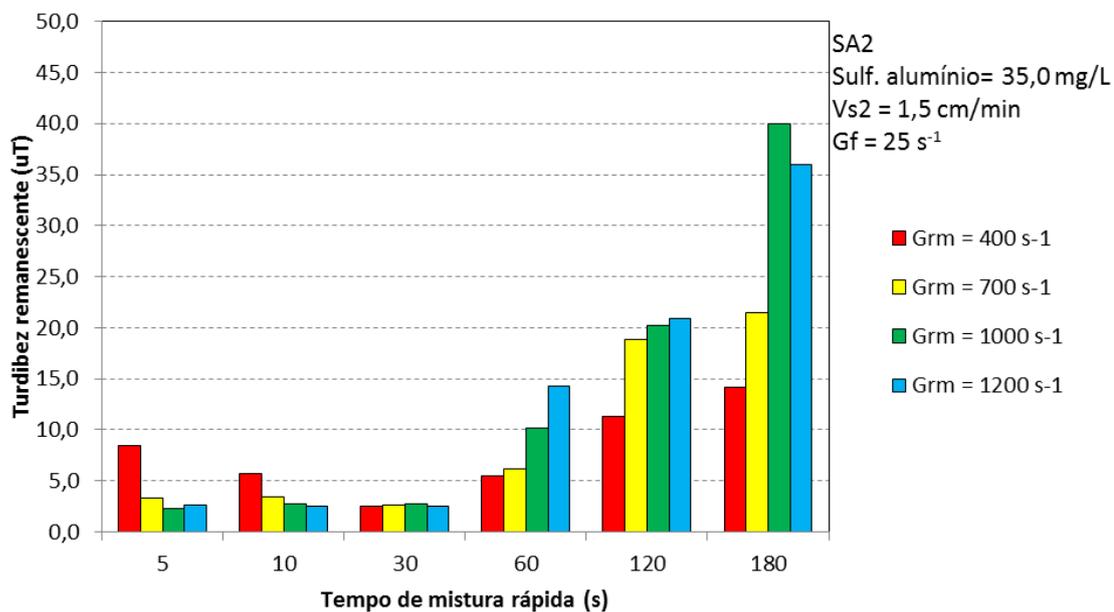
As Figuras 61 e 62 mostram os resultados obtidos para o coagulante Sulfato de Alumínio.

Figura 61. Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Sulfato de Alumínio) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Figura 62. Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com $Vs1 = 1,5$ cm/min (coagulada com Sulfato de Alumínio) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min



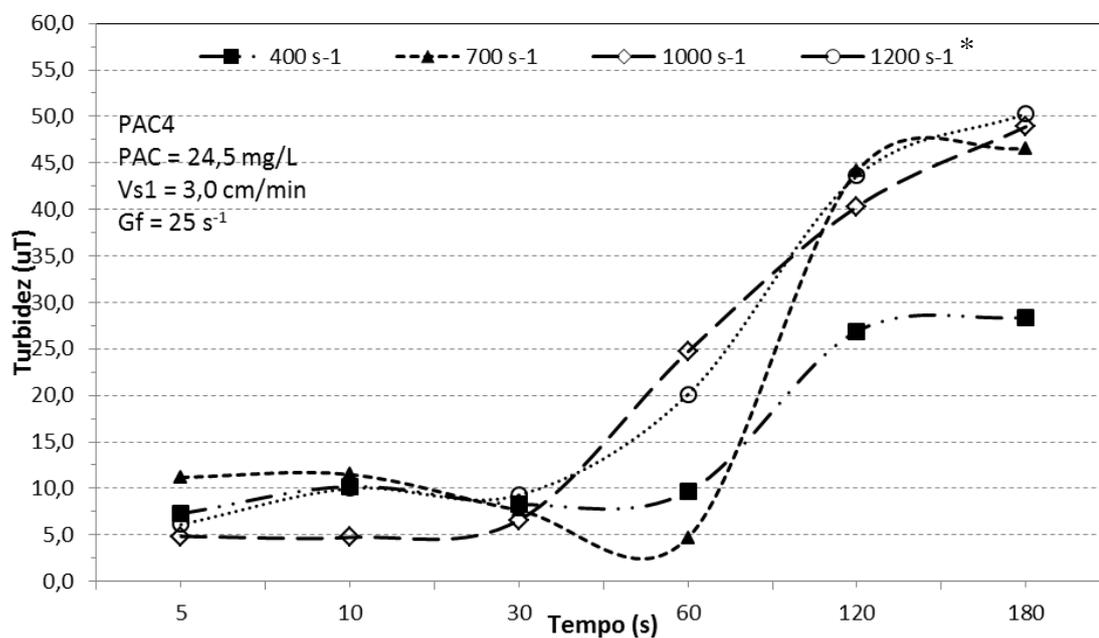
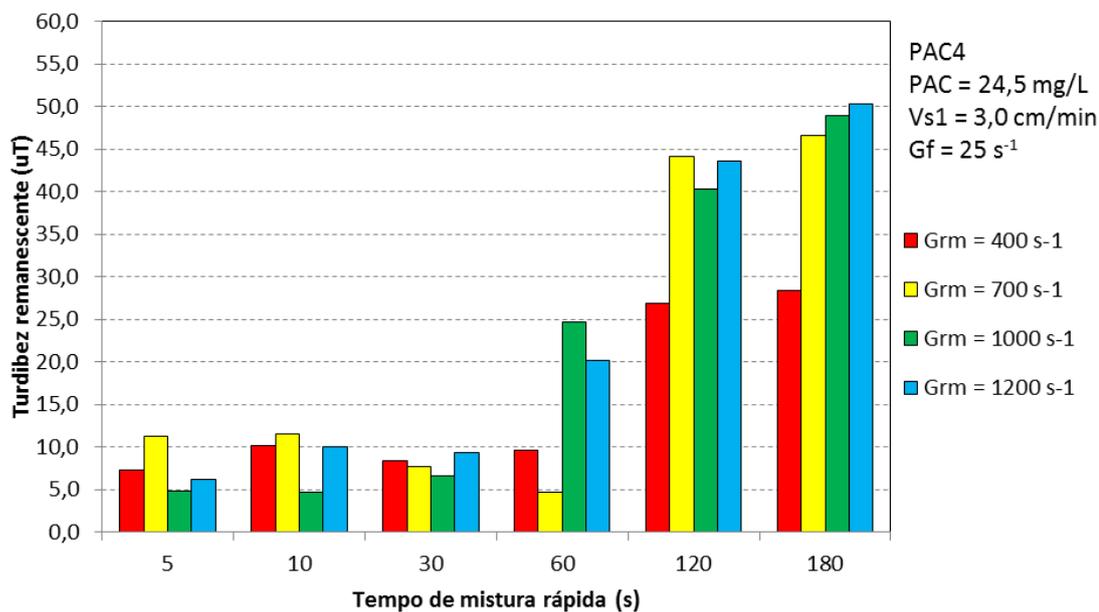
*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Pela análise dos gráficos do Sulfato de Alumínio, apresentados nas Figuras 61 e 62 observou-se que, até $T_{mr} = 30$ s, os gradientes de mistura rápida mais elevados (1000 e 1200 s^{-1}) favoreceram a sedimentabilidade dos flocos, obtendo turbidez remanescente menor que $5,0$ uT. Entretanto, a partir de $T_{mr} = 30$ s a turbidez remanescente aumentou conforme o gradiente e o tempo de mistura rápida aumentaram. Uma vez que, valores de turbidez acima de $5,0$ uT interferem negativamente na etapa de filtração, esses valores não foram satisfatórios.

O tempo e o gradiente de velocidade para otimização da mistura rápida foram de $T_{mr} = 30$ s e $G_{mr} = 400\text{ s}^{-1}$, respectivamente, em $V_{s2} = 1,5$ cm/min. Porém nessa mesma condição de velocidade de sedimentação e tempo de mistura rápida, os valores da turbidez de todos os gradientes estudados foram semelhantes.

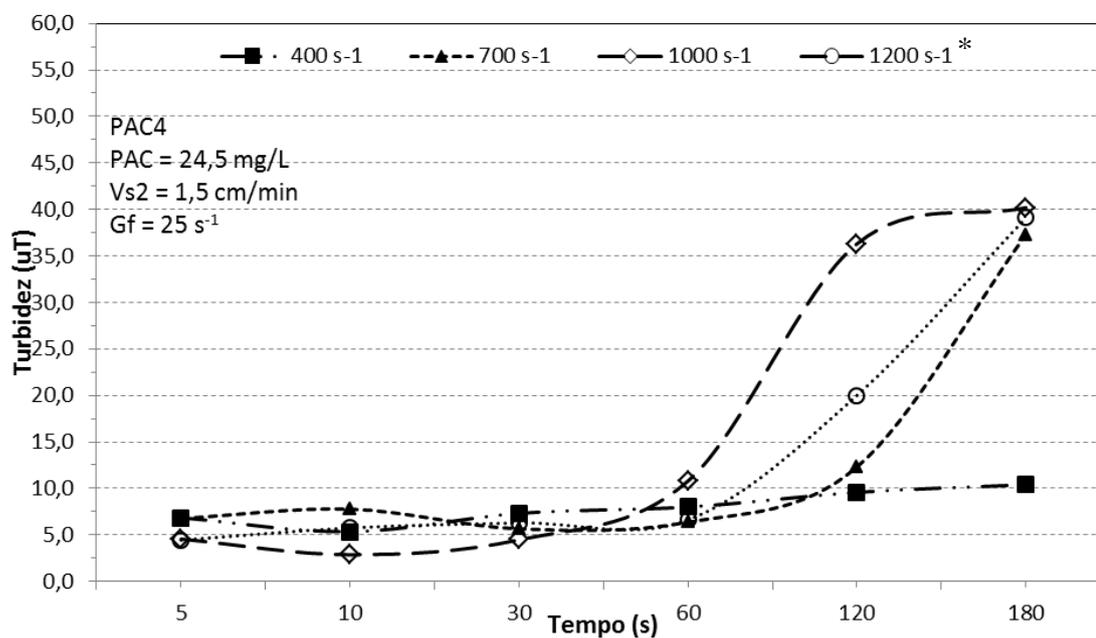
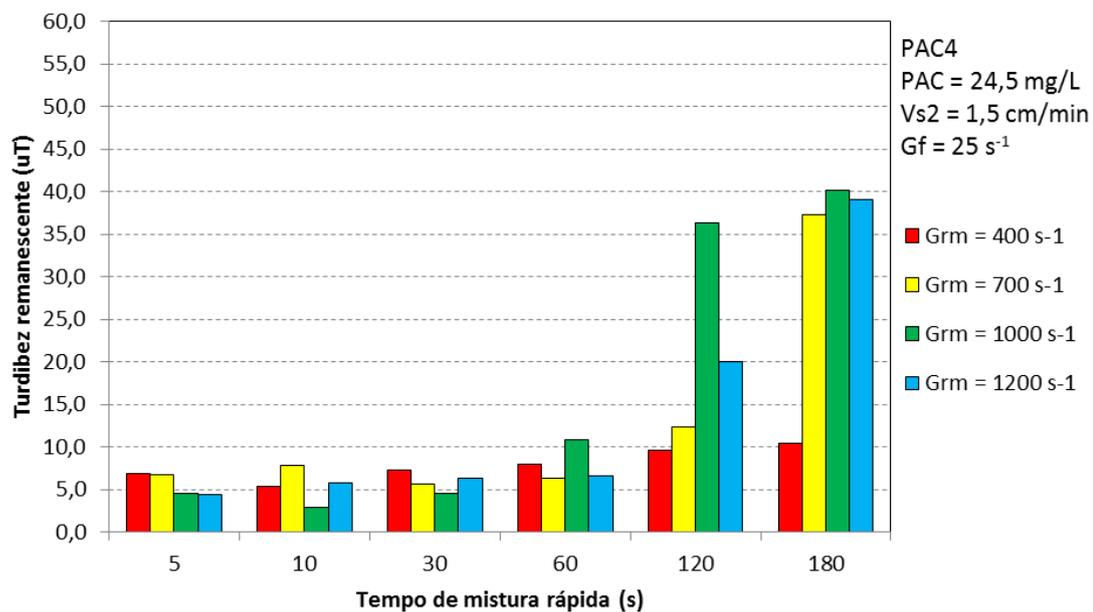
As Figuras 63 e 64 apresentam os resultados de verificação da mistura rápida para o coagulante PAC.

Figura 63. Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com PAC) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25$ s⁻¹ e $Tf = 20$ min



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Figura 64. Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com $Vs1 = 1,5 \text{ cm/min}$ (coagulada com PAC) em função do tempo de mistura rápida para diferentes gradientes de velocidade, com $Gf = 25 \text{ s}^{-1}$ e $Tf = 20 \text{ min}$



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Analisando os gráficos das Figuras 63 e 64 pode-se observar que o desempenho do PAC foi similar ao do Sulfato de Alumínio, ou seja, em $T_{mr} < 30$ s os valores de turbidez foram mais baixos do que aqueles em $T_f > 30$ s e também os quatro gradientes de velocidade de mistura rápida estudadas (400, 700, 1000 e 1200 s^{-1}) tiveram comportamentos semelhantes em relação aos valores de turbidez remanescente. Fica evidenciado nas figuras que gradientes de velocidade e tempo de mistura rápida elevados não favorecem a sedimentabilidade dos flocos, o que é representado pelos valores de turbidez remanescente bastante altos.

O ponto de otimização da mistura rápida para o coagulante PAC foi de $T_{mr} = 10$ s e $G_{mr} = 1000$ s^{-1} , para ambas as velocidades de sedimentação.

Embora os coagulantes Tanfloc SL e SG apresentarem melhores valores de turbidez em tempos elevados e gradientes de mistura rápida baixos, quando comparados com o Sulfato de Alumínio e PAC, os valores de turbidez obtidos em todos os tempos e gradientes estudados foram bem mais baixos do que aqueles valores obtidos com os coagulantes inorgânicos. Isso pode ser observado analisando as Figuras 55 a 58, ou seja, para os coagulantes Tanfloc SL e SG, mesmo quando os valores de turbidez se elevaram, estes ainda se mantiveram abaixo de 10,0 uT, alguns ainda abaixo de 5,0 uT, sendo que para o Sulfato de Alumínio e PAC os valores mais elevados chegaram próximos a 50,0 uT além de que, foram poucas as condições de tempo e gradiente de mistura rápida que obtiveram valores de próximos de 5,0 uT.

Vale lembrar que tempos de mistura maiores e gradientes de velocidade de mistura rápida menores remetem a unidades de mistura rápida mecanizadas e não hidráulicas, como o Vertedor Parshall, comumente usado em ETAs como unidade de mistura e de medição de vazão, porém percebe-se que os coagulantes Tanfloc SL e SG possuem uma maior versatilidade operação em relação ao tempo e o gradiente de velocidade de mistura rápida, quando comparados ao PAC e ao Sulfato de Alumínio.

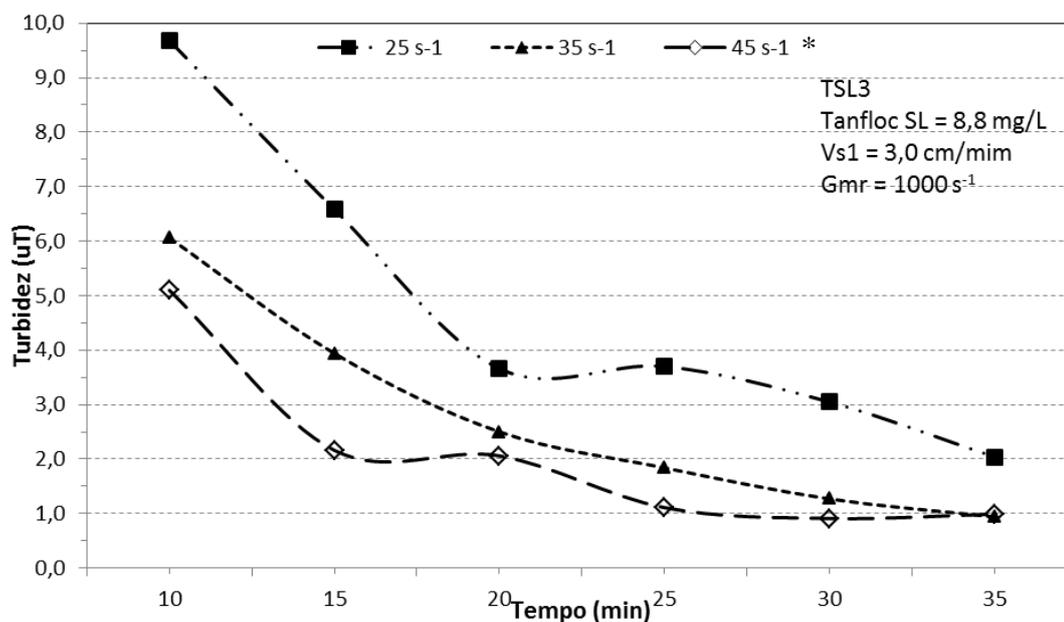
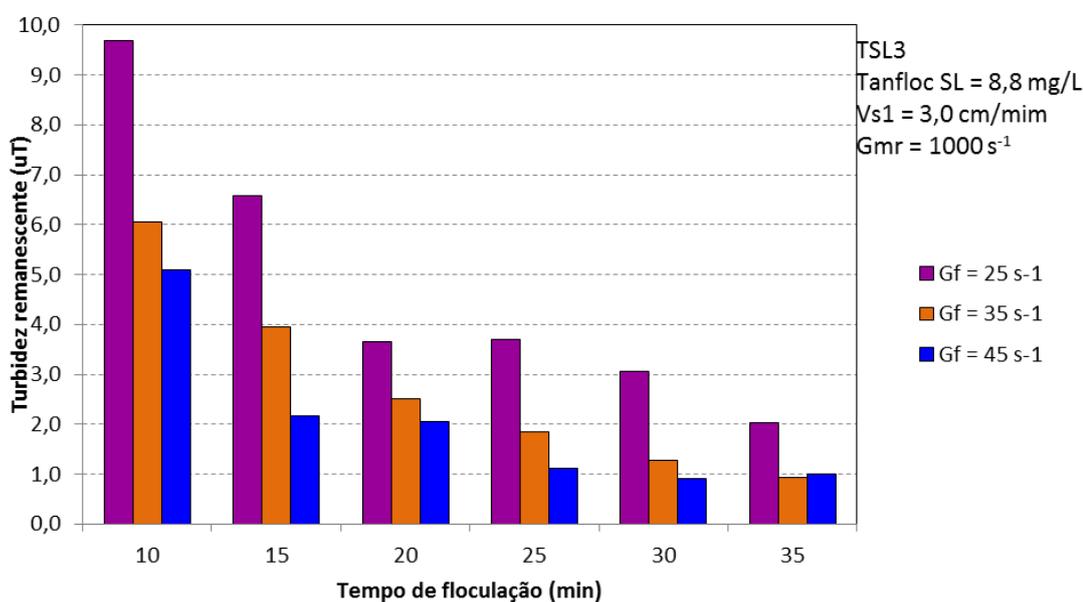
É importante ressaltar também que os ensaios realizados nessa etapa do estudo tiveram tempo e gradiente de velocidade de floculação pré-determinados e já apresentados anteriormente, sendo assim os valores de turbidez podem sofrer alterações caso seja estabelecido outros valores para T_f e G_f , lembrando que esses deveram permanecer fixos durante todo o ensaio.

As Tabelas com todos os resultados obtidos nesta etapa se encontram disponíveis no Apêndice C.

5.2.5 Resultados para verificação da influência das condições de floculação

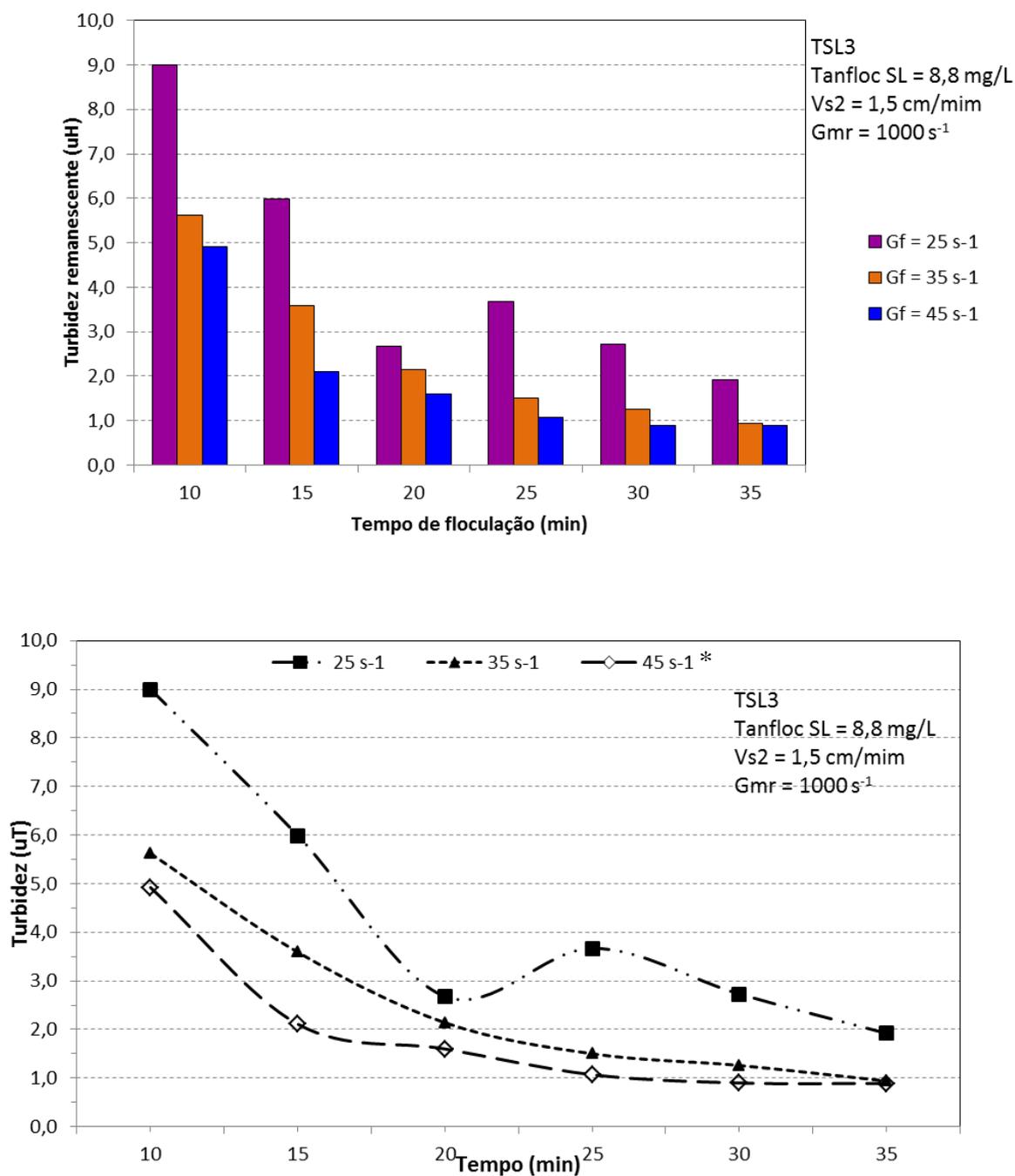
Para cada coagulante estudado foram realizados três ensaios de verificação da influência das condições de floculação, para os melhores pontos escolhidos para cada um deles. Os gráficos apresentados nas Figuras 65 e 66 mostram os resultados obtidos para o coagulante Tanfloc SL.

Figura 65. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Tanfloc SL) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000$ s⁻¹ e $Tmr = 10$ s



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Figura 66. Turbidez remanescente da Água Am. I decantada com $Vs1 = 1,5 \text{ cm/min}$ (coagulada com Tanfloc SL) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 10 \text{ s}$



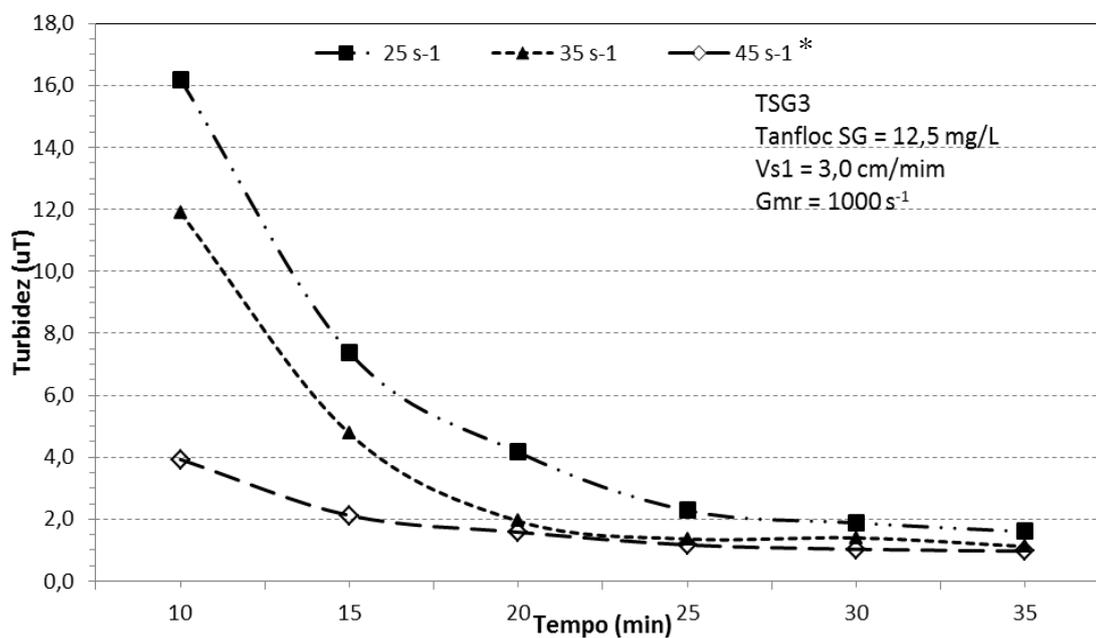
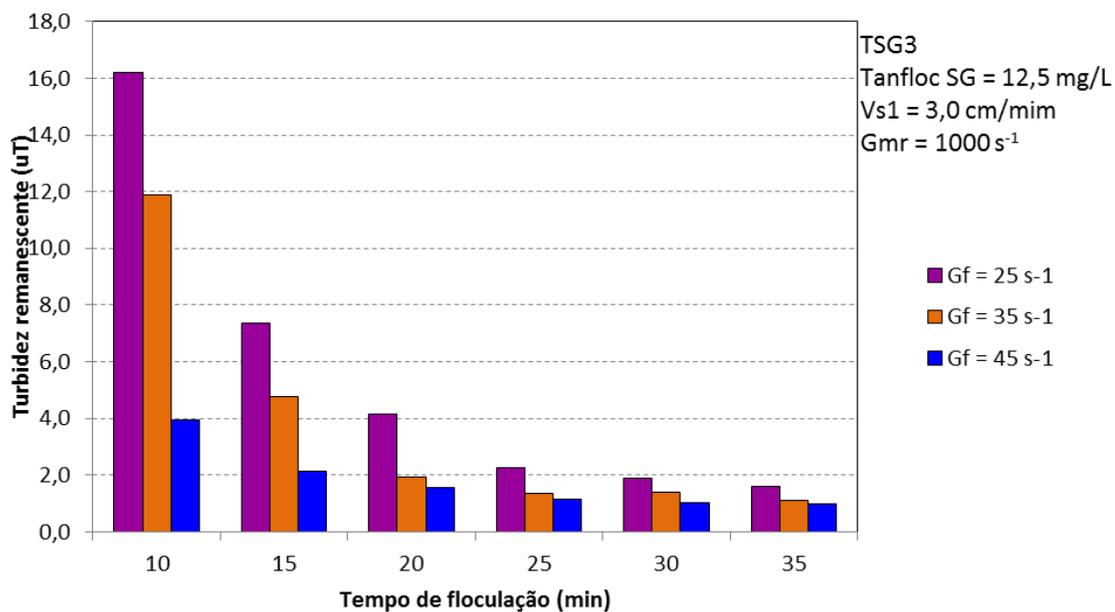
*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Pela análise das Figuras 65 e 66, nota-se que a turbidez remanescente decresceu com o aumento do tempo e do gradiente de velocidade de floculação até 45 s^{-1} . O comportamento para as duas velocidades de sedimentação estudadas ($V_{s1} = 3,0 \text{ cm/min}$ e $V_{s2} = 1,5 \text{ cm/min}$) foi semelhante. Em condições extremas, ou seja, $T_f = 35 \text{ min}$ e $G_f = 45 \text{ s}^{-1}$, houve redução da turbidez de aproximadamente 80%, uma vez que a água bruta apresentava valores próximos de 50 uT.

Observando os gráficos das Figuras 45 e 46, é possível afirmar que as melhores condições de floculação para o coagulante Tanfloc SL são $T_f = 35 \text{ min}$ e $G_f = 35 \text{ a } 45 \text{ s}^{-1}$, para ambas as velocidades de sedimentação ($V_{s1} = 3,0 \text{ cm/min}$ e $V_{s2} = 1,5 \text{ cm/min}$).

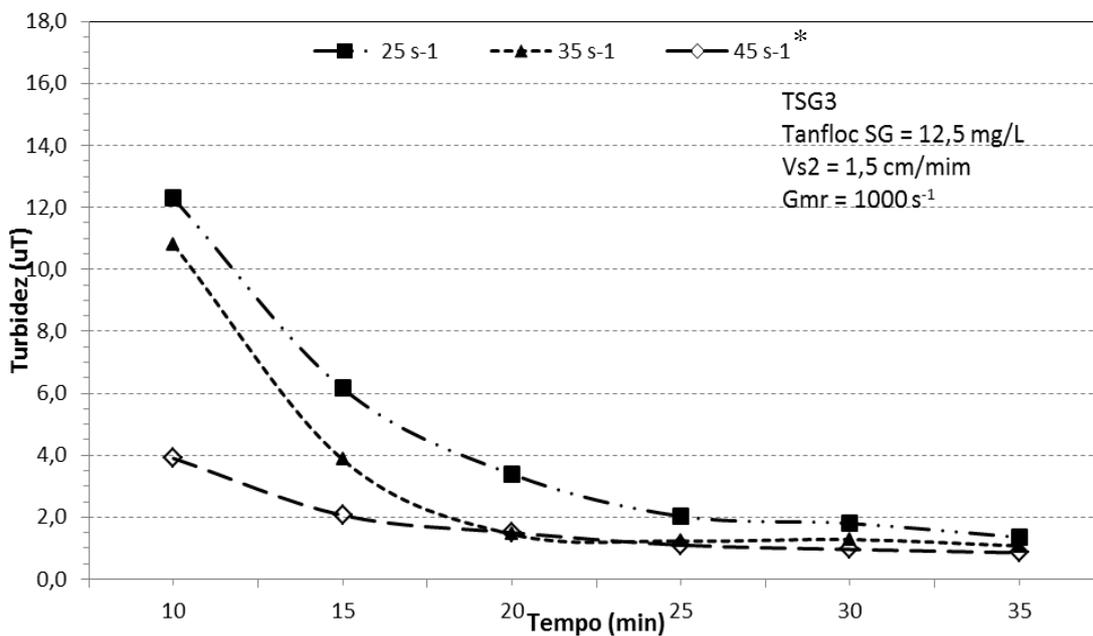
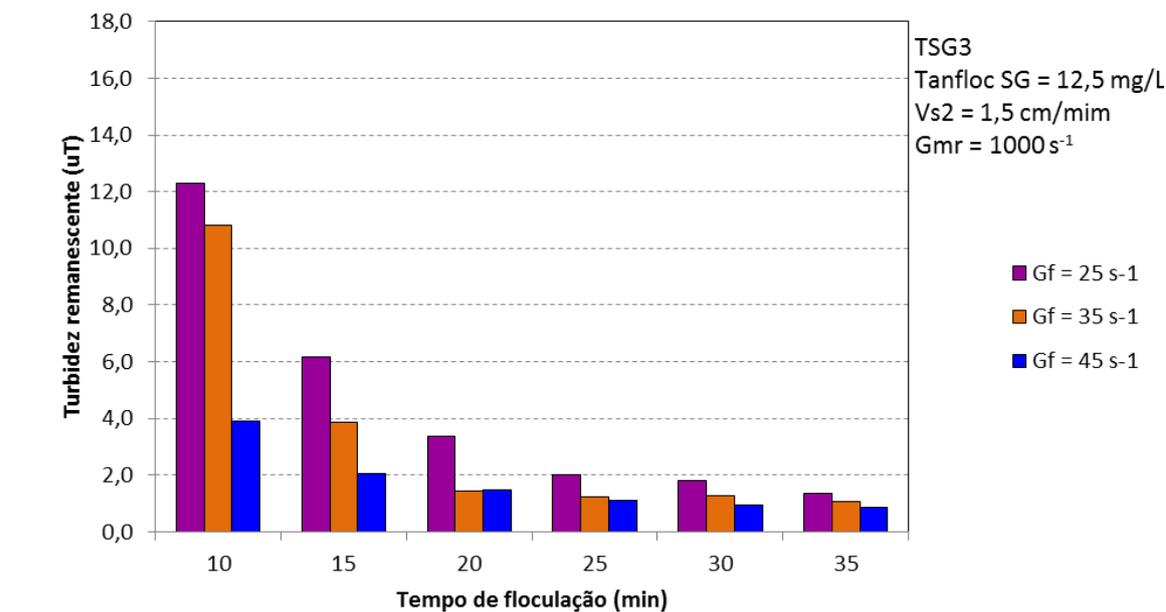
As Figuras 67 e 68 mostram os resultados obtidos, nesta etapa, para o coagulante Tanfloc SG.

Figura 67. Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Tanfloc SG) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000$ s⁻¹ e $Tmr = 10$ s



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Figura 68. Turbidez remanescente da Água Am. II decantada com $Vs1 = 1,5 \text{ cm/min}$ (coagulada com Tanfloc SG) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 10 \text{ s}$



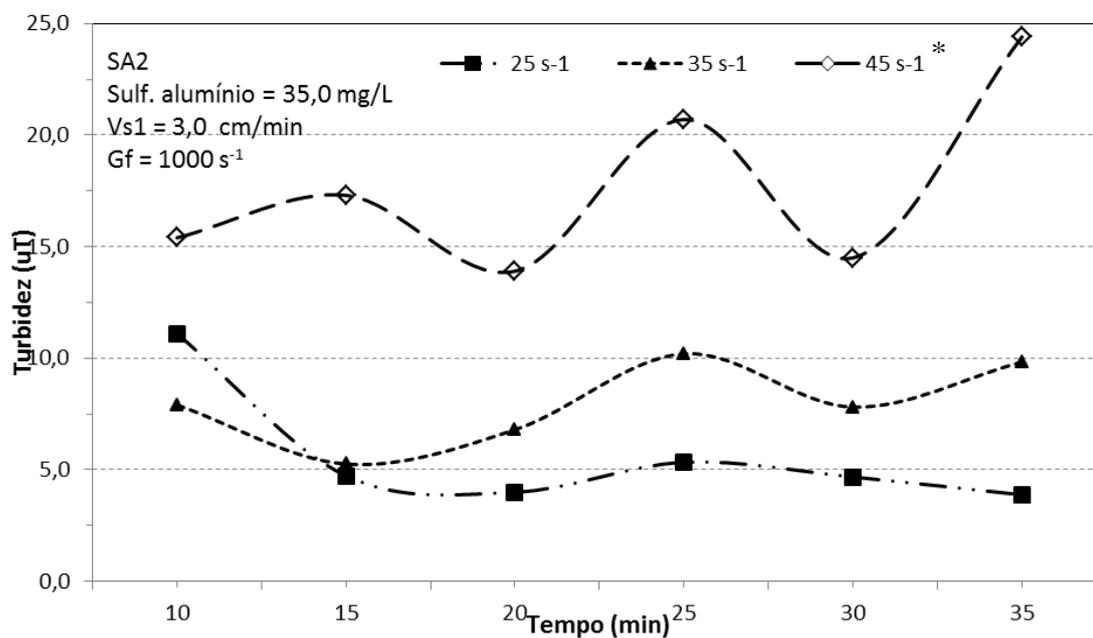
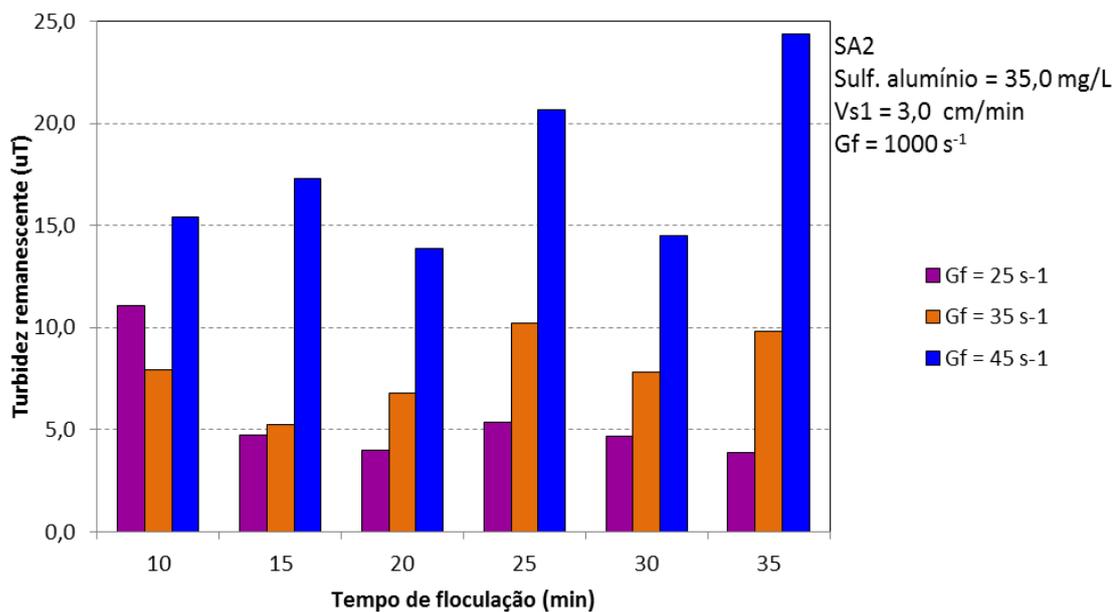
*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

A partir da análise dos gráficos das Figuras 67 e 68, foi observado que o comportamento da turbidez remanescente da água coagulada com o Tanfloc SG foi semelhante ao do Tanfloc SL, uma vez que a turbidez remanescente também diminuiu de acordo com o aumento do tempo e do gradiente de velocidade de floculação estudados, favorecendo assim, a sedimentabilidade dos flocos.

A otimização da floculação se deu em $T_f = 35$ min e $G_f = 45$ s⁻¹, para as duas velocidades de sedimentação estudadas, $V_{s1} = 3,0$ cm/min e $V_{s2} = 1,5$ cm/min, onde os valores de turbidez apresentaram uma redução de aproximadamente 80% em relação à água bruta (Água Am. II). Entretanto, percebe-se que os valores de turbidez obtidos em $T_f = 35$ min, para os três gradientes estudados, são semelhantes.

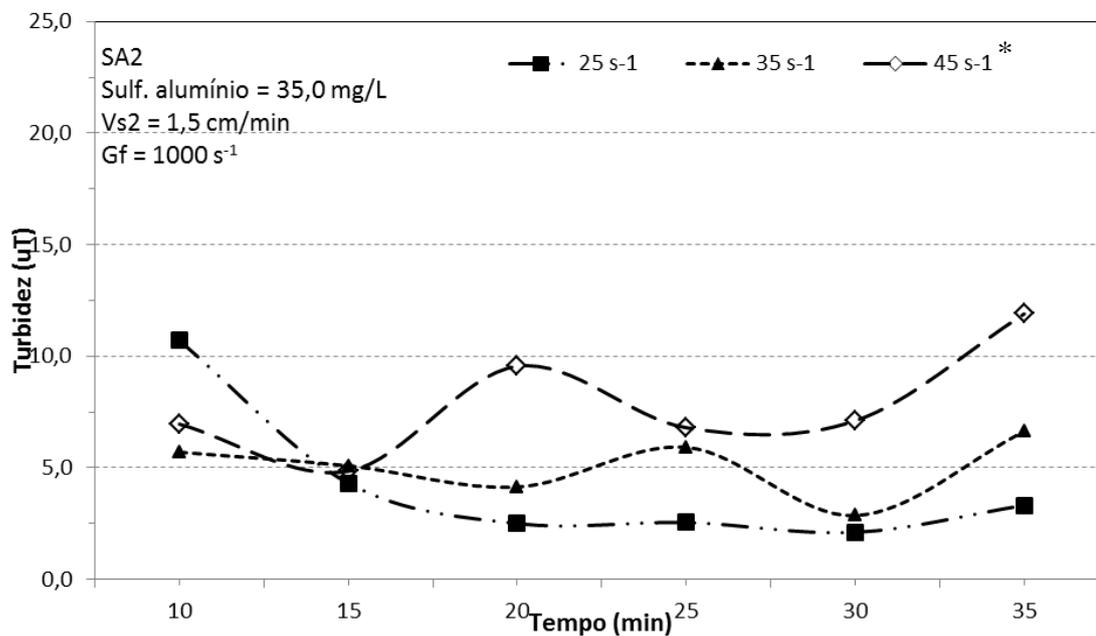
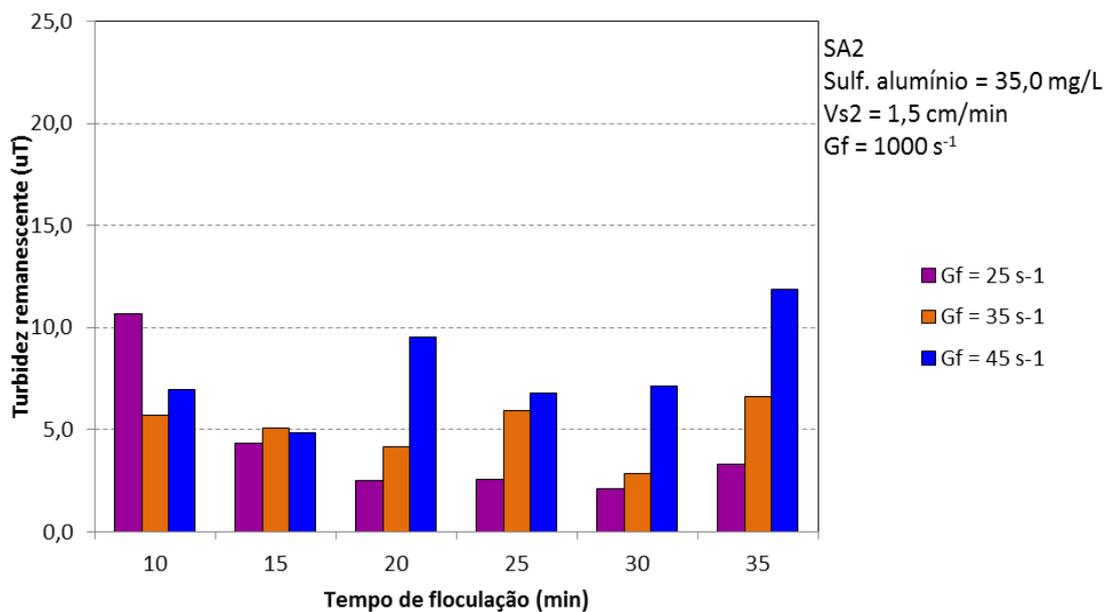
As Figuras 69 e 70 apresentam os resultados obtidos para o coagulante Sulfato de Alumínio.

Figura 69. Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com Sulfato de Alumínio) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $G_{mr} = 1000$ s⁻¹ e $T_{mr} = 10$ s



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Figura 70. Turbidez remanescente da Água Am. III decantada com $Vs1 = 1,5 \text{ cm/min}$ (coagulada com Sulfato de Alumínio) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $G_{mr} = 1000 \text{ s}^{-1}$ e $T_{mr} = 10 \text{ s}$



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

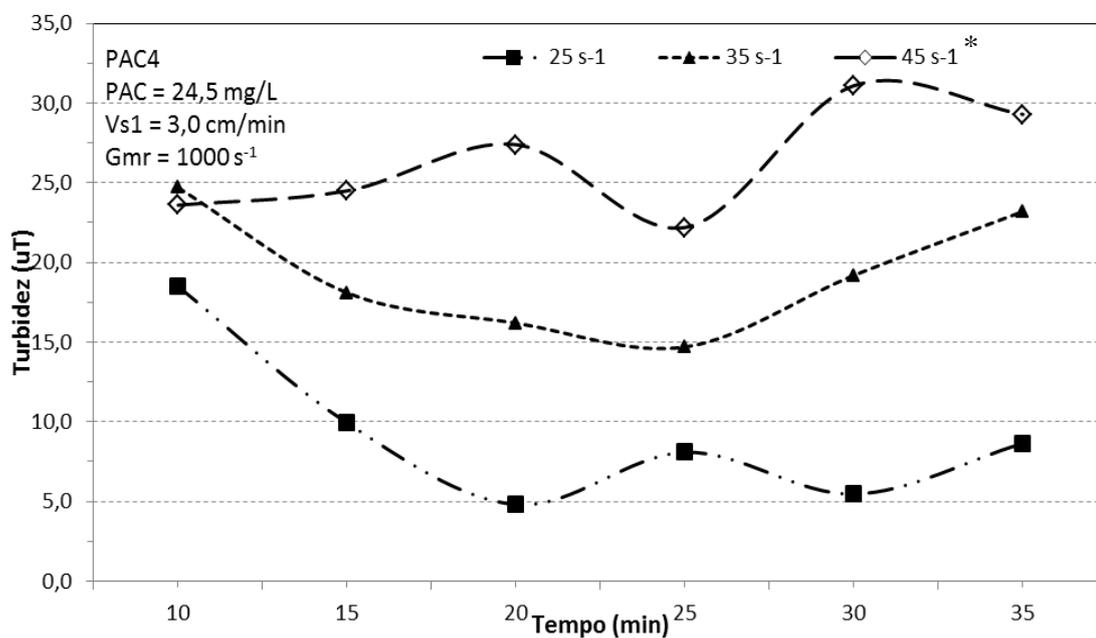
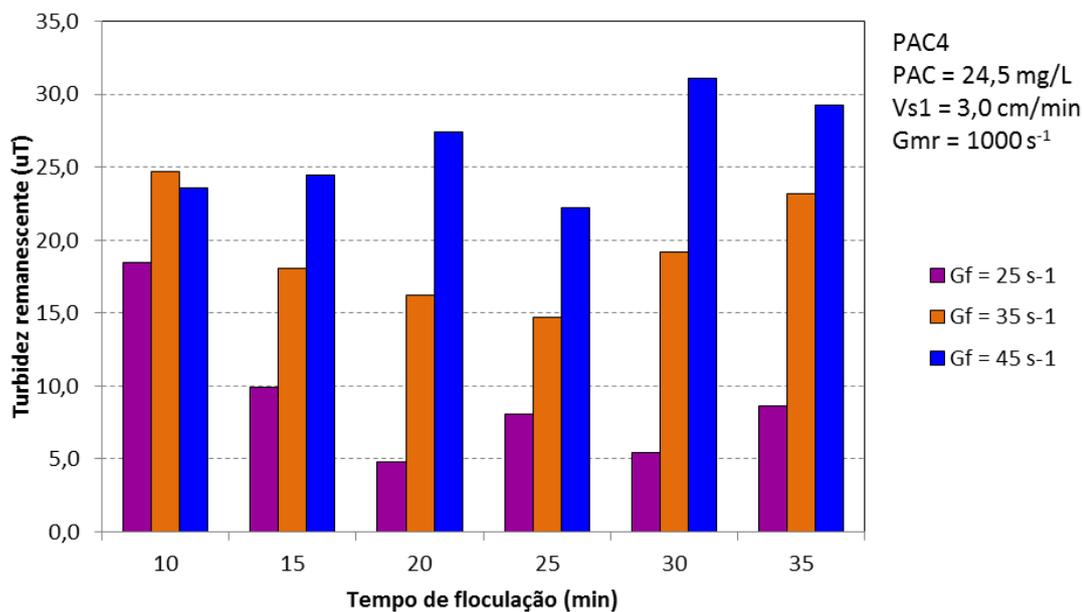
Com base nas Figuras 69 e 70, percebeu-se que os valores de turbidez aumentaram em função do aumento do gradiente de velocidade de floculação, tanto para $Vs1 = 3,0$ cm/min, quanto para $Vs2 = 1,5$ cm/min.

Os valores de turbidez tiveram mais oscilações em função do tempo quando os gradientes de velocidade de floculação eram mais elevados, pois em $Gf = 25 \text{ s}^{-1}$ os valores da turbidez remanescente não sofreram muitas variações, permanecendo abaixo de $5,0 \text{ uT}$ após $Tf = 15$ min, para $Vs2 = 1,5$ cm/min.

A condição de floculação otimizada para o coagulante Sulfato de Alumínio foi de $Tf = 35$ min e $Gf = 25 \text{ s}^{-1}$ para $Vs1 = 3,0$ cm/min e de $Tf = 30$ min e $Gf = 25 \text{ s}^{-1}$ para $Vs2 = 1,5$ cm/min.

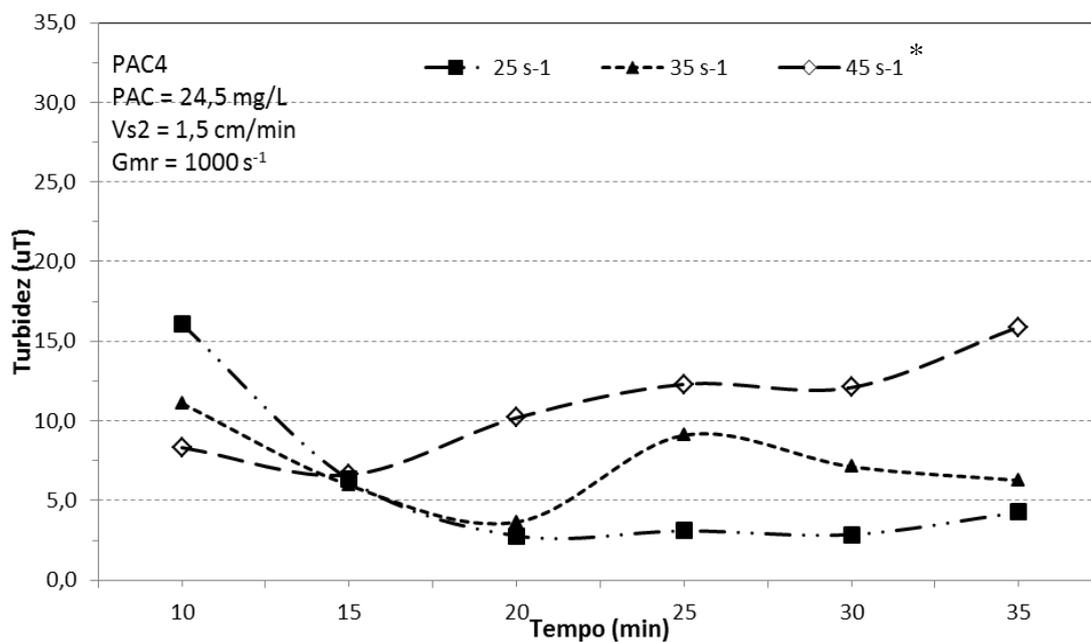
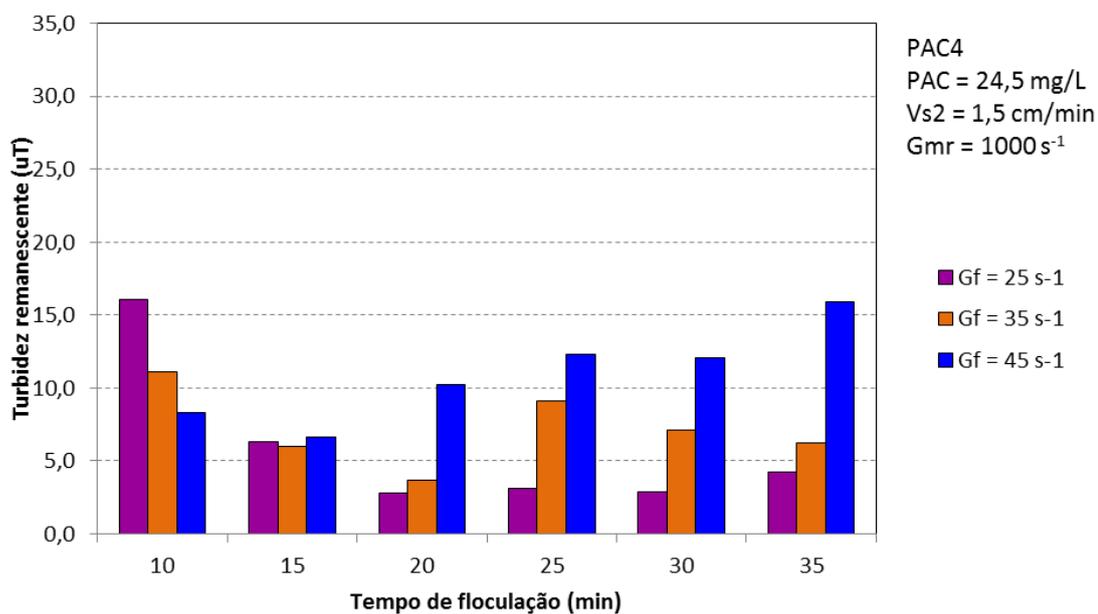
Os resultados obtidos para o PAC são apresentados nas Figuras 71 e 72.

Figura 71. Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com $Vs1 = 3,0$ cm/min (coagulada com PAC) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $Gmr = 1000$ s⁻¹ e $Tmr = 10$ s



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Figura 72. Turbidez remanescente da Água Am. IV decantada com $Vs1 = 1,5 \text{ cm/min}$ (coagulada com PAC) em função do tempo de floculação para diferentes gradientes de velocidade, com $G_{mr} = 1000 \text{ s}^{-1}$ e $T_{mr} = 10 \text{ s}$



*As linhas entre os pontos não representam valores de turbidez

Pela análise das Figuras 71 e 72 observou-se que os valores de turbidez obtidos na Água Am. IV, coagulada com PAC, assemelharam-se aos valores obtidos do Sulfato de Alumínio, uma vez que os menores valores de turbidez remanescentes também foram no menor gradiente de velocidade de floculação ($Gf = 25 \text{ s}^{-1}$).

Observou-se também que, apesar dos valores de turbidez, a partir de $Tf = 20 \text{ min}$, sofrerem pequenas oscilações em função do tempo, estes foram mais elevados conforme o aumento do tempo de floculação. Ou seja, tempos e gradientes de velocidade de floculação elevados diminuíram a sedimentabilidade dos flocos.

A otimização da floculação, para o PAC, foi de $Tf = 20 \text{ min}$ e $Gf = 25 \text{ s}^{-1}$, para ambas as velocidades de sedimentação estudadas, sendo que, para $Vs2 = 1,5 \text{ cm/min}$, os valores de turbidez em $Gf = 25 \text{ s}^{-1}$ e $Gf = 35 \text{ s}^{-1}$ foram semelhantes.

Pela análise das Figuras, observou-se que os coagulantes orgânicos (Tanfloc SL e SG) apresentaram melhores resultados de turbidez em todos os tempos e gradientes de velocidade de floculação, quando comparados aos coagulantes inorgânicos (Sulfato de Alumínio e PAC). Além de que os valores de turbidez obtidos com o Tanfloc SL e SG foram mais estáveis, até $Tf = 35 \text{ min}$, o que não prejudicaria o processo caso o tempo e/ou o gradiente de velocidade de floculação sofressem alterações inesperadas durante a floculação.

Pode-se dizer que, nas águas tratadas com os coagulantes Tanfloc, não ocorre a ruptura dos flocos, uma vez que a remoção da turbidez foi eficiente em gradientes de floculação elevados, podendo chegar em até 80% de remoção. Isso não aconteceu com o Sulfato de Alumínio e nem com o PAC, pois verificou-se que, gradientes de floculação elevados não favorecem a sedimentabilidade dos flocos, uma vez que em tempo e gradientes elevados a turbidez remanescente ficou acima de 5,0 uT, prejudicando, assim, a etapa de filtração.

Visto que a ruptura dos flocos é algo que acontece comumente nas ETAs, devido às altas velocidades dentro das câmaras de floculação, os coagulantes Tanfloc se mostraram mais eficientes, uma vez que apresentaram maior versatilidade, em termos de tempo e gradiente de velocidade de floculação, pois apresentaram melhores resultados de remoção de turbidez quando os gradientes eram mais elevados, se comparados ao PAC e ao Sulfato de Alumínio, mas também tiveram bons resultados quando o tempo e o gradiente eram menores.

As Tabelas com todos os resultados obtidos nesta etapa se encontram disponíveis no Apêndice C.

5.3 RESULTADO DOS ENSAIOS ADICIONAIS PARA VERIFICAÇÃO DA FORMAÇÃO DE CLORO COMBINADO

As Figuras 73 e 74 apresentam os resultados dos ensaios. As Tabelas com todas as dosagens encontram-se no Apêndice F.

Figura 73. Cloro residual livre e cloro total presentes na amostra de água filtrada obtida no ensaio com uso do Tanfloc SL, após a cloração por 30 min com diferentes dosagens de cloro

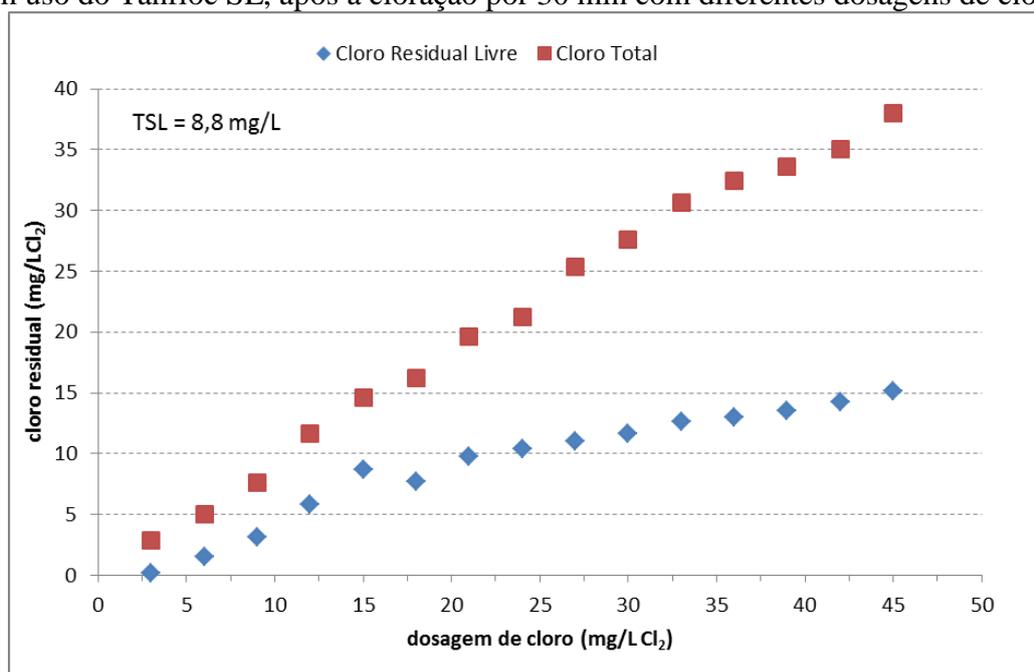
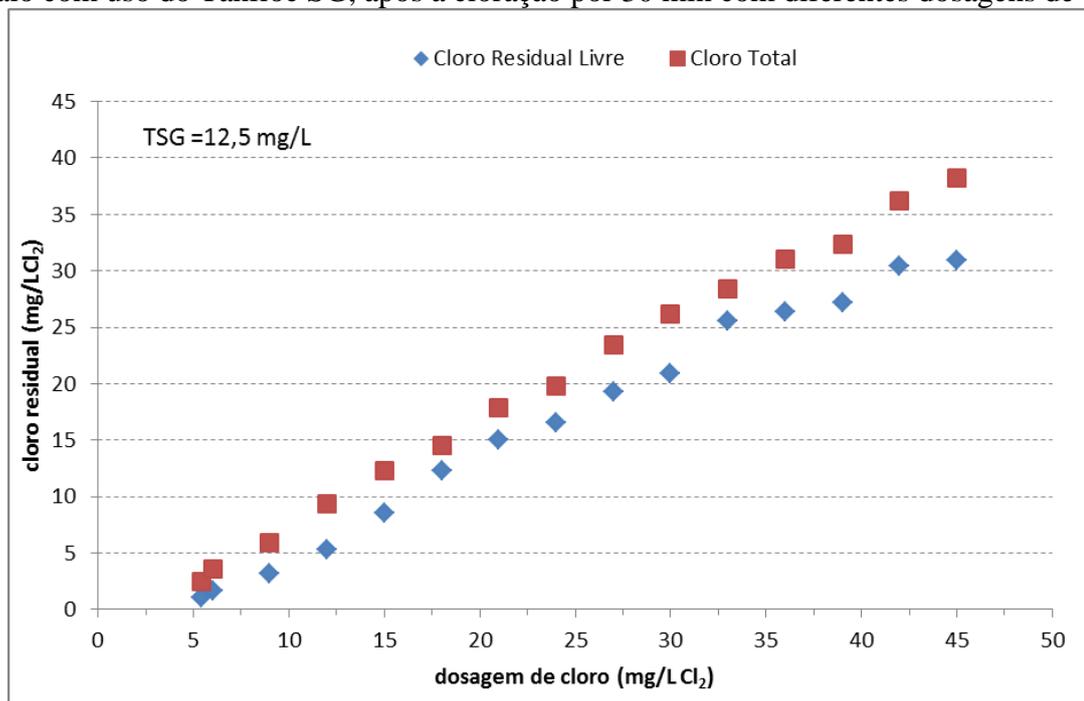


Figura 74. Cloro residual livre e cloro total presentes na amostra de água filtrada obtida no ensaio com uso do Tanfloc SG, após a cloração por 30 min com diferentes dosagens de cloro



Pela análise da Figura 73 foi possível observar que na amostra de água filtrada produzida no tratamento com Tanfloc SL, houve maior formação de cloro combinado. Com o uso do Tanfloc SG, a formação de cloro combinado foi muito inferior à formação observada com o Tanfloc SL, indicando uma vantagem deste composto em relação ao SL.

Como a estrutura molecular dos dois coagulantes orgânicos estudados não é apresentada neste trabalho devido ao sigilo industrial, pode-se dizer que, provavelmente, o Tanfloc SL possui grupos aminas em maior quantidade em sua estrutura, favorecendo a formação de cloraminas em contato com o cloro. Os resultados corroboram para a necessidade da aplicação do coagulante Tanfloc SL na condição de dosagem mínima, para que se torne competitivo economicamente e para que não haja a formação de cloraminas, com poder de desinfecção significativamente menor que o cloro.

A Tabela 12 apresenta os valores obtidos nos ensaios com a água MILIQ.

Tabela 12. Ensaio realizado com água Milli-Q em diferentes dosagens de cloro após 30 minutos de tempo de contato

Dosagem de cloro (mgCl ₂ /L)	Cloro Total (CT) (mgCl ₂ /L)	Cloro Residual Livre (CRL) (mgCl ₂ /L)
5,0	5,6	5,2
10,0	10,8	10,3
30,0	30,0	28,2

A partir do teste realizado com a água purificada, foi possível observar que o método utilizado para medir o cloro nas amostras de água é confiável, uma vez que a água purificada não apresenta nenhuma substância que reaja com o cloro, se manteve praticamente estável. Pequenas variações entre o cloro residual livre e o cloro total podem ser devido à volatilização do cloro.

5.4 RESULTADOS DA ESTIMATIVA DE CUSTOS

A Tabela 13 apresenta os valores unitários dos produtos químicos utilizados na coagulação das amostras da água de estudo.

Tabela 13. Custos unitários de mercado dos produtos químicos investigados na coagulação das amostras da água de estudo

Produto	Função	Preço unitário (R\$/kg)
Tanfloc SL (produto comercial em pó)*	coagulante	5,58
Tanfloc SG (produto comercial em pó)*	coagulante	5,52
PAC (Produto comercial líquido com no mínimo 10-12% de Al ₂ O ₃)**	coagulante	1,25
Sulfato de Alumínio Ferroso (Produto comercial líquido com 7,5% de Al ₂ O ₃)**	coagulante	0,55
Hidróxido de sódio (base seca)**	alcalinizante	1,10

* fonte: Tanac, 2015 (comunicação pessoal), considerando ETA de 1000 L/s em Ribeirão Preto (SP)

** fonte: Bauminas, 2015 (comunicação pessoal), considerando ETA de 1000 L/s em Ribeirão Preto (SP)

Os gastos foram calculados, levando-se em consideração uma ETA hipotética, com vazão de 1000 L/s na cidade de Ribeirão Preto-SP. Os valores gastos utilizando-se as dosagens otimizadas dos coagulantes estudados são apresentados na Tabela 14. E os valores gastos utilizando-se as dosagens mínimas de cada coagulante são apresentados na Tabela 15.

Tabela 14. Consumos e custos de aquisição dos produtos químicos para a coagulação da água de estudo – pontos de dosagem otimizada de coagulante

Produto	Dosagens otimizadas estabelecidas no estudo		Custo dos produtos químicos na coagulação (R\$/m ³)	Custo dos produtos químicos na coagulação* (R\$/mês)
	Coagulante (mg/L)	Alcalinizante (mg/L)		
Tanfloc SL - Ponto TSL3	8,80	2,90	0,052	R\$ 135.546,05
Tanfloc SG - Ponto TSG3	12,50	3,50	0,073	R\$ 188.827,20
PAC - Ponto PAC4	24,50	3,00	0,034	R\$ 87.933,60
Sulfato de Alumínio - Ponto SA2	35,00	6,00	0,026	R\$ 67.003,20

*ETA hipotética em Ribeirão Preto (SP) com vazão de 1000 L/s, operação por 24 h e 30 dias no mês

Tabela 15. Consumos e custos de aquisição dos produtos químicos para a coagulação da água de estudo – pontos de dosagem mínima de coagulante

Produto	Dosagens mínimas estabelecidas no estudo		Custo dos produtos químicos na coagulação (R\$/m ³)	Custo dos produtos químicos na coagulação* (R\$/mês)
	Coagulante (mg/L)	Alcalinizante (mg/L)		
Tanfloc SL - Ponto TSL1	5,00	1,10	0,029	R\$ 75.453,12
Tanfloc SG - Ponto TSG1	9,50	2,50	0,055	R\$ 143.052,48
PAC - Ponto PAC1	18,50	1,50	0,025	R\$ 64.216,80
Sulfato de Alumínio - Ponto SA1	25,00	4,00	0,018	R\$ 47.044,80

* ETA hipotética em Ribeirão Preto (SP) com vazão de 1000 L/s, operação por 24 h e 30 dias no mês

Observando a Tabela 14 percebeu-se que os gastos com os coagulantes Tanfloc SL e SG são mais elevados em relação ao Sulfato de Alumínio e PAC. Os gastos com o Tanfloc SL foram o dobro em relação ao Sulfato de Alumínio e 1,5 vezes mais caro que o PAC. Já o Tanfloc SG chegou a ser 2,8 vezes mais caro que o Sulfato de Alumínio e 2,15 vezes mais

caro que o PAC, quando analisados os gastos na ETA durante 30 dias. Esta proporção de gastos já considerou as despesas com o alcalinizante. Por esse motivo os coagulantes Tanfloc SL e SG ficam pouco competitivos, pois as ETAs buscam adquirir os produtos de custo mais reduzido. Todavia, quando observada a Tabela 15, percebe-se que os custos com o Tanfloc SL foram reduzidos em relação aos coagulantes à base de alumínio. O Tanfloc SL, quando utilizado na dosagem mínima, é vantajoso, pois, além de ter seu custo reduzido e competitivo em relação ao Sulfato de Alumínio, a geração de COT e o consumo de cloro na água também são reduzidos, além de que a formação de cloro combinado também diminui.

Outro grande problema encontrado nas ETAs é o descarte adequado do lodo gerado no tratamento. Uma vez que o lodo gerado a partir de coagulantes a base de metais é classificado como resíduo perigoso, este deve ser devidamente descartado, entretanto esse descarte tem alto custo e muitas vezes é descartado indevidamente. O lodo gerado a partir do Tanfloc SL e do SG não apresenta metais pesados advindos dos coagulantes, ou seja, é totalmente orgânico quando a água bruta não apresentar metais em sua composição. Sendo assim, o descarte do lodo gerado a partir dos coagulantes orgânicos é economicamente mais viável, além de poder ser fonte de renda quando aplicado a outras finalidades. Ou seja, o maior gasto com os coagulantes orgânicos pode ser revertido no descarte ou reutilização do lodo gerado. Porém recomenda-se realizar um estudo de caracterização do lodo gerado a partir desses coagulantes, para poder afirmar a melhor utilização e/ou o descarte do mesmo.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, concluiu-se que:

- Para a água estudada, as dosagens de Tanfloc SL e de Tanfloc SG foram inferiores às do Sulfato de Alumínio e de PAC, com produção de água decantada de melhor qualidade;
- Com o Tanfloc SL e o SG, as melhores condições de coagulação resultaram com os valores de pH de coagulação entre 7,5 e 8,5; como o produto não consome a alcalinidade da água, mesmo para os valores maiores de pH de coagulação, as dosagens de alcalinizante requeridas foram menores que as necessárias com o uso dos outros coagulantes estudados;
- As concentrações de COT das águas filtradas obtidas com o Tanfloc SL e Tanfloc SG foram maiores que as obtidas com o uso do Sulfato de Alumínio e do PAC;
- O consumo de cloro nas amostras de água filtrada produzidas nos ensaios com Tanfloc SL e SG foram superiores aos observados com Sulfato de Alumínio e PAC;
- Para águas tratadas com altas dosagens de Tanfloc SL e SG, as dosagens de cloro na desinfecção resultaram maiores que 5 mg/L de cloro para atender ao teor mínimo de cloro livre na água distribuída estabelecido pela Portaria MS 2914/2011;
- O emprego das dosagens mínimas de Tanfloc SL e de Tanfloc SG contribuiu para reduzir as concentrações de COT na água filtrada e os consumos de cloro na desinfecção, reforçando que essa condição de dosagem mínima deve ser sempre almejada quando do emprego dos coagulantes a base de tanino;
- Na etapa de desinfecção com cloro, o principal THM formado foi o clorofórmio, para todos os coagulantes estudados, e sua concentração foi similar em todas as águas avaliadas, mesmo naquelas que continham maiores concentrações de COT;
- Os trialometanos e os ácidos haloacéticos totais formados na etapa da desinfecção com cloro, nas amostras de água coaguladas com Tanfloc SL e

SG, resultaram valores de concentração inferiores aos limites estabelecidos pela Portaria MS 2914/2011;

- Com os coagulantes Tanfloc SL e SG, os melhores resultados de remoção de turbidez da água decantada foram obtidos com tempos de mistura rápida de 120 a 180 s e gradientes de velocidade médios de 400 e 700 s^{-1} , indicando que quando forem usados esses coagulantes será possível a variação do gradiente de mistura rápida para valores abaixo de 1000 s^{-1} utilizando-se unidades de mistura rápida mecânicas;
- Quanto maiores os tempos de agitação (até 35 minutos) e os gradientes de velocidade de floculação (até 45 s^{-1}) estudados, melhor foi a sedimentabilidade dos flocos formados com os coagulantes Tanfloc; este fato evidencia que os flocos formados com os coagulantes Tanfloc foram mais resistentes às forças de cisalhamento em que os flocos formados o PAC e o Sulfato de Alumínio. Esse fato pode ser considerado uma vantagem para os coagulantes Tanfloc, visto que em muitas ETAs ocorre a ruptura dos flocos após a unidade de floculação ou nas passagens entre das câmaras de floculação;
- Com o emprego altas dosagens de Tanfloc SL e de Tanfloc SG, os gastos com produtos químicos para a etapa de coagulação podem chegar a ser até 2,8 mais altos quando comparados com o Sulfato de Alumínio e o PAC;
- Os gastos com o Tanfloc SL, quando utilizado na dosagem mínima, se tornam competitivos quando comparados ao Sulfato de Alumínio;
- A água filtrada obtida com o Tanfloc SL submetida à pós-cloração resultou na formação significativa de cloro combinado; o mesmo não foi observado com o uso do Tanfloc SG.

Para este estudo, recomenda-se:

- Refazer as principais etapas da metodologia deste projeto quando as características da água bruta forem distintas daquelas deste estudo;
- A avaliação dos coagulantes Tanfloc SL e SG como auxiliares de floculação;
- Avaliar a formação de SOH utilizando-se outros desinfetantes;
- Caracterizar o lodo gerado a partir do Tanfloc SL e do SG;

- Comparar as características de adensamento e de desaguamento do lodo gerado com o uso dos coagulantes Tanfloc, PAC, Sulfato de Alumínio e outros coagulantes a base de ferro.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, I. A. Estudo computacional da interação do Robetinidol com a enzima conversora da Angiotensina I (ACE I): Perspectivas para o planejamento de fármacos anti-hipertensivos. 2012. 53 f. Trabalho de conclusão de curso – departamento de Química Industrial, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 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. Brasília - DF, dez. 2011
- CARVALHO, Maria José Herkenhoff. Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável. 2008. 154 f. Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação – Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
- CHANG, E.-E. *et al.* Effects of polyelectrolytes on reduction of model compounds via coagulation. *Chemosphere*, Taiwan, n. 58, p. 1141-1150, 2005.
- CHEN, Y.; CHEN, Y.-S.; GU, G. Influence of pretreating activated sludge with acid and surfactant prior to conventional conditioning on filtration dewatering. *Chemical Engineering Journal*, n. 99, p. 137-143, 2004.
- DIAZ, A. *et al.* A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela. *Process Biochemistry*, Venezuela, n. 35, p. 391-395, 1999.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tecnologias de Tratamento, Processos e Operações. In: _____. *Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: LDiBe, 2011. p. 97-153.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Produtos Químicos. In: _____. *Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: LDiBe, 2011. p. 65-94.
- DI BERNARDO, L; PAZ L. P. S. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDiBe, 2008. v. 2. 1560 p.
- GRAHAM, N. *et al.* Characterization and coagulation performance of a tannin-based cationic polymer: A preliminary assessment. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Reino Unido, n. 327, p. 9-16, 2008.
- HEREDIA, J. B.; MARTÍN, J. S. Removing heavy metals from polluted surface water with a tannin-based flocculant agent. *Journal of Hazardous Materials*, Espanha, n. 165, p. 1215-1218, 2009.
- HEREDIA, J. B.; MARTÍN, J. S.; BLANCO, G. F. Schinopsisbalansa e tannin-based flocculant in removing sodium dodecyl benzene sulfonate. *Separation and Purification Technology*, Espanha, n. 67, p. 295-303, 2008.

JENISSETI, T. C.; NEHER, A. Estudo de Potabilização de águas através da aplicação de Coagulante Alternativo e da filtração com Membranas Poliméricas. 2010. 31 f. Relatório final de atividades – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

KRASNER, S. W. (1999). Chemistry of Disinfection By-product Formation. In : Singer, P. C. (ed). Formation and Control of Disinfection By-products in Drinking Water. American Water Works Association, Denver, Colorado, pp. 27-52.

LEE, W.; WESTERHOFF, P. Dissolved organic nitrogen removal during water treatment by aluminum sulfate and cationic polymer coagulation. Water Research, USA, n. 40, p. 3767-3774, 2006.

MARTÍN, J. S.; HEREDIA, J. B.; HERNÁNDEZ, C. S. Surface water and wastewater treatment using a new tannin-based coagulant. Pilot plant trials. Journal of Environmental Management, Espanha, n. 91, p. 2051-2058, 2010.

MORAES, L. C. K. et al. Avaliação da eficiência de remoção de cor e turbidez, utilizando como agente coagulante os taninos vegetais, com a finalidade de obtenção de água tratada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, 24, [s.l.], 2007. p. 1-6, ref. I-178.

NDABIGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation using *Moringaoleifera* seeds. Water Research, Quebec, Canadá, n. 32, p. 781-791, 1998.

NDABIGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. Water Research, Quebec, Canadá, n. 29, p. 703-710, 1995.

NIERO, B.; SKORONSKI, E.; ALVES, M. V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no Rio Tubarão. [20--?]. 4 f. [s.n.], [20--?].

ÖZACAR, M.; SENGIL, I A. Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Turquia, n. 229, p. 85-96, 2003.

ÖZACAR, MAHMUT; SENGIL, I AYHAN. Effectiveness of tannins obtained from valonia as a coagulant aid for dewatering of sludge. Water Research, Turquia, n. 34, p. 1407-1412, 2000.

PIANTÁ, C. A. V. Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso de sulfato de alumínio no tratamento de água. 2008. 78 f. Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PITERINA, A. V.; BARLETT, J.; PEMBROKE, J. T. Morphological characterisation of ATAD thermophilic sludge; sludge ecology and settleability. Water Research, Irlanda, n. 45, p. 3427-3438, 2011.

RENAULT, F. *et al.* Chitosan for coagulation/flocculation processes – An eco-friendly approach. *European Polymer Journal*, Place Leclerc, França, n. 45, p. 1337-1348, 2009.

SCHOLL, C. A. Avaliação de derivado fenólico como coagulante em alternativa ao uso do sulfato de alumínio nos processos de tratamento de água para fins industriais. 2011. 54 f. Trabalho de conclusão de curso – Coordenadora do curso de química, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2011.

SINGER, P. C. (1994). Control of disinfection by-products in drinking water. *Journal of Environ. Eng. -ASCE*, 20(4): 727-744.

SILVA, T. S. S. S. Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto. 1999. 87 f. Dissertação de mestrado – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, [s.l.], 1999.

TYAGI, V. K.; LO, S.-L.. Sludge: A waste or renewable source for energy and resources recovery? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n. 25, p. 708-728, 2013.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Determination of chlorination disinfection byproducts, chlorinated solvents, and halogenated pesticides/herbicides in drinking water by liquid-liquid extraction and gas chromatography with electron-capture detection. Cincinnati, 1995. 61 p.

VANACÔR, R. N.; GEHLING, G. R.. Caracterização do efluente da lavagem dos filtros de uma ETA convencional utilizando coagulante orgânico derivado do tanino. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, 24, [s.l.], 2007. p. 1-6, ref. I-008.

VANACÔR, R. N.; GEHLING, G. R.. Caracterização do lodo dos decantadores de uma ETA convencional utilizando coagulante orgânico derivado do tanino. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, 24, [s.l.], 2007. p. 1-6, ref. I-009.

VENTER, P.. B. *et al.* Analysis of commercial proanthocyanidins. Part 3: The chemical composition of wattle (*Acacia mearnsii*) bark extract. *Phytochemistry*, n. 83, p. 153-167, 2012.

WENG, C.-H.; LIN, Y.-T; LIN, Y.-T. Bio-sludge Dewatering by an Electrokinetic-Assisted Process: Effects of Electrical Gradient, Separation and Purification Technology(2013), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2013.06.013>.

WU, Z. *et al.* Sludge rheological and physiological characteristics in a pilot-scale submerged membrane bioreactor. *Desalination*, Shanghai, China, n. 212, p. 152-164, 2007.

YANG, Z. *et al.* Flocculation of both anionic and cationic dyes in aqueous solutions by the amphoteric grafting flocculant carboxymethyl chitosan-graft-polyacrylamide. *Journal of Hazardous Materials*, China, n. 254-255, p. 36-45, 2013.

YIN, C.-Y. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*, Malaysia, n. 45, p. 1437-1444, 2010.

ZARA, Ricardo Fiori; THOMAZINI, Maria Helena; LENZ, Guilherme Felipe. Estudo da eficiência de polímero natural extraído do cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru*) como auxiliar nos processos de coagulação e floculação no tratamento de água. *Estudos ambientais*, [s.l.], n. 2esp, p. 75-83, 2012.

ZHANG, J. *et al.* A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. *Process Biochemistry*, China, n. 41, p. 730-733, 2006.

APÊNCIDE A

Tabela A1. Resultados dos ensaios de coagulação, floculação e decantação para a construção do diagrama utilizando Tanfloc SL	144
Tabela A2. Resultados dos ensaios de coagulação, floculação e decantação para a construção do diagrama utilizando Tanfloc SG	147
Tabela A3. Resultados dos ensaios de coagulação, floculação e decantação para a construção do diagrama utilizando Sulfato de Alumínio	151
Tabela A4. Resultados dos ensaios de coagulação, floculação e decantação para a construção do diagrama utilizando PAC	155

Tabela A1. Resultados dos ensaios de coagulação, floculação e decantação para a construção do diagrama utilizando Tanfloc SL

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
1	5,0	0,0	6,9	39,8	16,7	77	70
2	5,0	0,5	7,0	6,6	5,6	29	16
3	5,0	1,0	7,3	5,2	4,0	12	10
4	5,0	1,5	7,6	7,4	6,2	15	11
5	5,0	2,0	7,9	4,8	4,6	13	12
6	5,0	2,5	8,2	13,4	7,0	30	29
1	6,3	0,0	6,8	44,4	43,6	220	211
2	6,3	0,6	7,0	41,9	40,9	208	192
3	6,3	1,2	7,2	9,2	8,0	45	31
4	6,3	1,7	7,6	6,7	6,1	40	32
5	6,3	2,2	7,9	6,4	6,3	21	15
6	6,3	2,7	8,1	7,0	5,9	35	30
1	7,5	0,0	6,8	44,7	44,7	167	157
2	7,5	0,5	7,0	45,7	43,1	158	147
3	7,5	1,0	7,2	42,9	42,7	129	126
4	7,5	1,5	7,4	8,1	7,4	22	19
5	7,5	2,0	7,7	5,4	4,3	20	14
6	7,5	2,5	8,1	5,8	5,3	19	9
1	8,8	0,0	6,8	46,0	45,0	228	219
2	8,8	0,6	7,0	46,8	44,6	219	214
3	8,8	1,3	7,3	47,3	41,7	220	212
4	8,8	1,8	7,5	10,8	7,5	39	33
5	8,8	2,4	7,9	3,2	3,1	13	10
6	8,8	2,8	8,1	2,8	2,6	11	9
1	10,0	0,0	6,8	45,9	45,2	230	211
2	10,0	0,7	6,9	46,1	43,9	218	209
3	10,0	1,4	7,2	42,6	42,9	223	209
4	10,0	2,0	7,4	27,3	23,1	41	39
5	10,0	2,4	7,7	4,8	4,7	25	11
6	10,0	2,8	7,9	4,0	3,7	27	14
1	11,3	0,0	6,6	48,3	46,3	236	225
2	11,3	0,8	6,8	46,2	43,7	227	221
3	11,3	1,5	7,1	43,5	41,4	235	227
4	11,3	2,2	7,4	41,4	41,5	209	205
5	11,3	2,7	7,7	4,0	3,8	17	13
6	11,3	3,2	8,0	2,9	2,4	15	15
1	12,5	0,0	6,7	46,8	45,7	234	227
2	12,5	0,8	6,9	44,3	44,9	236	224

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
3	12,5	1,6	7,1	45,0	42,9	230	222
4	12,5	2,3	7,5	43,7	42,2	220	209
5	12,5	2,8	7,7	3,7	3,2	11	9
6	12,5	3,3	8,0	3,1	2,7	12	8
1	13,8	0,0	6,4	47,5	45,0	241	230
2	13,8	1,2	6,7	45,6	44,2	233	222
3	13,8	2,0	6,9	43,4	43,3	222	220
4	13,8	2,6	7,3	41,8	41,6	219	196
5	13,8	3,1	7,6	2,8	2,3	17	13
6	13,8	3,7	8,0	2,6	2,5	10	5
1	15,0	0,0	6,5	43,3	45,0	236	209
2	15,0	1,0	6,7	46,3	44,1	215	198
3	15,0	1,8	6,9	45,4	44,2	219	200
4	15,0	2,5	7,2	46,3	42,5	224	213
5	15,0	3,0	7,5	41,1	39,4	204	176
6	15,0	3,5	7,8	2,4	2,3	15	12
1	17,5	0,0	6,4	46,3	44,7	228	220
2	17,5	1,2	6,7	44,1	45,8	231	223
3	17,5	2,0	6,9	47,2	47,6	234	222
4	17,5	2,6	7,1	43,4	43,8	226	218
5	17,5	3,2	7,4	44,2	43,3	220	214
6	17,5	3,7	7,7	3,2	2,6	10	8
1	2,5	0,0	7,0	16,5	15,8	34	26
2	2,5	0,5	7,2	38,3	33,1	70	57
3	2,5	1,0	7,4	47,1	42,3	199	184
4	2,5	1,4	7,5	45,0	45,0	203	193
5	2,5	1,8	8,0	46,1	42,1	207	195
6	2,5	2,3	8,2	45,7	43,2	211	197
1	15,0	3,9	7,9	2,3	2,2	11	9
2	17,5	4,2	7,9	1,9	1,9	9	7
3	20,0	4,4	7,9	2,0	1,6	7	5
4	20,0	4,9	8,0	1,8	1,7	9	8
1	20,0	0,0	6,4	50,0	49,6	250	233
2	20,0	1,3	6,6	46,1	44,4	247	238
3	20,0	2,1	6,8	44,7	45,2	249	238
4	20,0	2,8	6,9	44,7	44,1	242	238
5	20,0	3,5	7,2	46,0	44,9	251	242
6	20,0	4,0	7,4	10,4	5,9	49	34

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de ácido sulfúrico (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
1	5,0	1,0	6,4	46,7	42,4	215	203
2	5,0	2,0	6,1	45,1	43,4	209	205
3	5,0	3,0	5,8	44,3	44,1	208	204
4	5,0	4,0	5,5	46,3	44,6	210	205
5	5,0	5,0	5,0	44,3	45,3	208	202
6	5,0	6,0	4,4	48,4	45,4	200	197
2	12,5	2,0	5,9	42,7	40,7	218	208
3	12,5	3,0	5,6	41,6	40,0	208	206
4	12,5	3,8	5,3	43,4	40,9	214	205
1	2,5	2,0	6,3	14,8	14,6	29	24
2	7,5	2,0	6,1	45,6	44,0	199	197
3	10,0	2,0	6,1	47,5	44,1	209	204
4	15,0	2,0	6,0	45,4	43,4	213	206
5	17,5	2,0	5,9	47,2	44,2	212	215
6	20,0	2,0	5,8	47,0	45,2	219	216
1	2,5	4,0	5,7	32,1	28,0	67	58
2	7,5	4,0	5,5	45,7	45,5	223	218
3	10,0	4,0	5,4	44,0	45,0	234	229
4	15,0	4,0	5,2	46,4	43,9	231	229
5	17,5	4,0	5,1	43,7	42,3	230	226
6	20,0	4,0	4,9	45,8	45,8	232	227

Tabela A2. Resultados dos ensaios de coagulação, floculação e decantação para a construção do diagrama utilizando Tanfloc SG

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
1	2,0	0,0	6,9	48,8	48,2	217	215
2	3,5	0,0	6,9	9,3	7,2	33	27
3	5,0	0,0	6,8	9,2	7,8	29	27
4	6,5	0,0	6,8	45,8	44,3	185	176
5	8,0	0,0	6,8	49,8	48,4	218	216
6	9,5	0,0	6,8	49,1	49,0	223	219
1	2,0	0,5	7,0	48,2	48,0	220	219
2	2,0	1,0	7,3	51,2	50,5	218	218
3	2,0	1,5	7,7	49,7	49,4	224	222
4	2,0	2,0	8,0	49,9	48,7	219	216
5	2,0	2,5	8,2	50,2	49,1	221	215
6	2,0	3,0	8,4	50,4	50,0	224	221
1	3,5	0,5	7,0	9,6	7,6	33	30
2	3,5	1,0	7,3	12,1	10,4	45	37
3	3,5	1,5	7,6	46,6	46,0	182	177
4	3,5	2,0	7,9	49,1	48,7	217	216
5	3,5	2,5	8,2	49,8	49,5	221	218
6	3,5	3,0	8,4	51,2	50,8	216	216
1	5,0	0,5	7,0	8,2	6,8	34	29
2	5,0	1,0	7,2	6,9	6,0	27	25
3	5,0	1,5	7,5	6,6	6,3	38	32
4	5,0	2,0	7,9	12,4	10,2	63	54
5	5,0	2,5	8,2	46,2	43,9	190	187
6	5,0	3,0	8,4	51,1	50,4	224	219
1	6,5	0,5	6,9	40,3	35,0	130	108
2	6,5	1,0	7,1	11,0	9,3	39	31
3	6,5	1,5	7,2	6,8	5,5	22	16
4	6,5	2,0	7,5	5,5	5,3	13	12
5	6,5	2,5	7,7	6,9	5,4	17	14
6	6,5	3,0	8,0	6,4	6,4	18	16
1	8,0	1,0	7,0	46,6	45,5	198	185
2	8,0	2,0	7,4	5,7	5,2	24	24
3	8,0	2,5	7,7	5,4	4,6	26	22
4	8,0	3,0	8,0	4,9	4,4	30	21
5	8,0	3,5	8,1	4,7	5,6	34	32
6	8,0	4,0	8,4	8,6	6,6	47	41
1	9,5	1,0	7,0	50,1	49,7	227	228
2	9,5	2,0	7,4	6,9	6,6	34	29

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
3	9,5	2,5	7,7	4,7	4,3	14	12
4	9,5	3,0	7,9	3,7	3,7	12	10
5	9,5	3,5	8,2	4,9	3,7	10	8
6	9,5	4,0	8,4	5,0	4,4	15	11
2	11,0	2,0	7,3	18,2	13,3	55	44
3	11,0	2,5	7,6	4,9	3,7	15	12
4	11,0	3,0	7,9	3,8	3,2	14	10
5	11,0	3,5	8,1	5,6	3,8	17	13
6	11,0	4,0	8,2	4,5	3,5	14	9
1	11,0	0,0	6,9	51,2	50,8	223	221
2	12,5	0,0	6,8	50,8	50,0	227	227
3	14,0	0,0	6,8	50,7	50,2	224	225
4	15,5	0,0	6,7	48,8	48,5	221	219
5	17,0	0,0	6,7	49,5	49,5	222	221
6	18,5	0,0	6,6	52,0	51,4	229	225
1	12,5	1,5	7,1	54,7	53,5	247	246
2	12,5	2,5	7,5	5,5	5,3	21	20
3	12,5	3,0	7,8	4,4	3,6	12	7
4	12,5	3,5	8,0	4,0	3,3	11	8
5	12,5	4,5	8,3	4,6	3,9	14	10
6	12,5	5,0	8,5	4,4	4,2	14	13
1	14,0	1,5	7,0	54,3	52,6	277	275
2	14,0	2,5	7,5	8,9	8,4	44	40
3	14,0	3,0	4,7	4,2	3,6	16	12
4	14,0	3,5	8,0	3,1	2,9	12	8
5	14,0	4,5	8,3	4,3	3,7	15	10
6	14,0	5,0	8,4	4,0	3,8	14	9
1	15,5	1,5	6,9	53,1	52,6	256	255
2	15,5	2,5	7,2	51,9	51,1	259	253
3	15,5	3,0	7,5	6,1	4,1	19	15
4	15,5	3,5	7,9	3,9	3,0	13	10
5	15,5	4,5	8,3	3,3	3,2	15	10
6	15,5	5,0	8,4	3,4	3,3	14	13
1	17,0	1,5	6,9	53,6	53,0	248	245
2	17,0	2,5	7,2	50,9	49,7	252	253
3	17,0	3,0	7,5	6,0	5,8	26	21
4	17,0	3,5	7,9	3,2	3,1	15	12
5	17,0	4,5	8,3	3,0	2,9	14	12
6	17,0	5,0	8,4	3,0	3,0	16	14
1	18,5	1,5	6,7	52,3	51,7	243	240

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
2	18,5	2,5	6,9	53,1	53,0	237	239
3	18,5	3,0	7,1	51,9	51,5	241	238
4	18,5	3,5	7,2	53,8	52,4	244	236
5	18,5	4,5	7,6	4,2	4,0	15	13
6	18,5	5,0	7,9	2,7	2,6	12	10
1	20,0	0,0	6,6	54,0	53,9	247	245
2	21,5	0,0	6,6	53,6	53,5	238	233
3	23,0	0,0	6,6	52,7	52,9	243	241
4	24,5	0,0	6,5	53,6	53,5	245	245
5	26,0	0,0	6,5	52,7	52,0	236	238
6	27,5	0,0	6,4	54,1	53,2	249	247
1	20,0	2,5	7,0	53,2	52,6	245	245
2	20,0	3,5	7,2	54,1	53,1	249	239
3	20,0	4,5	7,7	4,9	4,6	15	13
4	20,0	5,0	7,9	2,8	2,6	12	10
5	20,0	5,5	8,1	2,7	2,4	12	11
6	20,0	6,0	8,3	2,8	2,4	13	11
1	21,5	2,5	6,8	54,6	53,8	243	240
2	21,5	3,5	7,1	53,2	53,2	246	245
3	21,5	4,5	7,5	4,9	4,3	15	14
4	21,5	5,0	7,8	3,3	3,0	8	8
5	21,5	5,5	8,0	2,6	2,1	12	9
6	21,5	6,0	8,2	2,5	2,3	11	6
1	23,0	2,5	6,8	53,4	53,1	245	243
2	23,0	3,5	7,1	54,6	53,5	243	242
3	23,0	4,5	7,5	7,5	5,8	58	34
4	23,0	5,0	7,8	3,8	3,2	15	12
5	23,0	5,5	8,0	2,4	2,2	13	11
6	23,0	6,0	8,2	2,0	1,9	10	7
1	24,5	2,5	6,8	53,1	52,8	243	240
2	24,5	3,5	7,1	54,2	53,5	248	241
3	24,5	4,5	7,5	15,0	13,0	65	57
4	24,5	5,0	7,7	3,4	3,1	27	27
5	24,5	5,5	7,9	2,4	2,3	25	24
6	24,5	6,0	8,1	2,8	1,9	27	25
1	26,0	2,5	6,8	53,1	52,6	321	320
2	26,0	3,5	7,1	52,4	52,5	325	323
3	26,0	4,5	7,5	5,7	5,4	56	52
4	26,0	5,0	7,8	4,1	2,7	16	11
5	26,0	5,5	8,0	2,1	1,9	11	6

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
6	26,0	6,0	8,2	2,2	2,2	10	7
1	27,5	2,5	6,8	53,4	53,1	317	318
2	27,5	3,5	7,1	52,7	52,8	324	321
3	27,5	4,5	7,5	7,2	6,1	105	62
4	27,5	5,0	7,8	3,5	3,0	15	12
5	27,5	5,5	8,0	2,4	2,2	13	9
6	27,5	6,0	8,2	2,1	2,1	12	10
1	29,0	0,0	6,4	53,7	53,5	321	320
2	29,0	2,5	6,8	54,1	53,8	325	326
3	29,0	3,5	7,1	52,9	52,5	317	312
4	29,0	4,5	7,5	53,2	53,0	327	323
5	29,0	5,0	7,8	4,8	3,8	15	13
6	29,0	5,8	8,1	2,2	2,2	12	11
1	30,0	0,0	6,4	54,1	53,8	321	319
2	30,0	2,5	6,8	53,6	53,5	324	324
3	30,0	3,5	7,1	53,7	52,9	315	312
4	30,0	4,5	7,5	53,9	53,6	325	322
5	30,0	5,0	7,7	5,4	5,3	27	20
6	30,0	5,8	8,0	2,6	2,1	14	10

Tabela A3. Resultados dos ensaios de coagulação, floculação e decantação para a construção do diagrama utilizando Sulfato de Alumínio

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
1	5,0	0,0	6,7	48,1	44,5	210	194
2	10,0	0,0	6,6	36,1	30,2	106	50
3	15,0	0,0	6,5	25,8	20,4	25	25
4	20,0	0,0	6,3	46,9	45,8	105	97
5	25,0	0,0	6,1	45,0	45,2	176	176
6	30,0	0,0	5,8	47,7	46,6	197	184
1	5,0	0,7	7,0	49,2	48,7	210	210
2	5,0	1,4	7,2	45,4	46,0	208	206
3	5,0	2,1	7,4	45,0	44,8	210	207
4	5,0	2,8	7,8	45,4	44,0	208	208
5	5,0	3,5	8,2	48,3	46,9	213	206
6	5,0	4,2	8,5	45,6	45,2	211	210
1	10,0	0,8	6,9	40,8	29,7	100	78
2	10,0	1,6	7,1	50,4	47,5	215	200
3	10,0	2,4	7,3	48,9	45,1	213	208
4	10,0	3,1	7,5	47,6	45,6	208	203
5	10,0	3,7	7,9	45,1	44,3	210	207
6	10,0	4,3	8,3	45,5	45,4	217	200
1	15,0	0,8	6,6	23,3	22,1	46	30
2	15,0	1,6	6,8	20,7	12,1	20	20
3	15,0	2,4	7,0	22,1	11,7	22	21
4	15,0	3,2	7,2	47,0	45,0	200	185
5	15,0	3,8	7,3	47,0	45,5	195	195
6	15,0	4,4	7,5	50,5	46,7	193	191
1	20,0	0,9	6,4	34,5	26,0	65	61
2	20,0	1,8	6,6	13,0	8,2	35	28
3	20,0	2,7	6,7	9,1	6,5	30	19
4	20,0	3,6	7,0	10,5	7,4	32	21
5	20,0	4,5	7,2	48,2	46,4	208	207
6	20,0	5,4	7,5	48,9	47,9	213	210
1	25,0	1,0	6,3	48,2	44,5	180	171
2	25,0	2,0	6,5	10,9	10,3	29	29
3	25,0	3,0	6,6	5,7	5,5	19	11
4	25,0	4,0	6,8	5,6	4,1	15	11
5	25,0	5,0	7,1	9,5	7,3	16	14
6	25,0	6,0	7,4	47,6	47,1	205	203
1	30,0	1,1	6,1	47,8	46,3	208	204
2	30,0	2,2	6,3	39,4	38,1	72	70

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
3	30,0	3,3	6,5	6,9	6,2	13	7
4	30,0	4,4	6,7	6,5	4,1	10	8
5	30,0	5,5	7,0	5,8	2,9	8	4
6	30,0	6,6	7,3	46,8	47,0	182	172
1	35,0	0,0	5,8	46,2	46,6	190	188
2	35,0	1,2	6,0	47,3	45,8	195	186
3	35,0	2,4	6,2	45,4	45,9	169	167
4	35,0	3,6	6,4	7,0	5,4	7	7
5	35,0	4,8	6,6	5,1	3,2	4	3
1	40,0	0,0	5,7	48,3	46,2	205	200
2	40,0	1,3	5,9	47,3	44,5	207	199
3	40,0	2,6	6,1	47,3	46,0	197	194
4	40,0	3,9	6,3	6,1	5,8	22	10
5	40,0	5,2	6,6	3,1	3,1	8	7
1	45,0	0,0	5,5	49,7	47,1	200	190
2	45,0	1,4	5,8	52,8	47,1	195	188
3	45,0	2,8	6,0	48,0	45,9	190	186
4	45,0	4,2	6,3	33,0	27,8	77	29
5	45,0	6,0	6,5	4,4	2,7	10	7
1	50,0	0,0	5,4	47,0	45,8	215	213
2	50,0	1,5	5,7	47,4	46,1	220	216
3	50,0	3,0	5,9	46,5	46,5	216	210
4	50,0	4,5	6,1	44,1	43,3	199	193
5	50,0	6,0	6,4	2,7	2,7	7	6
6	50,0	7,5	6,6	3,9	2,5	6	4
1	55,0	3,1	5,7	48,5	48,3	117	115
2	55,0	4,7	6,0	49,1	48,6	121	116
3	55,0	6,3	6,2	11,7	6,4	16	12
4	55,0	7,9	6,4	4,2	3,7	8	4
5	55,0	9,5	6,7	4,0	3,5	9	5
6	55,0	11,1	7,1	5,9	3,2	7	5
1	55,0	12,7	7,4	46,5	46,1	116	114
2	55,0	13,3	7,5	47,8	46,7	120	118
3	55,0	14,9	7,9	48,2	47,9	115	115
1	60,0	1,6	5,4	48,1	47,8	112	110
2	60,0	3,2	5,7	47,0	45,2	121	119
3	60,0	4,8	5,9	45,7	45,0	116	115
4	60,0	6,4	6,1	45,4	45,4	142	141
5	60,0	8,0	6,3	5,5	2,9	10	3
6	60,0	9,6	6,5	4,1	3,2	7	6
1	60,0	11,2	6,9	4,1	2,0	10	6

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
2	60,0	12,8	7,3	6,5	2,7	10	5
3	60,0	14,4	7,6	48,9	48,5	118	117
4	60,0	16,0	7,9	49,2	48,7	123	120
5	60,0	17,6	8,3	47,6	45,0	117	117
1	15,0	5,1	7,8	44,3	44,0	210	208
2	15,0	5,8	8,1	45,5	46,0	215	212
3	20,0	6,3	7,8	48,5	47,7	210	210
4	20,0	7,2	8,2	45,7	45,3	221	217
5	20,0	8,1	8,6	45,8	45,8	212	210
6	25,0	7,0	7,7	45,9	44,0	216	213
1	25,0	8,0	8,1	45,6	44,8	205	199
2	25,0	9,0	8,4	47,8	47,0	213	212
3	30,0	7,7	7,7	48,0	47,5	215	213
4	30,0	8,8	7,8	46,1	45,3	212	210
5	30,0	9,9	8,3	49,6	49,4	217	215
6	30,0	11,0	8,6	44,2	43,7	198	195
1	35,0	6,0	6,7	3,8	2,6	10	8
2	35,0	7,2	7,1	4,9	4,7	18	16
3	35,0	8,4	7,3	50,8	47,9	220	217
4	35,0	9,6	7,7	46,7	46,9	223	221
5	35,0	10,8	8,1	46,6	46,6	230	226
6	35,0	12,0	8,5	49,0	47,8	222	221
1	40,0	6,5	6,8	6,0	2,3	10	8
2	40,0	7,8	7,0	5,4	4,1	18	7
3	40,0	9,1	7,3	44,3	43,9	213	208
4	40,0	10,4	7,7	44,8	44,6	220	212
5	40,0	11,7	8,3	44,8	44,0	216	214
6	40,0	13,0	8,6	45,1	44,7	218	214
1	45,0	7,4	6,7	3,1	2,8	12	8
2	45,0	8,8	7,0	6,8	3,6	13	10
3	45,0	10,2	7,4	46,5	46,3	214	207
4	45,0	11,6	7,8	44,5	43,7	215	211
5	45,0	13,0	8,2	45,9	45,1	213	212
6	45,0	14,4	8,6	46,5	45,9	215	211
1	50,0	9,0	6,8	3,7	2,5	11	7
2	50,0	10,5	7,2	13,1	9,1	58	41
3	50,0	12,0	7,5	48,0	47,8	213	210
4	50,0	13,5	8,0	50,3	49,0	210	210
5	50,0	15,0	8,5	44,7	43,9	210	208

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de ácido sulfúrico (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
1	5,0	0,7	6,6	47,6	45,9	214	210
2	10,0	0,7	6,4	32,9	31,1	84	50
3	15,0	0,7	6,3	47,6	43,9	114	120
4	25,0	0,7	6,0	47,4	46,8	212	209
1	35,0	0,7	5,7	47,6	45,0	213	208
2	45,0	0,7	5,4	48,1	46,7	212	209
3	5,0	1,4	6,4	49,4	48,1	217	210
4	10,0	1,4	6,3	39,5	35,2	129	122
5	15,0	1,4	6,0	44,6	44,1	215	215
1	20,0	1,4	5,9	48,1	48,3	219	213
2	25,0	1,4	5,7	47,8	47,0	215	212
3	30,0	1,4	5,6	48,4	47,6	220	218
4	35,0	1,4	5,4	45,6	44,7	221	215
5	40,0	1,4	5,4	47,6	47,5	217	210
6	5,0	2,3	6,1	46,1	45,5	212	210

Tabela A4. Resultados dos ensaios de coagulação, floculação e decantação para a construção do diagrama utilizando PAC

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
1	5,0	0,0	6,9	49,9	51,7	209	196
2	12,5	0,0	6,8	23,0	11,2	36	14
1	6,5	0,0	6,9	48,7	41,6	119	83
2	8,0	0,0	6,9	40,2	29,2	78	45
3	9,5	0,0	6,8	31,2	22,2	53	28
4	11,0	0,0	6,8	21,5	20,3	31	27
5	14,0	0,0	6,8	14,4	8,3	10	5
6	15,5	0,0	6,8	10,5	10,4	5	3
1	17,0	0,0	6,8	10,4	9,3	20	8
2	18,5	0,0	6,8	14,5	11,0	16	15
3	20,0	0,0	6,7	9,4	9,3	23	9
4	21,5	0,0	6,7	10,5	5,2	16	8
5	23,0	0,0	6,7	12,2	5,5	16	7
6	24,5	0,0	6,6	16,5	8,2	17	12
1	26,0	0,0	6,7	11,6	8,0	28	18
2	27,5	0,0	6,6	11,1	10,1	31	24
3	29,0	0,0	6,6	14,4	10,3	29	18
4	30,5	0,0	6,6	19,6	7,6	36	27
5	32,0	0,0	6,5	20,9	14,8	41	24
6	33,5	0,0	6,5	33,5	19,5	67	32
1	6,5	1,0	7,0	49,0	37,5	157	119
2	6,5	1,5	7,2	50,4	47,4	163	151
3	6,5	2,0	7,3	49,8	49,2	195	190
4	6,5	2,5	7,5	50,1	49,5	205	201
5	6,5	3,0	7,8	48,3	48,5	201	198
1	8,0	1,0	7,1	50,5	50,2	201	198
2	8,0	2,0	7,3	50,2	50,1	205	199
3	8,0	2,5	7,5	49,8	50,0	204	197
4	8,0	3,0	7,7	49,1	49,8	202	198
5	8,0	3,5	8,0	50,6	49,4	206	204
6	8,0	4,0	8,2	49,9	49,6	201	196
1	9,5	1,0	7,0	28,1	27,6	178	165
2	9,5	2,0	7,3	42,3	23,6	187	162
3	9,5	2,5	7,5	42,9	40,8	198	185
4	9,5	3,0	7,7	51,3	50,9	201	198
5	9,5	3,5	7,9	50,8	50,0	198	190
6	9,5	4,0	8,2	50,5	49,4	209	203
1	11,0	1,0	7,0	21,4	20,9	29	17

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
2	11,0	2,0	7,3	28,5	23,7	39	22
3	11,0	2,5	7,4	40,7	22,7	54	22
4	11,0	3,0	7,6	34,0	30,9	59	41
5	11,0	3,5	8,0	49,0	35,3	95	63
6	11,0	4,0	8,2	50,7	48,9	208	194
1	12,5	1,0	7,0	20,9	17,5	36	20
2	12,5	2,0	7,2	22,9	19,4	35	18
3	12,5	2,5	7,3	23,6	21,7	42	25
4	12,5	3,0	7,5	27,2	12,6	51	12
5	12,5	3,5	7,8	32,5	23,5	70	37
6	12,5	4,0	8,1	31,7	29,0	65	30
1	14,0	1,0	6,9	16,3	11,4	21	19
2	14,0	2,0	7,2	26,5	12,6	27	24
3	14,0	2,5	7,3	20,8	16,4	26	14
4	14,0	3,0	7,5	26,3	11,8	38	29
5	14,0	3,5	7,8	24,7	20,0	32	19
6	14,0	4,0	8,0	20,5	19,5	36	26
1	15,5	1,0	6,9	6,0	6,0	37	31
2	15,5	2,0	7,1	12,3	9,0	31	22
3	15,5	2,7	7,3	13,6	6,8	30	27
4	15,5	3,3	7,5	13,9	9,0	32	24
5	15,5	4,0	7,8	21,1	16,1	51	25
6	15,5	4,5	8,1	34,4	31,5	66	58
1	17,0	1,0	6,9	16,2	9,9	23	21
2	17,0	2,0	7,0	16,9	6,6	26	19
3	17,0	2,8	7,2	14,3	7,4	22	19
4	17,0	3,5	7,4	18,3	12,2	23	20
5	17,0	4,2	7,6	18,7	11,5	32	26
6	17,0	4,7	8,0	14,1	11,5	29	21
1	18,5	1,5	6,9	9,8	4,6	17	12
2	18,5	2,5	7,1	13,1	4,8	20	9
3	18,5	3,5	7,3	11,9	7,8	21	13
4	18,5	4,2	7,6	13,4	6,5	33	18
5	18,5	4,7	7,9	10,1	5,4	30	14
6	18,5	5,3	8,2	11,0	7,5	29	23
1	20,0	1,7	6,9	8,6	4,6	17	9
2	20,0	2,7	7,0	10,1	6,4	15	11
3	20,0	3,7	7,3	6,0	5,3	13	9
4	20,0	4,4	7,7	8,2	5,5	18	8
5	20,0	4,9	7,9	19,5	5,3	26	11

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
6	20,0	5,5	8,1	15,9	11,9	21	16
1	21,5	1,7	6,9	6,4	5,9	14	11
2	21,5	2,7	7,0	4,9	3,7	10	9
3	21,5	3,7	7,3	5,7	3,2	10	9
4	21,5	4,4	7,5	9,0	3,9	19	11
5	21,5	4,9	7,8	14,9	5,0	21	16
6	21,5	5,5	8,1	15,7	6,7	21	17
1	23,0	1,7	6,9	9,1	7,6	25	18
2	23,0	2,7	7,0	8,4	5,0	23	20
3	23,0	3,7	7,3	7,6	3,6	19	14
4	23,0	4,4	7,5	8,9	8,1	21	17
5	23,0	4,9	7,8	12,1	11,7	19	17
6	23,0	5,5	8,1	10,8	10,3	27	18
1	24,5	2,0	6,8	4,7	4,1	12	9
2	24,5	3,0	7,0	4,8	2,9	11	7
3	24,5	4,0	7,3	4,8	2,8	10	6
4	24,5	4,6	7,6	6,7	3,3	18	7
5	24,5	5,2	7,8	8,8	3,4	15	10
6	24,5	5,7	8,0	5,9	3,6	16	7
1	26,0	2,0	6,8	5,2	4,0	15	6
2	26,0	3,0	7,0	4,0	3,6	12	5
3	26,0	4,0	7,3	5,5	4,5	16	10
4	26,0	4,6	7,5	5,5	5,4	15	12
5	26,0	5,4	7,8	13,6	4,8	19	12
6	26,0	6,0	8,1	9,9	5,3	24	14
1	27,5	2,2	6,8	6,4	3,7	19	8
2	27,5	3,2	7,0	8,9	2,4	21	6
3	27,5	4,2	7,3	5,5	3,7	15	12
4	27,5	5,0	7,6	5,8	5,1	17	15
5	27,5	5,7	7,9	7,6	5,8	19	15
6	27,5	6,3	8,2	7,7	5,4	21	16
1	29,0	2,2	6,8	4,5	4,4	13	9
2	29,0	3,2	7,0	4,6	4,0	12	10
3	29,0	4,2	7,2	4,9	2,8	15	9
4	29,0	5,0	7,5	9,2	4,1	19	12
5	29,0	5,7	7,8	6,9	4,4	18	12
6	29,0	6,3	8,1	8,9	7,4	17	15
1	30,5	2,2	6,8	4,8	4,0	12	11
2	30,5	3,2	7,0	9,2	3,0	20	7
3	30,5	4,2	7,2	3,9	3,2	10	8

Jarros	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
				Turbidez (uT)		Cor (uH)	
				Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
4	30,5	5,0	7,5	6,4	3,7	16	5
5	30,5	5,7	7,7	3,4	3,0	15	9
6	30,5	6,3	8,0	8,1	3,6	22	12
1	32,0	2,3	6,8	6,7	2,1	16	4
2	32,0	3,3	7,0	6,6	1,8	17	5
3	32,0	4,3	7,2	6,0	3,8	14	8
4	32,0	5,1	7,4	4,3	4,1	15	12
5	32,0	5,8	7,6	5,0	2,1	12	6
6	32,0	6,4	7,9	6,4	4,0	22	13
1	33,5	2,5	6,8	6,0	1,3	25	6
2	33,5	3,6	7,0	4,1	1,8	9	4
3	33,5	4,6	7,2	3,3	3,3	8	5
4	33,5	5,5	7,5	6,5	4,0	17	11
5	33,5	6,2	7,8	7,7	3,2	19	9
6	33,5	7,0	8,1	6,4	5,5	18	12
1	35,0	0,0	6,5	8,7	7,6	26	19
2	35,0	2,5	6,8	6,1	3,0	19	11
3	35,0	3,8	7,0	4,0	1,8	13	5
4	35,0	4,8	7,2	4,1	4,1	12	11
5	35,0	5,8	7,6	4,3	3,0	14	9
6	35,0	6,5	7,8	4,8	2,7	16	12

APÊNDICE B

Tabela B1. Cloro residual livre na água coagulada com Tanfloc SL	160
Tabela B2. COT presente na água coagulada com Tanfloc SL	160
Tabela B3. THM formados na água coagulada com Tanfloc SL	160
Tabela B4. AHA formados na água coagulada com Tanfloc SL	160
Tabela B5. Cloro residual livre na água coagulada com Tanfloc SG	161
Tabela B6. COT presente na água coagulada com Tanfloc SG	161
Tabela B7. THM formados na água coagulada com Tanfloc SG	161
Tabela B8. AHA formados na água coagulada com Tanfloc SG	161
Tabela B9. Cloro residual livre na água coagulada com Sulfato de Alumínio	162
Tabela B10. COT presente na água coagulada com Sulfato de Alumínio	162
Tabela B11. THM formados na água coagulada com Sulfato de Alumínio	162
Tabela B12. AHA formados na água coagulada com Sulfato de Alumínio	162
Tabela B13. Cloro residual livre na água coagulada com PAC	163
Tabela B14. COT presente na água coagulada com PAC	163
Tabela B15. THM formados na água coagulada com PAC	163
Tabela B16. AHA formados na água coagulada com PAC	163

Tabela B1. Cloro residual livre na água coagulada com Tanfloc SL

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L				
			Tempo de contato (h)				
			0,08	0,5	2	4	24
			Cloro Residual Livre (mg/L)				
TSL1	5,0	1,1	3,21	3,02	2,78	2,34	1,65
TSL3	8,8	2,9	1,88	1,50	1,50	1,45	1,12
TSL6	20,0	4,4	0,78	0,58	0,55	0,50	0,22

Tabela B2. COT presente na água coagulada com Tanfloc SL

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L				
			Tempo de contato (h)				
			0,08	0,5	2	4	24
			COT (mg/L)				
TSL1	5,0	1,1	1,09	1,03	1,35	1,23	1,21
TSL3	8,8	2,9	1,50	1,43	1,65	1,53	1,65
TSL6	20,0	4,4	2,42	2,35	3,13	2,55	2,50

Tabela B3. THM formados na água coagulada com Tanfloc SL

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L						
			Tempo de contato (h)						
			0,5	24	0,5	24	0,5	24	
			Clorofórmio (µg/L)	Clorohidrato (µg/L)	Cloropicrina (µg/L)				
TSL1	5,0	1,1	32,53	37,99	0,00	9,53	0,00	1,72	
TSL3	8,8	2,9	31,09	32,20	0,00	6,86	0,00	1,89	
TSL6	20,0	4,4	30,33	30,74	0,00	0,00	0,00	1,53	

Tabela B4. AHA formados na água coagulada com Tanfloc SL

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L							
			Tempo de contato							
			0,5 h							
			MCAA	MBAA	DCAA	TCAA	BCAA	BDCAA	CDBAA	Padrão interno
TSL1	5,0	1,1	11,71	4,79	6,04	2,32	2,10	0,00	4,91	0,00
TSL3	8,8	2,9	13,49	5,89	6,96	2,81	0,11	0,00	4,00	0,00
TSL6	20,0	4,4	6,96	0,00	5,14	2,01	2,88	0,00	3,06	0,00
			24 h							
TSL1	5,0	24,31	12,01	7,12	4,10	1,28	0,00	6,70	0,00	24,31
TSL3	8,8	14,47	12,24	6,26	3,90	0,38	0,00	8,20	0,00	14,47
TSL6	20,0	15,23	10,59	7,10	2,95	1,04	0,04	6,86	0,00	15,23

Tabela B5. Cloro residual livre na água coagulada com Tanfloc SG

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L				
			Tempo de contato (h)				
			0,08	0,5	2	4	24
			Cloro Residual Livre (mg/L)				
TSG1	9,5	2,5	2,70	1,46	1,30	1,27	1,02
TSG3	12,5	3,5	1,10	0,55	0,33	0,20	0,15
TSG6	30,0	5,8	0,50	0,19	0,17	0,13	0,05

Tabela B6. COT presente na água coagulada com Tanfloc SG

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L				
			Tempo de contato (h)				
			0,08	0,5	2	4	24
			COT (mg/L)				
TSG1	9,5	2,5	1,50	1,58	1,58	1,70	1,81
TSG3	12,5	3,5	1,77	1,63	1,76	1,82	1,66
TSG6	30,0	5,8	3,10	3,17	3,54	3,19	3,18

Tabela B7. THM formados na água coagulada com Tanfloc SG

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L						
			Tempo de contato (h)						
			0,5	24	0,5	24	0,5	24	
			Clorofórmio (µg/L)	Clorohidrato (µg/L)	Cloropicrina (µg/L)				
TSG1	9,5	2,5	31,16	35,46	0,00	8,67	0,00	1,54	
TSG3	12,5	3,5	30,76	32,56	0,00	5,45	0,00	1,93	
TSG6	30,0	5,8	29,87	30,45	0,00	0,00	0,00	1,12	

Tabela B8. AHA formados na água coagulada com Tanfloc SG

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L							
			Tempo de contato							
			0,5 h							
			MCAA	MBAA	DCAA	TCAA	BCAA	BDCAA	CDBAA	Padrão interno
TSG1	5,0	1,1	8,49	0,00	5,29	2,52	0,81	0,00	3,62	0,00
TSG3	8,8	2,9	8,60	0,00	7,02	3,30	0,00	0,00	4,15	0,00
TSG6	20,0	4,4	5,01	7,70	6,93	3,48	0,00	0,00	4,14	0,00
			24 h							
TSG1	5,0	1,1	12,42	11,96	6,43	4,42	0,00	0,00	5,34	0,00
TSG3	8,8	2,9	10,44	8,36	6,44	3,71	0,48	0,00	3,37	0,00
TSG6	20,0	4,4	9,42	12,66	6,60	3,42	2,95	0,00	5,58	0,00

Tabela B9. Cloro residual livre na água coagulada com Sulfato de Alumínio

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L				
			Tempo de contato (h)				
			0,08	0,5	2	4	24
			Cloro Residual Livre (mg/L)				
SA1	25,0	4,0	5,15	4,97	4,88	4,76	4,35
SA2	35,0	6,0	5,02	4,92	4,85	4,67	4,75
SA6	60,0	11,2	5,22	4,94	4,84	4,81	4,55

Tabela B10. COT presente na água coagulada com Sulfato de Alumínio

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L				
			Tempo de contato (h)				
			0,08	0,5	2	4	24
			COT (mg/L)				
SA1	25,0	4,0	0,67	0,53	0,55	0,52	0,93
SA2	35,0	6,0	0,60	0,78	0,76	0,46	1,53
SA6	60,0	11,2	0,52	0,69	0,78	0,56	0,68

Tabela B11. THM formados na água coagulada com Sulfato de Alumínio

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L								
			Tempo de contato (h)								
			0,5		24		0,5		24		
			Clorofórmio (µg/L)	Clorohidrato (µg/L)	Cloropícrina (µg/L)	Clorofórmio (µg/L)	Clorohidrato (µg/L)	Cloropícrina (µg/L)	Clorofórmio (µg/L)	Clorohidrato (µg/L)	Cloropícrina (µg/L)
SA1	9,5	2,5	20,17	29,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SA2	12,5	3,5	20,54	22,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SA6	30,0	5,8	19,61	22,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela B12. AHA formados na água coagulada com Sulfato de Alumínio

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L							
			Tempo de contato							
			0,5 h							
			MCAA	MBAA	DCAA	TCAA	BCAA	BDCAA	CDBAA	Padrão interno
SA1	5,0	1,1	17,85	0,00	6,86	1,89	0,93	0,00	7,01	0,00
SA2	8,8	2,9	16,47	0,00	5,57	1,64	0,00	0,00	5,79	0,00
SA6	20,0	4,4	16,85	0,00	5,96	1,41	0,00	0,00	5,48	0,00
24 h										
SA1	5,0	14,02	8,22	5,84	3,00	0,64	0,00	6,97	0,00	14,02
SA2	8,8	15,09	0,00	5,21	2,04	0,00	0,00	5,16	0,00	15,09
SA6	20,0	14,69	0,00	5,84	2,97	0,00	0,00	6,17	0,00	14,69

Tabela B13. Cloro residual livre na água coagulada com PAC

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L				
			Tempo de contato (h)				
			0,08	0,5	2	4	24
			Cloro Residual Livre (mg/L)				
PAC1	18,5	1,5	4,85	4,55	4,40	4,30	4,05
PAC4	24,5	3,0	4,60	4,55	4,50	4,35	4,15
PAC6	33,5	3,6	4,65	4,45	4,25	4,20	4,05

Tabela B14. COT presente na água coagulada com PAC

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L				
			Tempo de contato (h)				
			0,08	0,5	2	4	24
			COT (mg/L)				
PAC1	18,5	1,5	0,47	0,53	0,92	0,81	0,89
PAC4	24,5	3,0	0,62	0,68	1,07	1,10	0,87
PAC6	33,5	3,6	0,65	0,95	1,04	1,04	0,74

Tabela B15. THM formados na água coagulada com PAC

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L					
			Tempo de contato (h)					
			0,5	24	0,5	24	0,5	24
			Clorofórmio (µg/L)		Clorohidrato (µg/L)		Cloropicrina (µg/L)	
PAC1	18,5	1,5	18,60	25,46	0,00	0,00	0,00	0,00
PAC4	24,5	3,0	20,12	23,12	0,00	0,00	0,00	0,00
PAC6	33,5	3,6	19,87	21,54	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela B16. AHA formados na água coagulada com PAC

Pontos escolhidos	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	Dosagem de cloro - 5 mg/L							
			Tempo de contato							
			0,5 h							
			MCAA	MBAA	DCAA	TCAA	BCAA	BDCAA	CDBAA	Padrão interno
PAC1	5,0	1,1	17,48	0,00	6,64	1,84	0,00	0,00	5,10	0,00
PAC4	8,8	2,9	16,93	0,00	6,66	1,73	0,00	0,00	6,86	0,00
PAC6	20,0	4,4	17,34	0,00	5,77	1,78	0,00	0,00	4,32	0,00
			24 h							
PAC1	5,0	14,02	18,91	9,92	6,43	3,53	7,50	0,00	6,08	0,00
PAC4	8,8	15,09	20,05	4,28	7,56	2,42	0,00	0,00	6,60	0,00
PAC6	20,0	14,69	14,54	8,88	6,27	3,32	0,00	0,27	6,95	0,00

APÊNDICE C

Tabela C1. Resultados da verificação da influência da mistura rápida na água coagulada com Tanfloc SL	165
Tabela C2. Resultados da verificação da influência da floculação na água coagulada com Tanfloc SL	166
Tabela C3. Resultados da verificação da influência da mistura rápida na água coagulada com Tanfloc SG	167
Tabela C4. Resultados da verificação da influência da floculação na água coagulada com Tanfloc SG	168
Tabela C5. Resultados da verificação da influência da mistura rápida na água coagulada com Sulfato de Alumínio	169
Tabela C6. Resultados da verificação da influência da floculação na água coagulada com Sulfato de Alumínio	170
Tabela C7. Resultados da verificação da influência da mistura rápida na água coagulada com PAC	171
Tabela C8. Resultados da verificação da influência da floculação na água coagulada com PAC	172

Tabela C1. Resultados da verificação da influência da mistura rápida na água coagulada com Tanfloc SL

Jarros	Tempo de mistura rápida (s)	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
					Turbidez (uT)		Cor (uH)	
					Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Gradiente de mistura rápida = 400 s ⁻¹								
1	5	8,8	3,0	8,1	4,9	4,6	9	6
2	10	8,8	3,0	8,1	4,0	3,9	5	3
3	30	8,8	3,0	8,1	4,5	3,9	5	5
4	60	8,8	3,0	8,1	3,1	2,9	12	10
5	120	8,8	3,0	8,0	1,7	1,6	13	10
6	180	8,8	3,0	8,1	1,5	1,2	7	4
Gradiente de mistura rápida = 700 s ⁻¹								
1	5	8,8	3,0	8,0	4,0	4,0	15	13
2	10	8,8	3,0	8,0	4,6	4,2	11	9
3	30	8,8	3,0	8,0	4,2	2,2	13	11
4	60	8,8	3,0	8,0	2,1	2,1	25	22
5	120	8,8	3,0	8,0	1,3	1,1	17	14
6	180	8,8	3,0	8,1	6,1	4,2	22	20
Gradiente de mistura rápida = 1000 s ⁻¹								
1	5	8,8	3,2	8,0	5,3	4,8	29	26
2	10	8,8	3,2	8,0	3,6	3,2	25	23
3	30	8,8	3,2	8,0	2,7	2,6	26	17
4	60	8,8	3,2	8,0	1,9	1,7	12	11
5	120	8,8	3,2	8,0	2,4	2,3	9	7
6	180	8,8	3,2	8,0	6,4	3,1	21	16
Gradiente de mistura rápida = 1200 s ⁻¹								
1	5	8,8	3,3	8,0	5,8	3,3	15	13
2	10	8,8	3,3	8,0	2,7	2,5	9	8
3	30	8,8	3,3	8,0	2,6	2,3	9	7
4	60	8,8	3,3	8,0	2,0	1,6	6	6
5	120	8,8	3,3	8,1	1,4	1,4	3	3
6	180	8,8	3,3	8,1	8,9	4,5	12	10

Tabela C2. Resultados da verificação da influência da floculação na água coagulada com Tanfloc SL

Jarros	Tempo de floculação (min)	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
					Turbidez (uT)		Cor (uH)	
					Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Gradiente de floculação = 25 s ⁻¹								
1	10	8,8	2,8	8,0	9,7	9,0	28	24
2	15	8,8	2,8	8,0	6,6	6,0	24	23
3	20	8,8	2,8	8,0	3,7	2,7	18	15
4	25	8,8	2,8	8,0	3,7	3,7	15	14
5	30	8,8	2,8	8,0	3,1	2,7	7	5
6	35	8,8	2,8	8,0	2,0	1,9	7	5
Gradiente de floculação = 35 s ⁻¹								
1	10	8,8	2,9	8,0	6,1	5,6	18	17
2	15	8,8	2,9	8,1	3,9	3,6	17	14
3	20	8,8	2,9	8,1	2,5	2,1	9	8
4	25	8,8	2,9	8,1	1,8	1,5	8	7
5	30	8,8	2,9	8,0	1,3	1,3	7	5
6	35	8,8	2,9	8,1	0,9	0,9	4	2
Gradiente de floculação = 45 s ⁻¹								
1	10	8,8	2,9	8,1	5,1	4,9	26	24
2	15	8,8	2,9	8,1	2,2	2,1	19	17
3	20	8,8	2,9	8,1	2,1	1,6	15	12
4	25	8,8	2,9	8,1	1,1	1,1	10	9
5	30	8,8	2,9	8,1	0,9	0,9	7	7
6	35	8,8	2,9	8,1	1,0	0,9	5	4

Tabela C3. Resultados da verificação da influência da mistura rápida na água coagulada com Tanfloc SG

Jarros	Tempo de mistura rápida (s)	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
					Turbidez (uT)		Cor (uH)	
					Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Gradiente de mistura rápida = 400 s ⁻¹								
1	5	12,5	3,5	7,9	5,6	5,6	13	2
2	10	12,5	3,5	7,8	5,3	3,9	9	2
3	30	12,5	3,5	7,9	4,0	2,8	7	2
4	60	12,5	3,5	7,9	3,6	2,6	6	2
5	120	12,5	3,5	7,9	2,2	1,8	1	<1
6	180	12,5	3,5	7,9	2,1	1,1	<1	<1
Gradiente de mistura rápida = 700 s ⁻¹								
1	5	12,5	3,5	7,8	4,9	4,2	17	2
2	10	12,5	3,5	7,8	4,6	3,0	13	2
3	30	12,5	3,5	7,8	3,3	2,8	8	1
4	60	12,5	3,5	7,8	2,7	2,4	5	1
5	120	12,5	3,5	7,8	1,9	1,4	<1	<1
6	180	12,5	3,5	7,8	2,5	1,8	<1	<1
Gradiente de mistura rápida = 1000 s ⁻¹								
1	5	12,5	3,5	7,8	5,7	5,2	14	4
2	10	12,5	3,5	7,9	4,2	3,4	12	5
3	30	12,5	3,5	7,8	5,3	4,6	12	3
4	60	12,5	3,5	7,9	3,0	2,6	12	2
5	120	12,5	3,5	7,8	2,3	1,9	1	1
6	180	12,5	3,5	7,9	9,1	4,9	1	1
Gradiente de mistura rápida = 1200 s ⁻¹								
1	5	12,5	3,5	7,9	5,9	5,6	33	33
2	10	12,5	3,5	7,8	6,9	4,7	40	37
3	30	12,5	3,5	7,9	5,0	4,1	37	30
4	60	12,5	3,5	7,8	3,2	2,8	29	28
5	120	12,5	3,5	7,9	2,2	2,1	24	24
6	180	12,5	3,5	7,9	10,8	9,2	35	34

Tabela C4. Resultados da verificação da influência da floculação na água coagulada com Tanfloc SG

Jarros	Tempo de floculação (min)	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
					Turbidez (uT)		Cor (uH)	
					Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Gradiente de floculação = 25 s ⁻¹								
1	10	12,5	3,5	7,9	16,2	12,3	38	32
2	15	12,5	3,5	7,9	7,4	6,2	23	22
3	20	12,5	3,5	7,9	4,2	3,4	18	15
4	25	12,5	3,5	8,0	2,3	2,0	14	14
5	30	12,5	3,5	7,9	1,9	1,8	8	5
6	35	12,5	3,5	7,9	1,6	1,4	5	3
Gradiente de floculação = 35 s ⁻¹								
1	10	12,5	3,5	7,9	11,9	10,8	38	35
2	15	12,5	3,5	7,9	4,8	3,9	20	20
3	20	12,5	3,5	7,9	1,9	1,5	12	12
4	25	12,5	3,5	8,9	1,4	1,2	8	8
5	30	12,5	3,5	7,9	1,4	1,3	4	2
6	35	12,5	3,5	7,9	1,1	1,1	2	<1
Gradiente de floculação = 45 s ⁻¹								
1	10	12,5	3,5	7,9	3,9	3,9	38	33
2	15	12,5	3,5	7,9	2,1	2,1	12	10
3	20	12,5	3,5	7,9	1,6	1,5	6	5
4	25	12,5	3,5	7,9	1,2	1,1	9	7
5	30	12,5	3,5	7,9	1,0	1,0	16	12
6	35	12,5	3,5	7,9	1,0	0,9	13	13

Tabela C5. Resultados da verificação da influência da mistura rápida na água coagulada com Sulfato de Alumínio

Jarros	Tempo de mistura rápida (s)	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
					Turbidez (uT)		Cor (uH)	
					Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Gradiente de mistura rápida = 400 s ⁻¹								
1	5	35,0	7,4	6,9	9,0	8,5	19	13
2	10	35,0	7,4	6,8	6,2	5,7	6	6
3	30	35,0	7,4	6,8	3,1	2,5	2	1
4	60	35,0	7,4	6,8	5,5	5,4	1	1
5	120	35,0	7,4	6,8	12,8	11,3	4	1
6	180	35,0	7,4	6,8	25,2	14,2	5	1
Gradiente de mistura rápida = 700 s ⁻¹								
1	5	35,0	7,4	6,8	5,5	3,3	4	4
2	10	35,0	7,4	6,8	4,5	3,4	6	5
3	30	35,0	7,4	6,8	4,0	2,6	6	3
4	60	35,0	7,4	6,8	15,1	6,2	11	4
5	120	35,0	7,4	6,8	26,8	18,8	4	4
6	180	35,0	7,4	6,9	42,1	21,5	8	6
Gradiente de mistura rápida = 1000 s ⁻¹								
1	5	35,0	7,4	6,8	4,9	2,3	7	6
2	10	35,0	7,4	6,8	3,9	2,7	10	6
3	30	35,0	7,4	6,8	3,4	2,7	11	9
4	60	35,0	7,4	6,8	25,4	10,2	26	12
5	120	35,0	7,4	6,8	42,7	20,2	52	30
6	180	35,0	7,4	6,8	46,2	40,0	85	72
Gradiente de mistura rápida = 1200 s ⁻¹								
1	5	35,0	7,4	6,8	3,5	2,6	1	<1
2	10	35,0	7,4	6,8	3,4	2,6	1	<1
3	30	35,0	7,4	6,8	7,2	2,6	1	<1
4	60	35,0	7,4	6,8	17,2	14,3	22	21
5	120	35,0	7,4	6,8	42,0	20,9	65	38
6	180	35,0	7,4	6,8	47,1	36,0	84	77

Tabela C6. Resultados da verificação da influência da floculação na água coagulada com Sulfato de Alumínio

Jarros	Tempo de floculação (min)	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
					Turbidez (uT)		Cor (uH)	
					Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Gradiente de floculação = 25 s ⁻¹								
1	10	35,0	7,4	6,8	11,1	10,7	15	11
2	15	35,0	7,4	6,8	4,7	4,3	5	4
3	20	35,0	7,4	6,8	4,0	2,5	12	7
4	25	35,0	7,4	6,8	5,3	2,6	6	5
5	30	35,0	7,4	6,8	4,7	2,1	1	<1
6	35	35,0	7,4	6,8	3,9	3,3	3	<1
Gradiente de floculação = 35 s ⁻¹								
1	10	35,0	7,4	6,8	7,9	5,7	4	2
2	15	35,0	7,4	6,8	5,3	5,1	1	<1
3	20	35,0	7,4	6,8	6,8	4,1	2	1
4	25	35,0	7,4	6,8	10,2	5,9	3	1
5	30	35,0	7,4	6,8	7,8	2,9	4	2
6	35	35,0	7,4	6,8	9,8	6,6	1	<1
Gradiente de floculação = 45 s ⁻¹								
1	10	35,0	7,4	6,8	15,4	7,0	55	17
2	15	35,0	7,4	6,8	17,3	4,9	38	8
3	20	35,0	7,4	6,8	13,9	9,6	37	23
4	25	35,0	7,4	6,8	20,7	6,8	43	9
5	30	35,0	7,4	6,8	14,5	7,1	35	11
6	35	35,0	7,4	6,8	24,4	11,9	58	19

Tabela C7. Resultados da verificação da influência da mistura rápida na água coagulada com PAC

Jarros	Tempo de mistura rápida (s)	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
					Turbidez (uT)		Cor (uH)	
					Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Gradiente de mistura rápida = 400 s ⁻¹								
1	5	24,5	3,0	7,0	7,3	6,9	19	18
2	10	24,5	3,0	7,0	10,2	5,3	28	13
3	30	24,5	3,0	7,1	8,3	7,3	23	23
4	60	24,5	3,0	7,1	9,7	8,0	28	19
5	120	24,5	3,0	7,1	26,9	9,6	80	23
6	180	24,5	3,0	7,0	28,4	10,4	91	27
Gradiente de mistura rápida = 700 s ⁻¹								
1	5	24,5	3,0	7,0	11,2	6,8	26	9
2	10	24,5	3,0	7,0	11,5	7,8	33	12
3	30	24,5	3,0	7,0	7,6	5,7	15	3
4	60	24,5	3,0	7,0	4,7	6,4	32	10
5	120	24,5	3,0	7,0	44,1	12,3	146	17
6	180	24,5	3,0	7,0	46,6	37,3	158	118
Gradiente de mistura rápida = 1000 s ⁻¹								
1	5	24,5	3,0	7,0	4,8	4,6	15	12
2	10	24,5	3,0	7,0	4,7	2,9	3	1
3	30	24,5	3,0	7,1	6,6	4,5	20	9
4	60	24,5	3,0	7,0	24,7	10,8	29	25
5	120	24,5	3,0	7,0	40,3	36,3	132	121
6	180	24,5	3,0	7,1	48,9	40,2	171	142
Gradiente de mistura rápida = 1200 s ⁻¹								
1	5	24,5	3,0	7,1	6,1	4,4	22	17
2	10	24,5	3,0	7,0	10,0	5,8	32	26
3	30	24,5	3,0	7,0	9,3	6,3	29	25
4	60	24,5	3,0	7,0	20,1	6,6	68	16
5	120	24,5	3,0	7,1	43,6	20,0	151	76
6	180	24,5	3,0	7,0	50,3	39,1	184	150

Tabela C8. Resultados da verificação da influência da floculação na água coagulada com PAC

Jarros	Tempo de floculação (min)	Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de alcalinizante (mg/L)	pH de coagulação	Água decantada			
					Turbidez (uT)		Cor (uH)	
					Vs1	Vs2	Vs1	Vs2
Gradiente de floculação = 25 s ⁻¹								
1	10	24,5	3,0	7,0	18,5	16,1	63	61
2	15	24,5	3,0	7,0	9,9	6,3	30	14
3	20	24,5	3,0	7,0	4,8	2,8	4	2
4	25	24,5	3,0	7,0	8,1	3,1	26	2
5	30	24,5	3,0	7,0	5,5	2,9	18	1
6	35	24,5	3,0	7,1	8,7	4,3	27	3
Gradiente de floculação = 35 s ⁻¹								
1	10	24,5	3,0	7,0	24,7	11,1	77	33
2	15	24,5	3,0	7,0	18,1	6,0	50	18
3	20	24,5	3,0	7,0	16,2	3,7	44	12
4	25	24,5	3,0	7,1	14,7	9,1	44	24
5	30	24,5	3,0	7,1	19,2	7,1	53	20
6	35	24,5	3,0	7,0	23,2	6,3	66	20
Gradiente de floculação = 45 s ⁻¹								
1	10	24,5	3,0	7,0	23,6	8,3	68	36
2	15	24,5	3,0	7,0	24,5	6,6	81	23
3	20	24,5	3,0	7,0	27,4	10,2	81	28
4	25	24,5	3,0	7,0	22,2	12,3	80	36
5	30	24,5	3,0	7,0	31,1	12,1	88	31
6	35	24,5	3,0	7,0	29,3	15,9	89	49

APÊNDICE D

Figura D1. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	175
Figura D2. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	175
Figura D3. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL3) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	176
Figura D4. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL3) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	176
Figura D5. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	177
Figura D6. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	177
Figura D7. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	178
Figura D8. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	178
Figura D9. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG3) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	179
Figura D10. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG3) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	179
Figura D11. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	180
Figura D12. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	180
Figura D13. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	181
Figura D14. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	181
Figura D15. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA2) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	182

- Figura D16.** THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA2) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 182
- Figura D17.** THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L) 183
- Figura D18.** THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 183
- Figura D19.** THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L) 184
- Figura D20.** THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 184
- Figura D21.** THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC4) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L) 185
- Figura D22.** THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC4) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 185
- Figura D23.** THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L) 186
- Figura D24.** THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 186

Figura D1. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

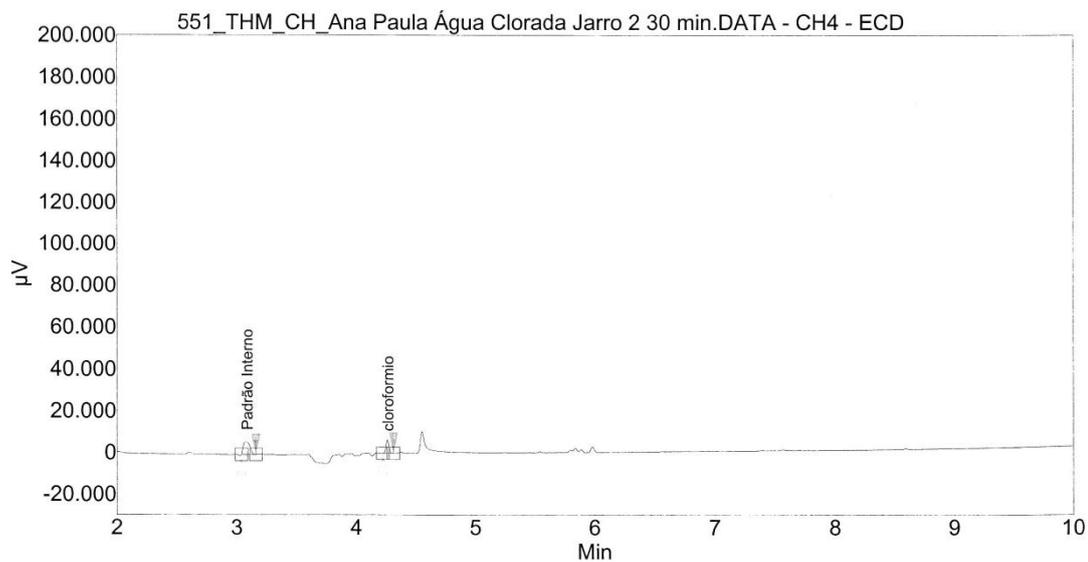


Figura D2. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

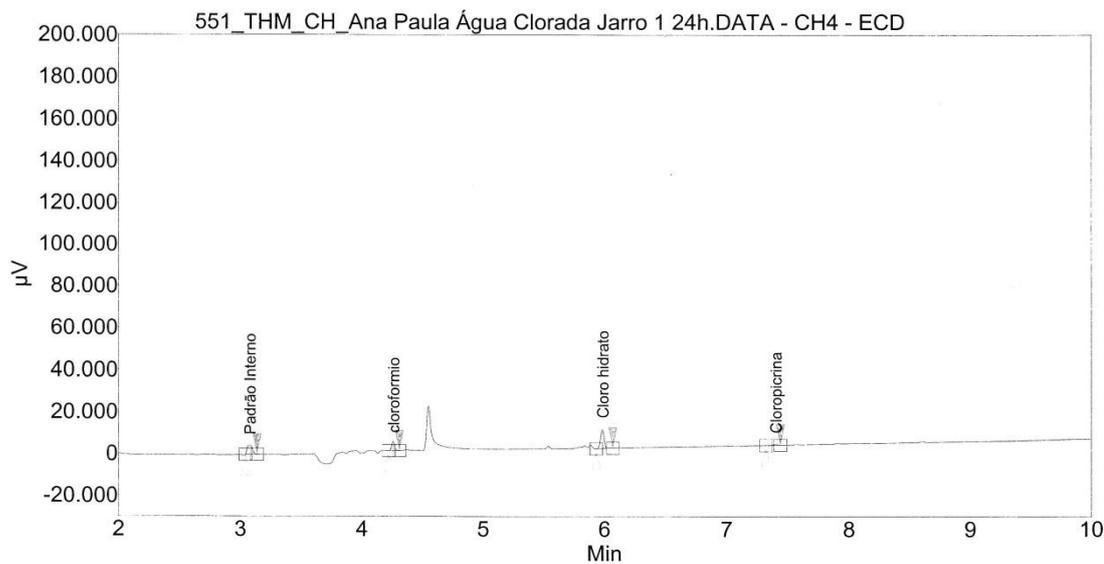


Figura D3. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL3) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

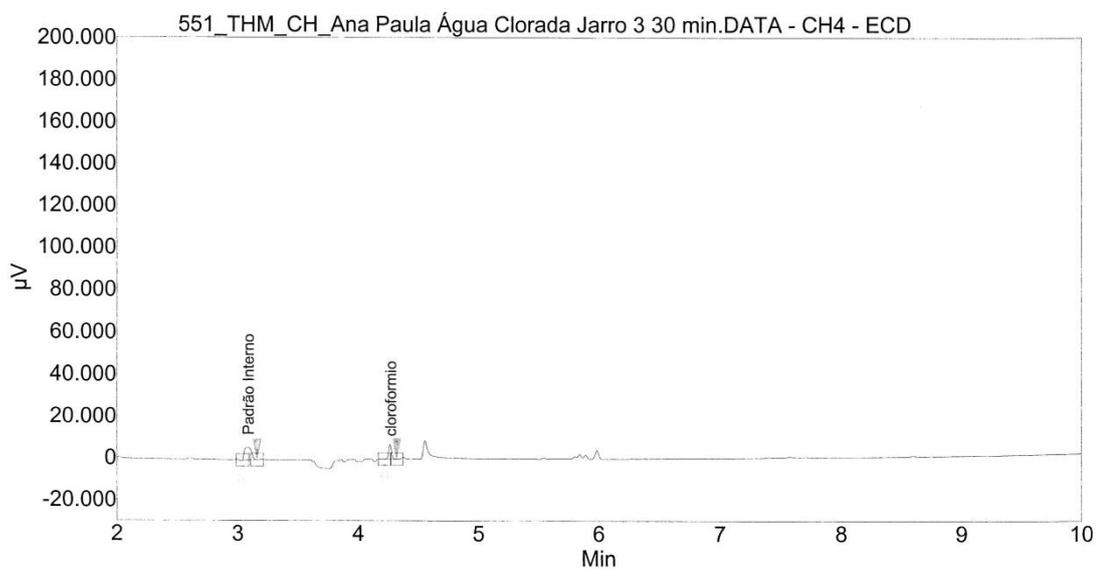


Figura D4. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL3) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

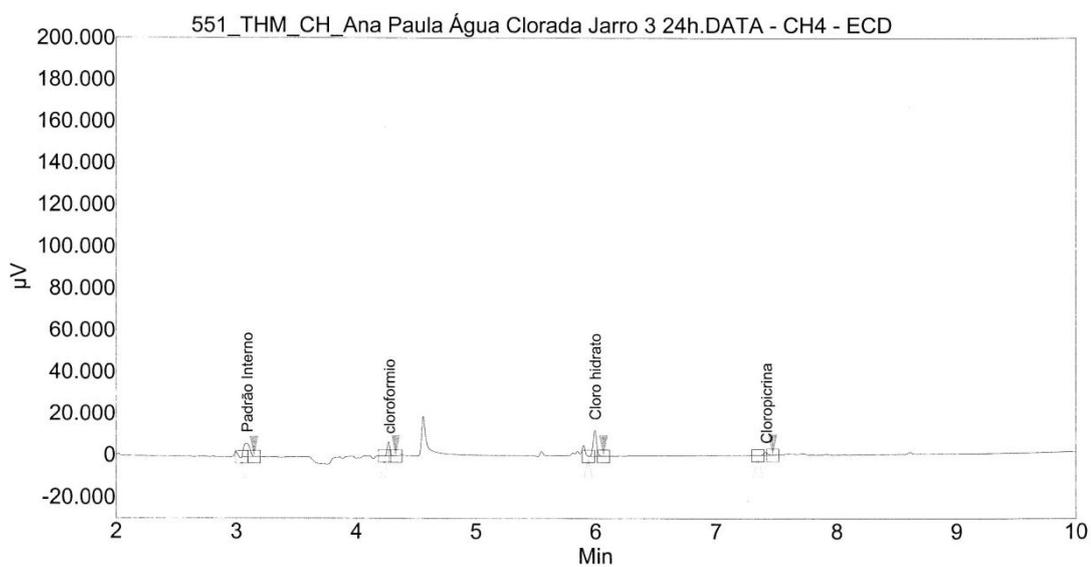


Figura D5. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

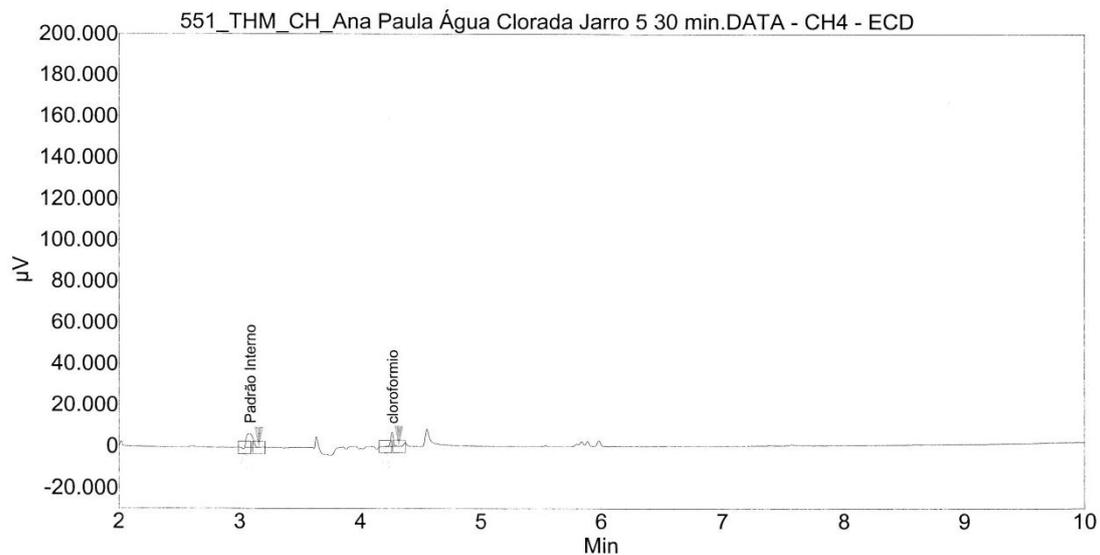


Figura D6. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

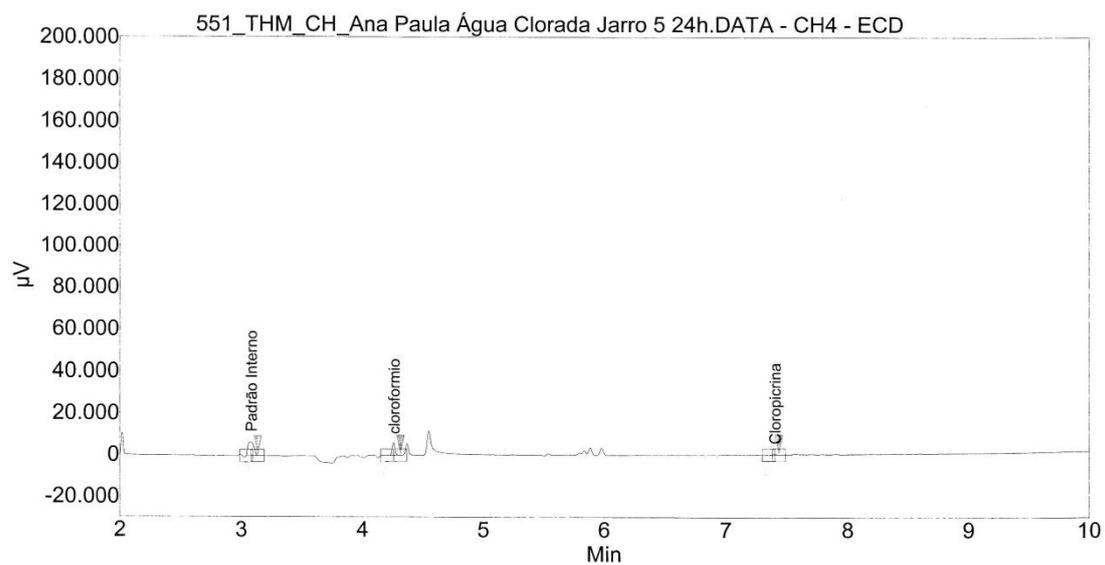


Figura D7. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

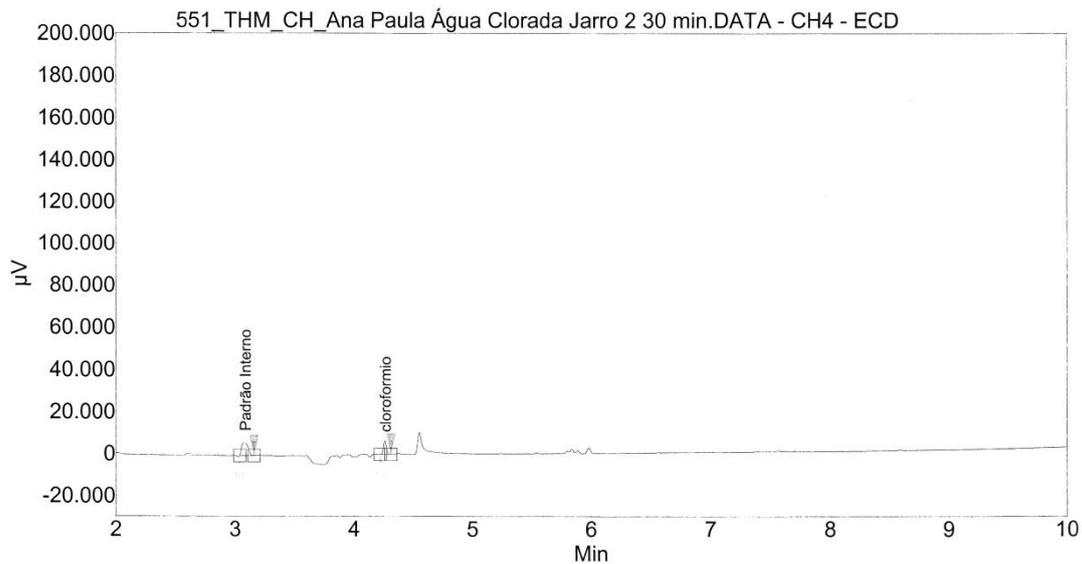


Figura D8. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

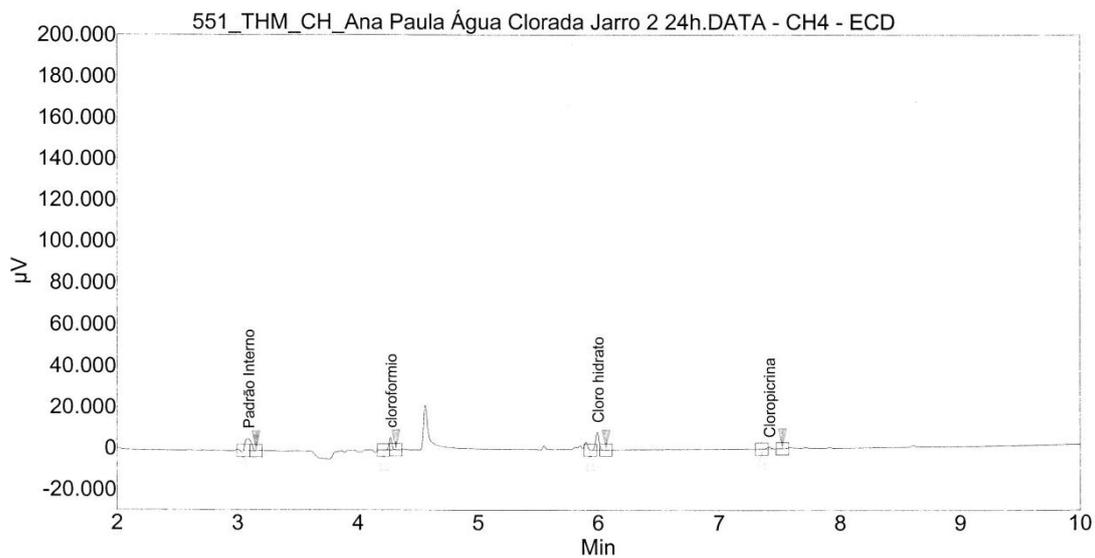


Figura D9. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG3) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

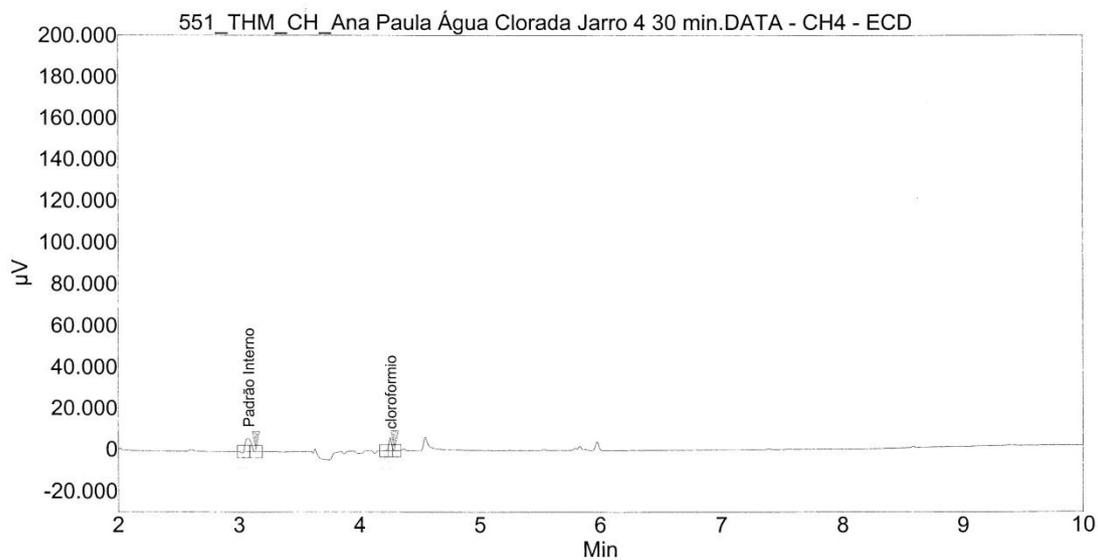


Figura D10. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG3) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

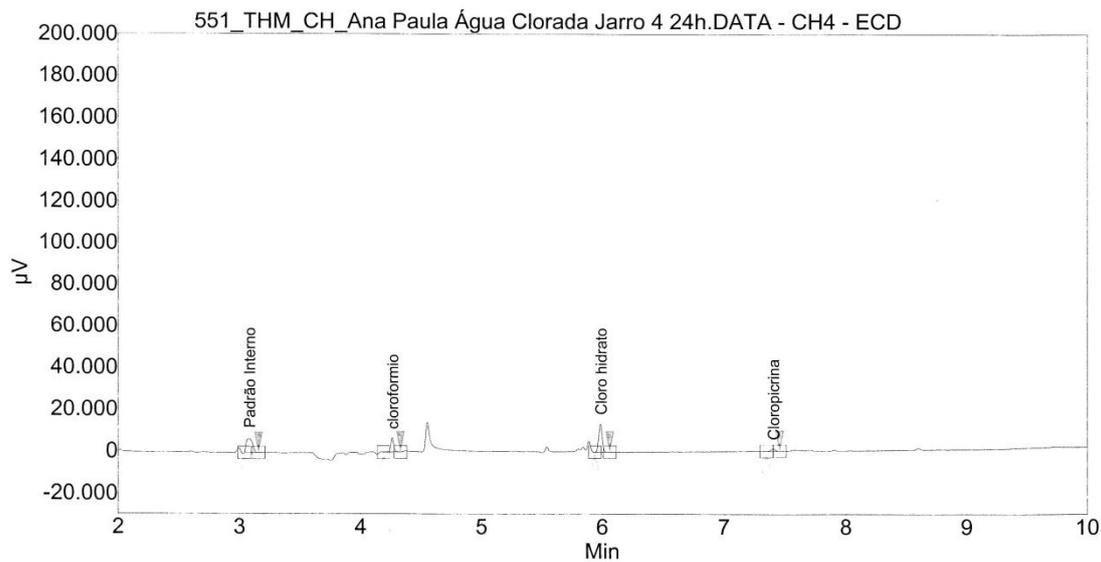


Figura D11. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

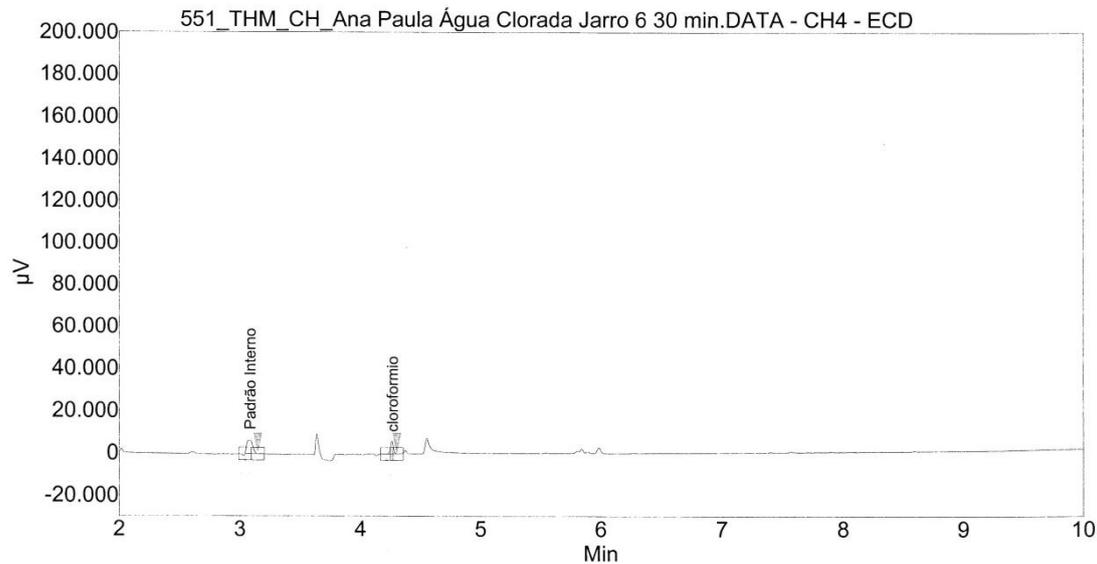


Figura D12. THM na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

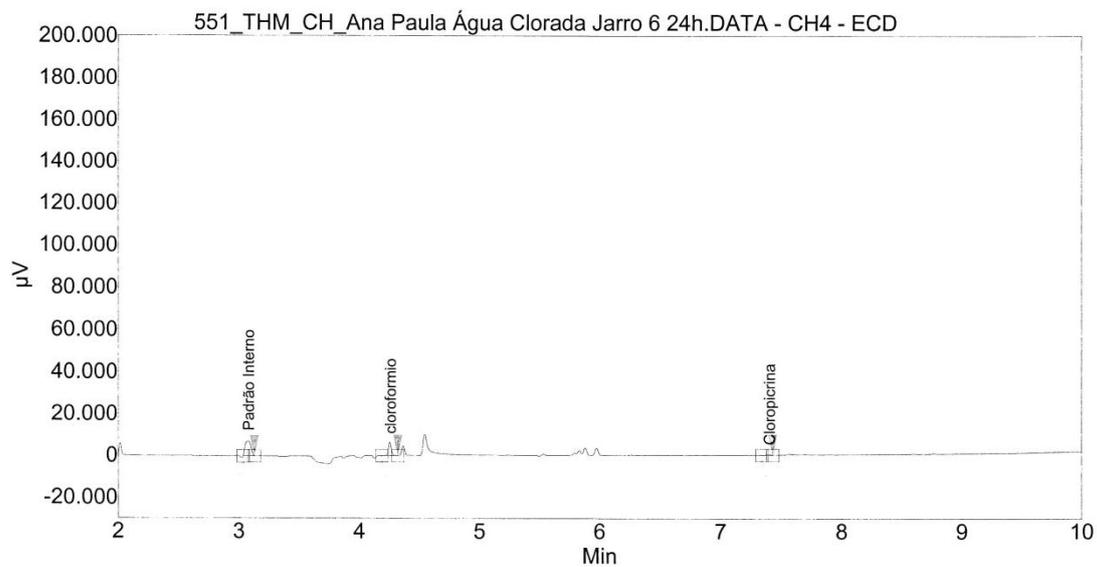


Figura D13. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

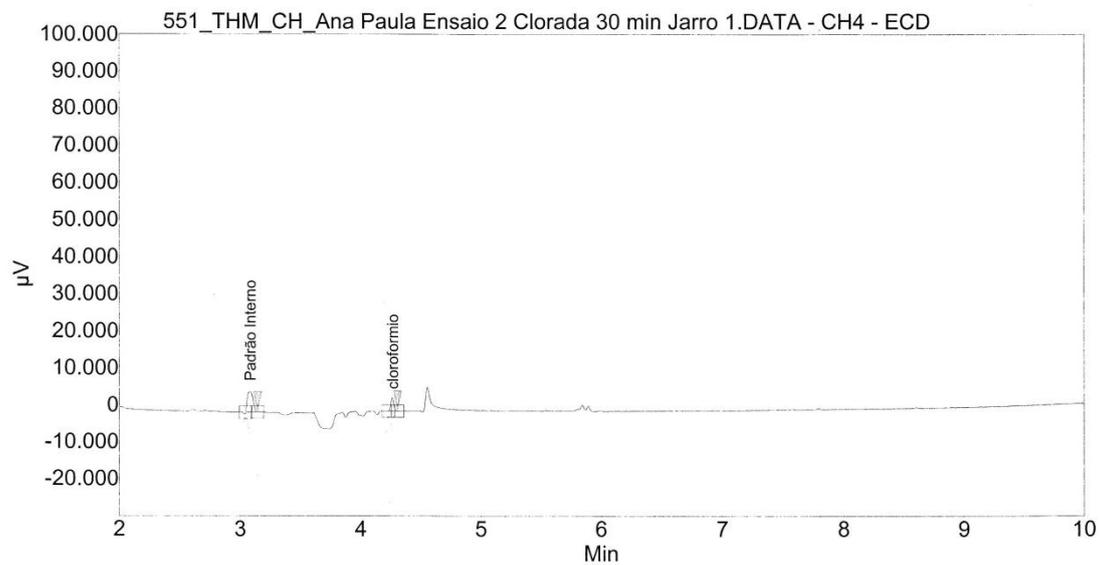


Figura D14. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

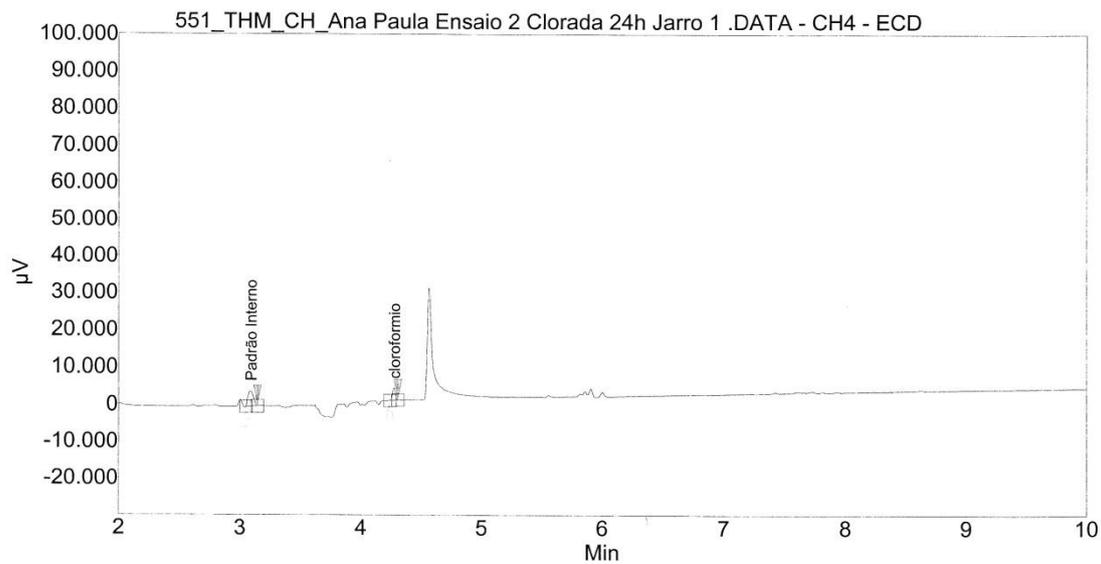


Figura D15. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA2) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

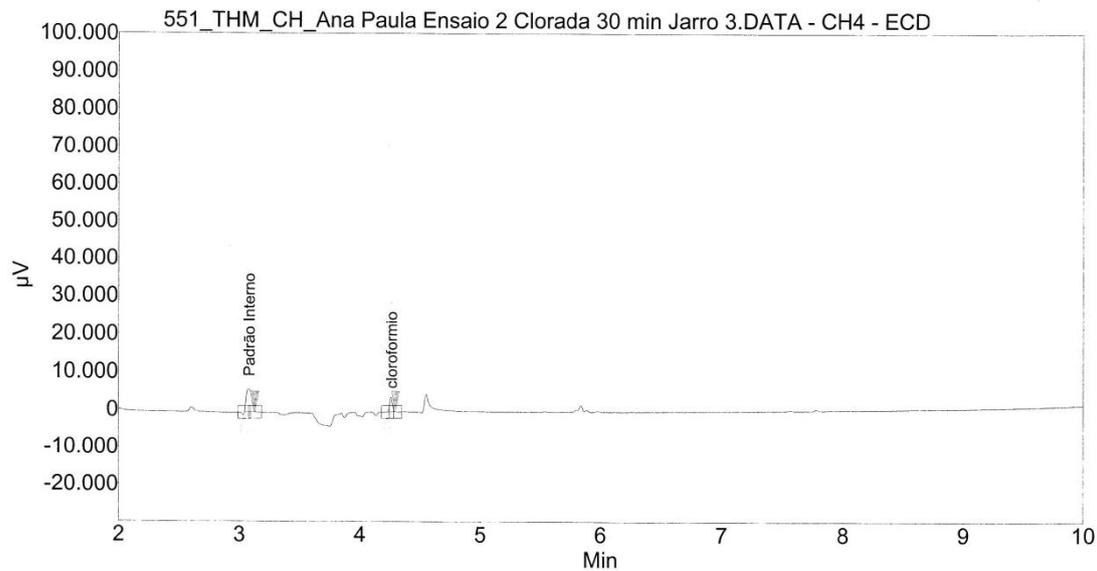


Figura D16. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA2) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

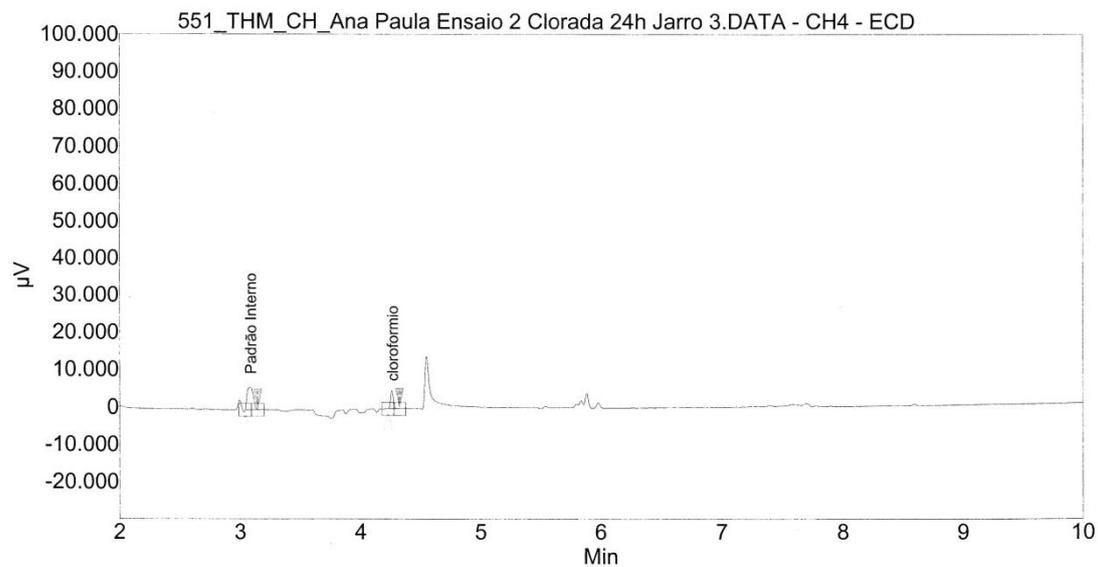


Figura D17. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

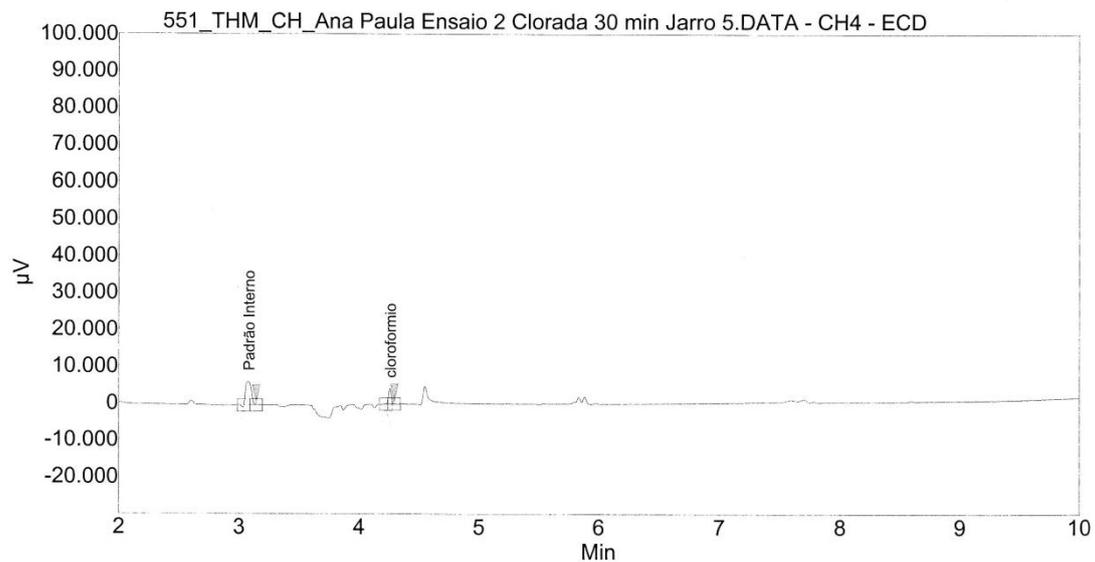


Figura D18. THM na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

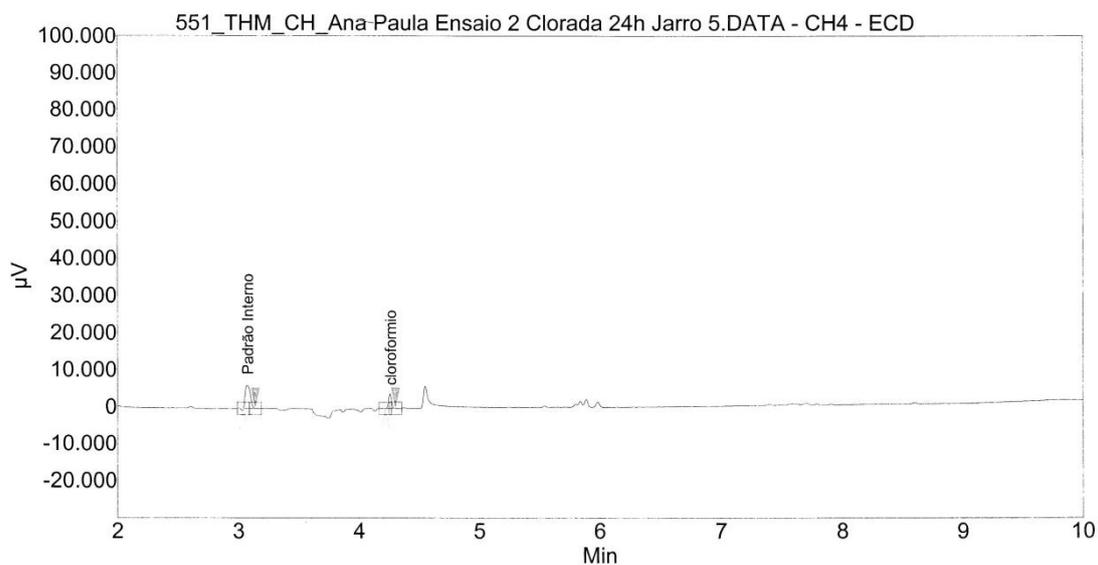


Figura D19. THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

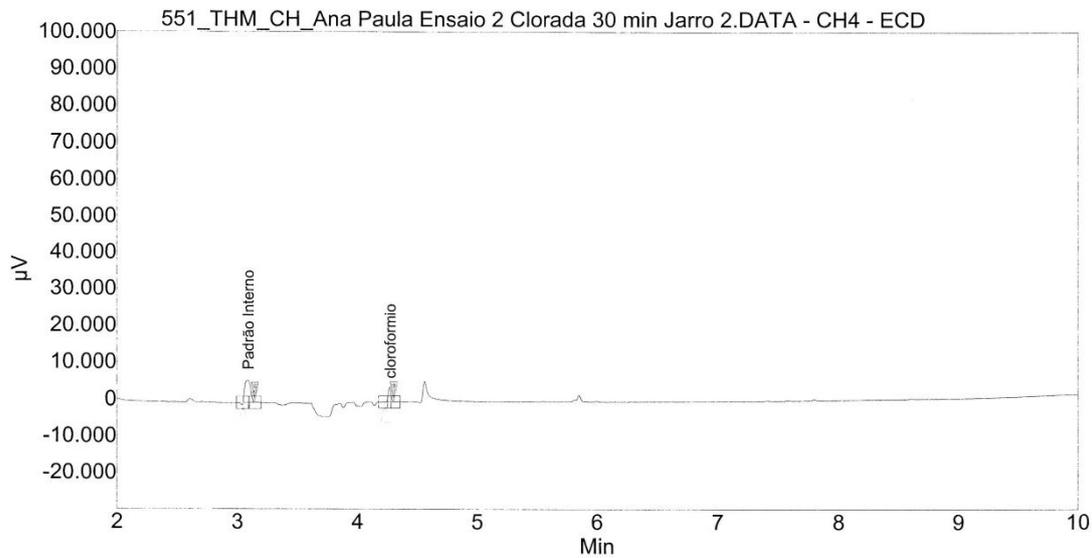


Figura D20. THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

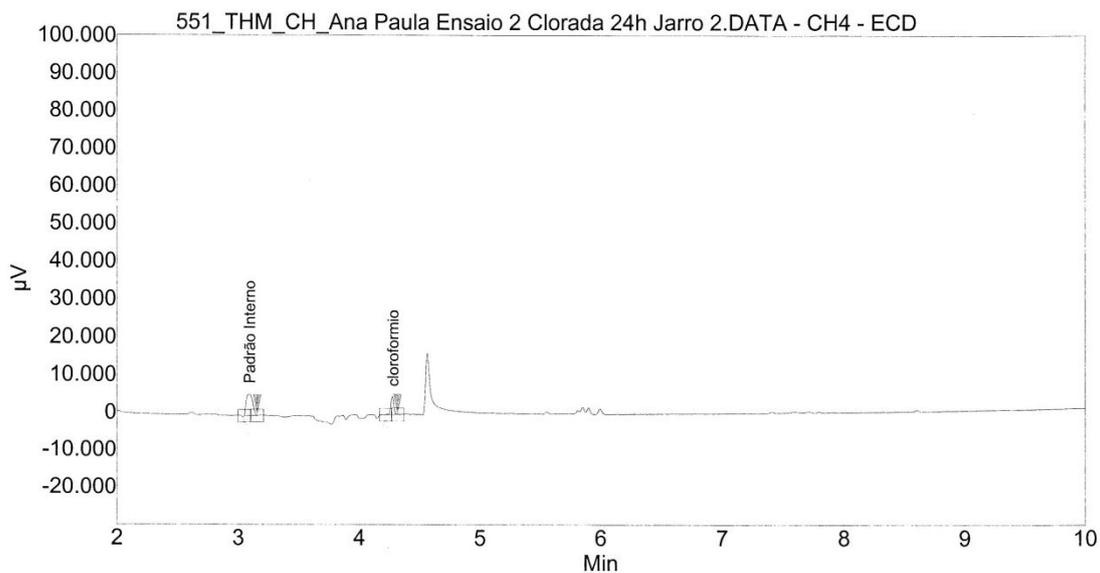


Figura D21. THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC4) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

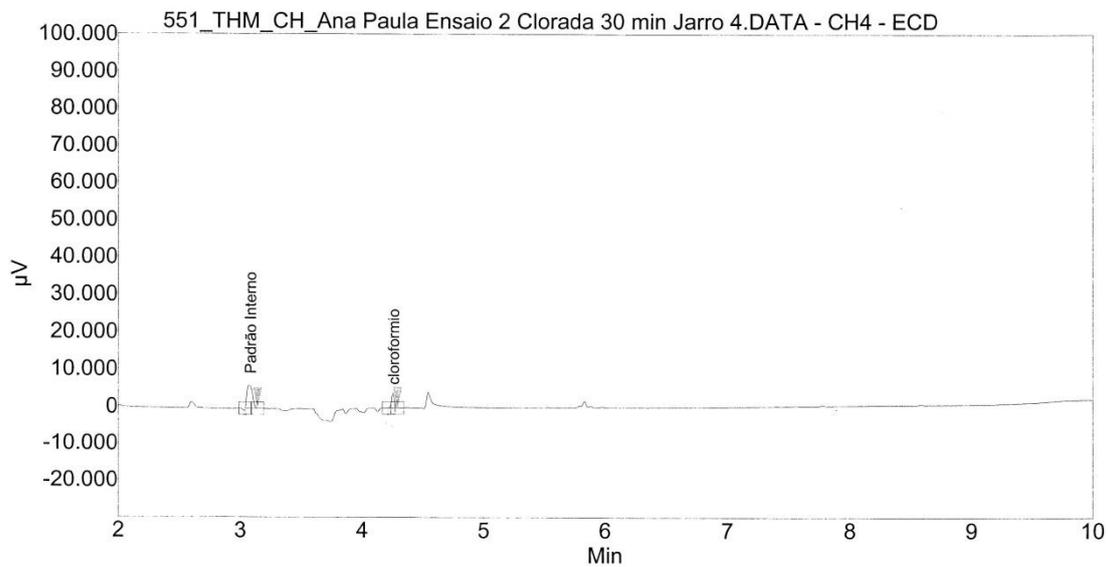


Figura D22. THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC4) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

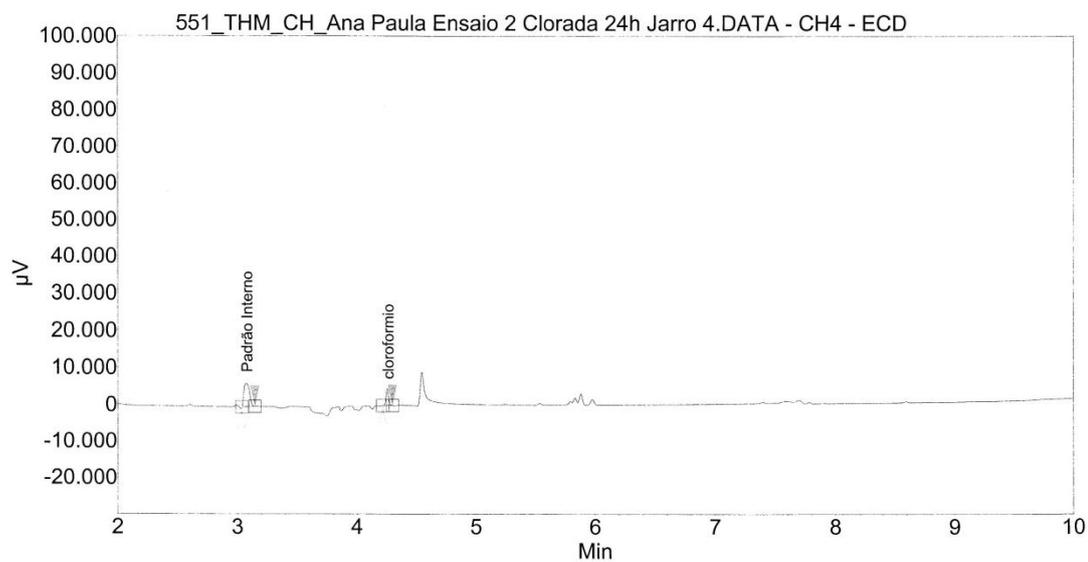


Figura D23. THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

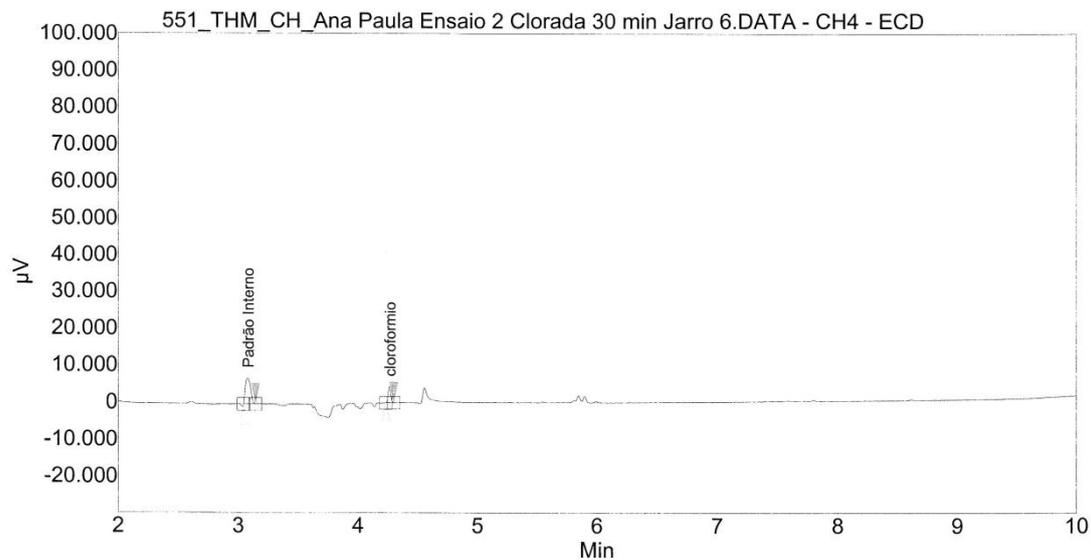
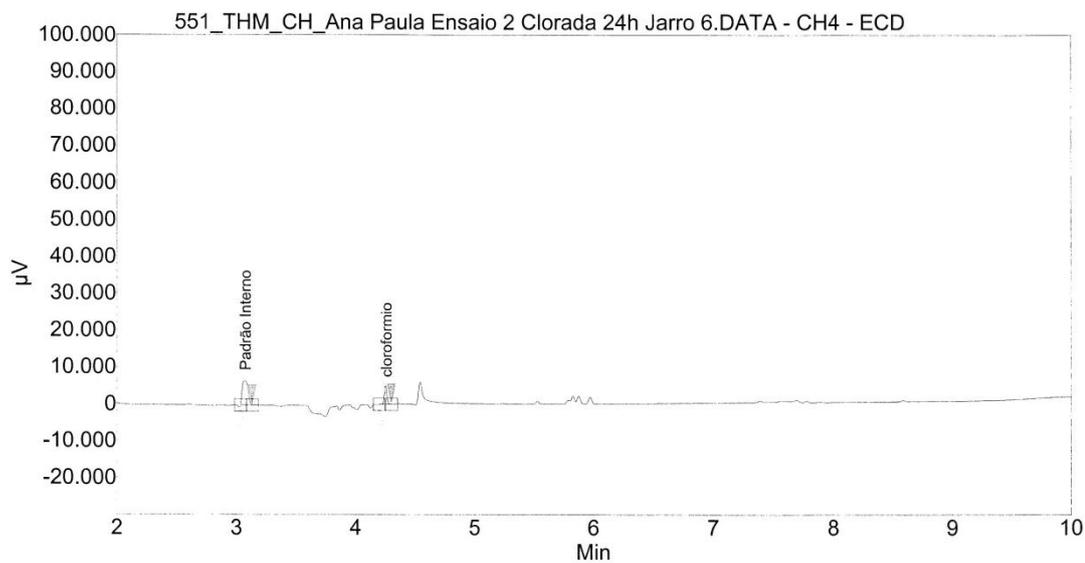


Figura D24. THM na amostra de água coagulada com PAC (PAC6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)



APÊNDICE E

Figura E1. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	189
Figura E2. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	189
Figura E3. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL3) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	190
Figura E4. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL3) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	190
Figura E5. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	191
Figura E6. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	191
Figura E7. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	192
Figura E8. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	192
Figura E9. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG3) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	193
Figura E10. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG3) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	193
Figura E11. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	194
Figura E12. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	194
Figura E13. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	195
Figura E14. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)	195
Figura E15. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA2) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)	196

- Figura E16.** AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA2) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 196
- Figura E17.** AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L) 197
- Figura E18.** AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 197
- Figura E19.** AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L) 198
- Figura E20.** AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 198
- Figura E21.** AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC4) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L) 199
- Figura E22.** AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC4) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 199
- Figura E23.** AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L) 200
- Figura E24.** AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L) 200

Figura E1. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

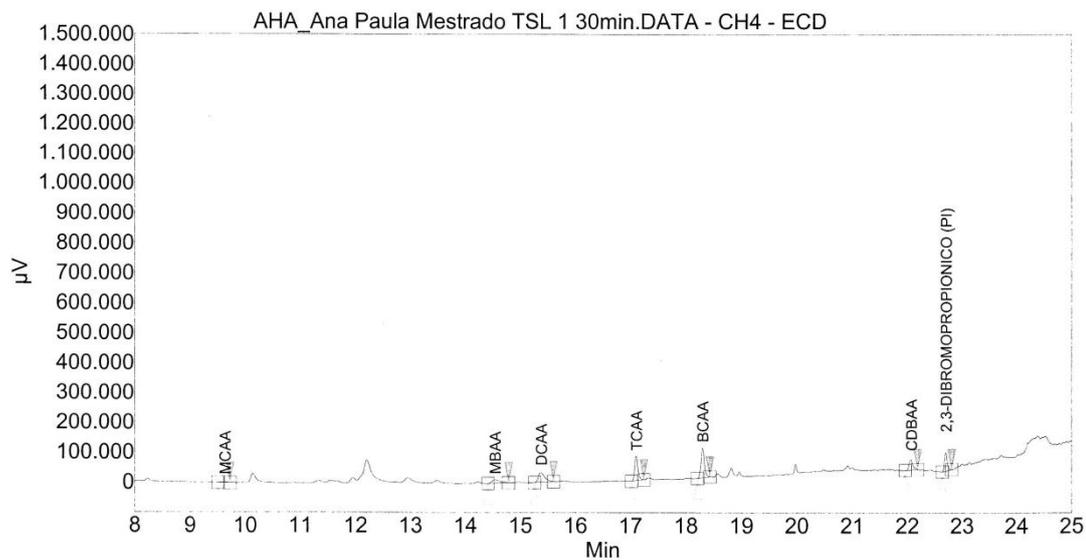


Figura E2. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

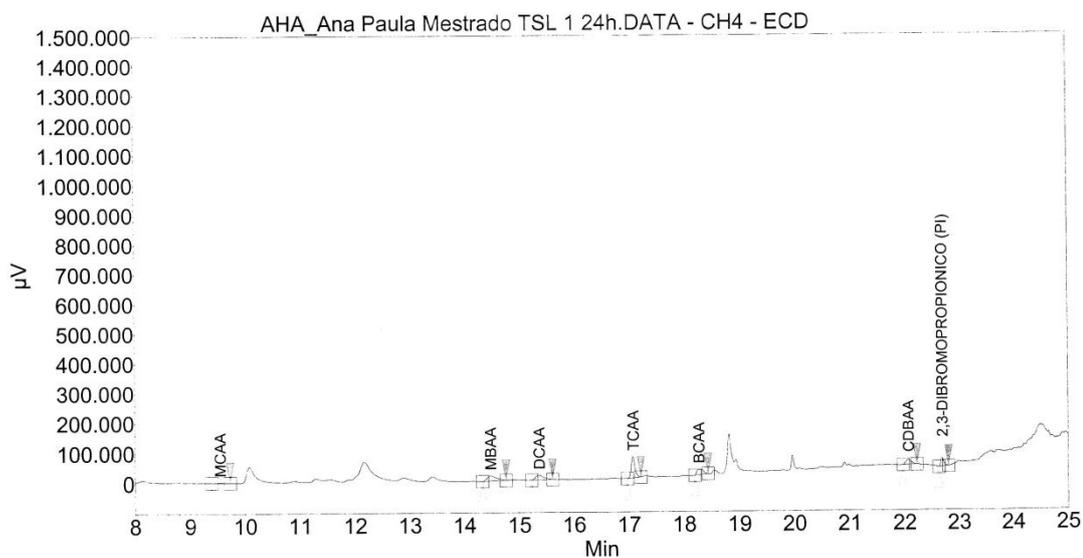


Figura E3. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL3) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

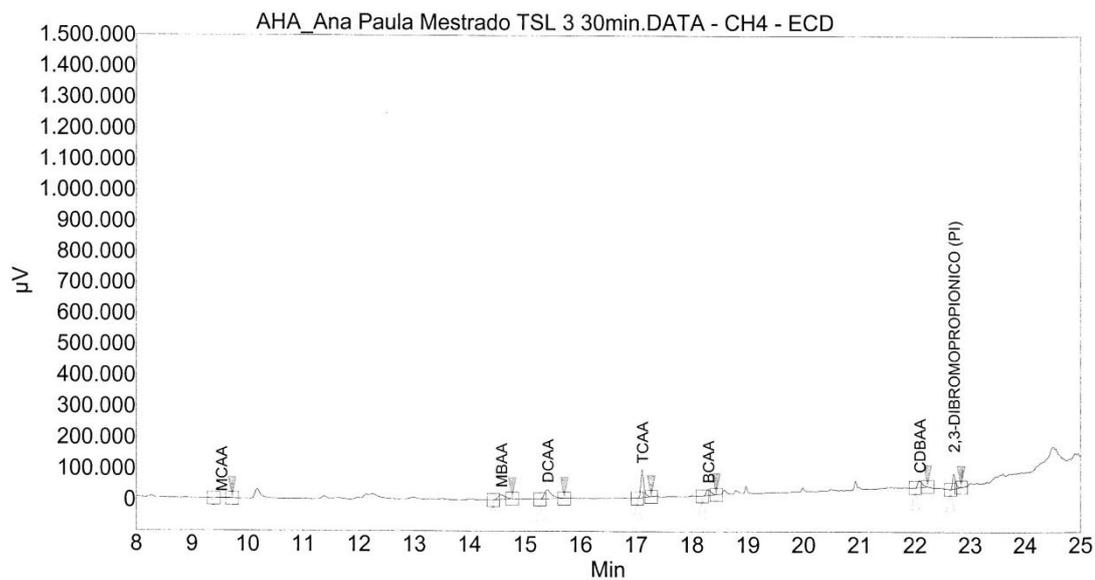


Figura E4. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL3) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

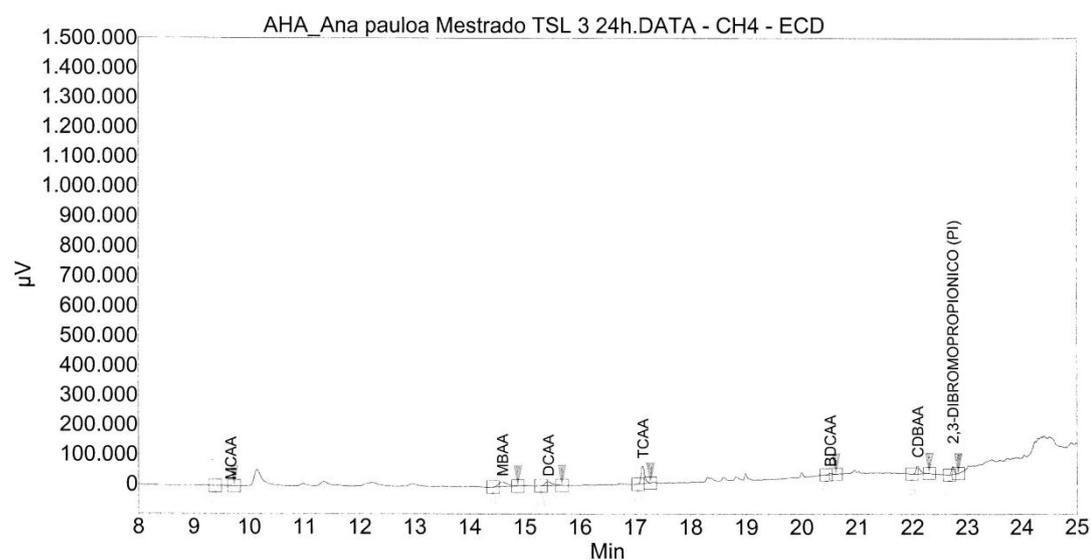


Figura E5. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

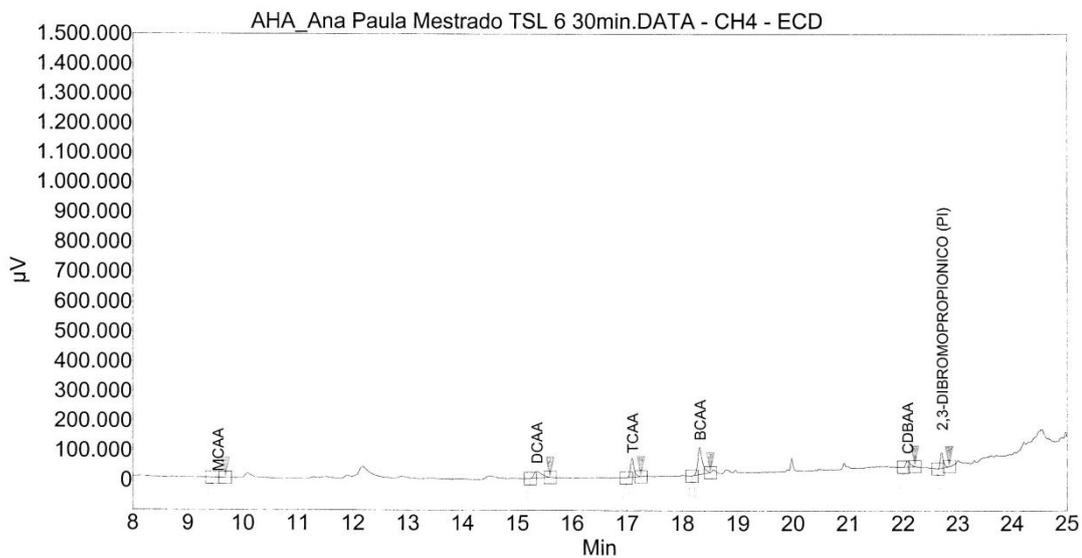


Figura E6. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SL (TSL6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

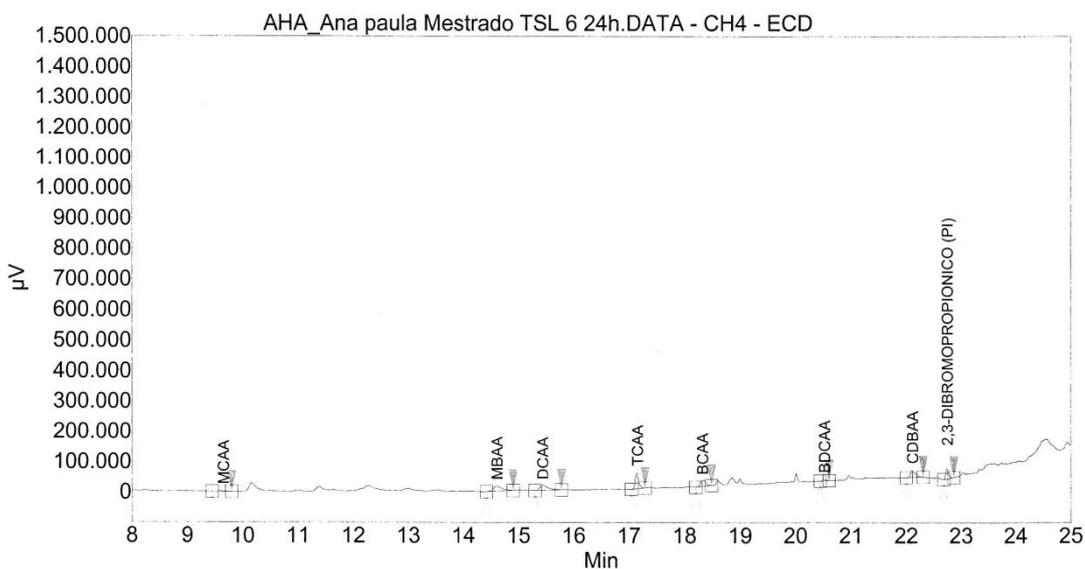


Figura E7.AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

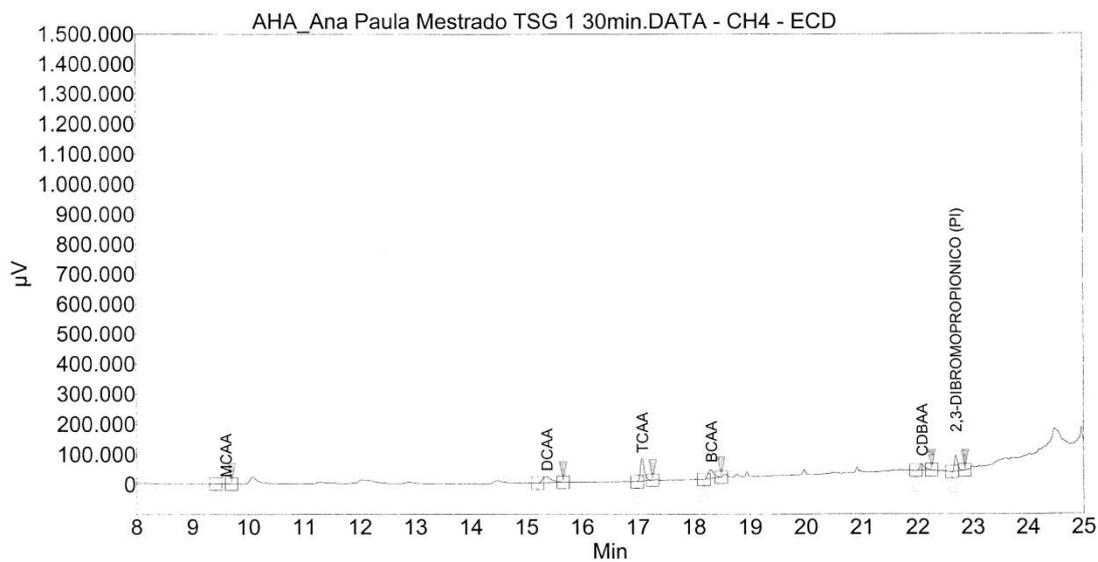


Figura E8.AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

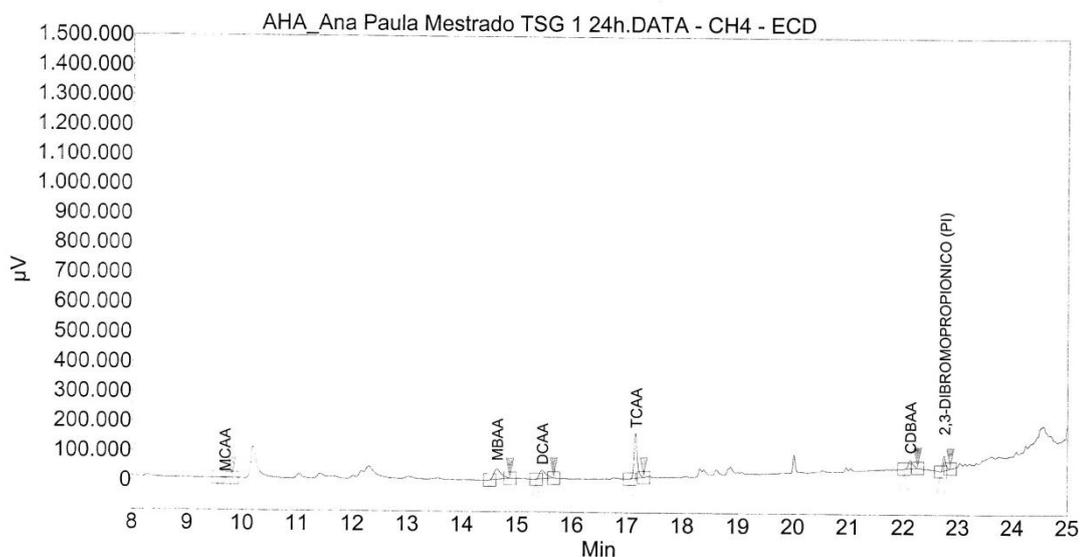


Figura E9. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG3) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

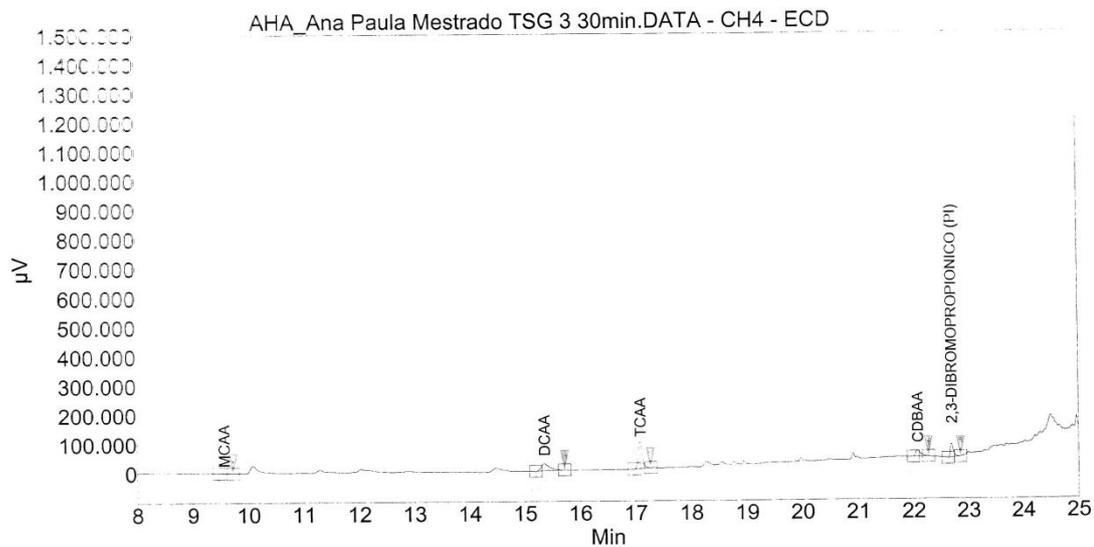


Figura E10. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG3) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

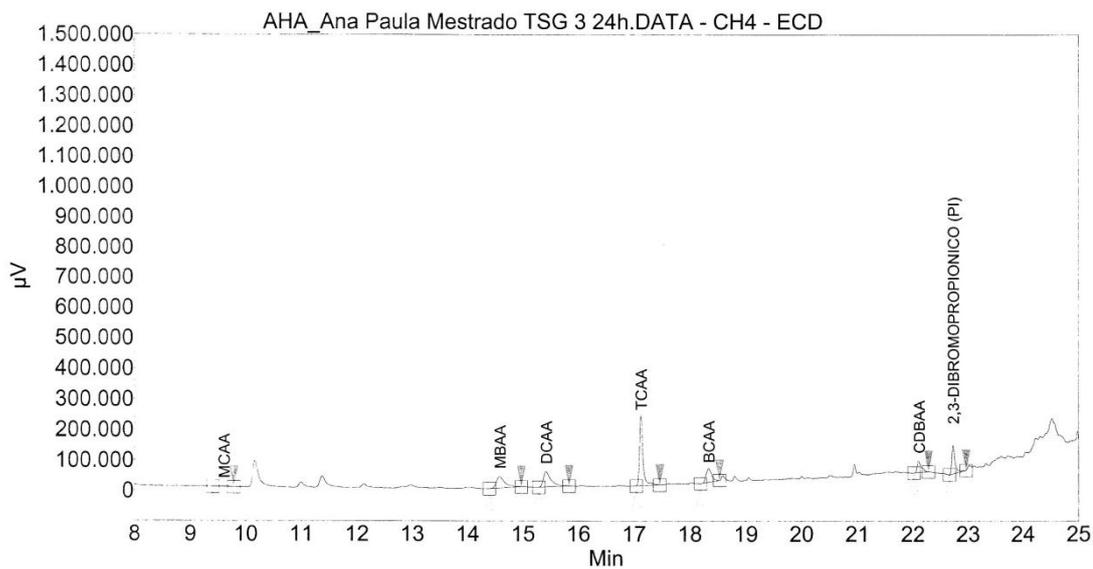


Figura E11. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

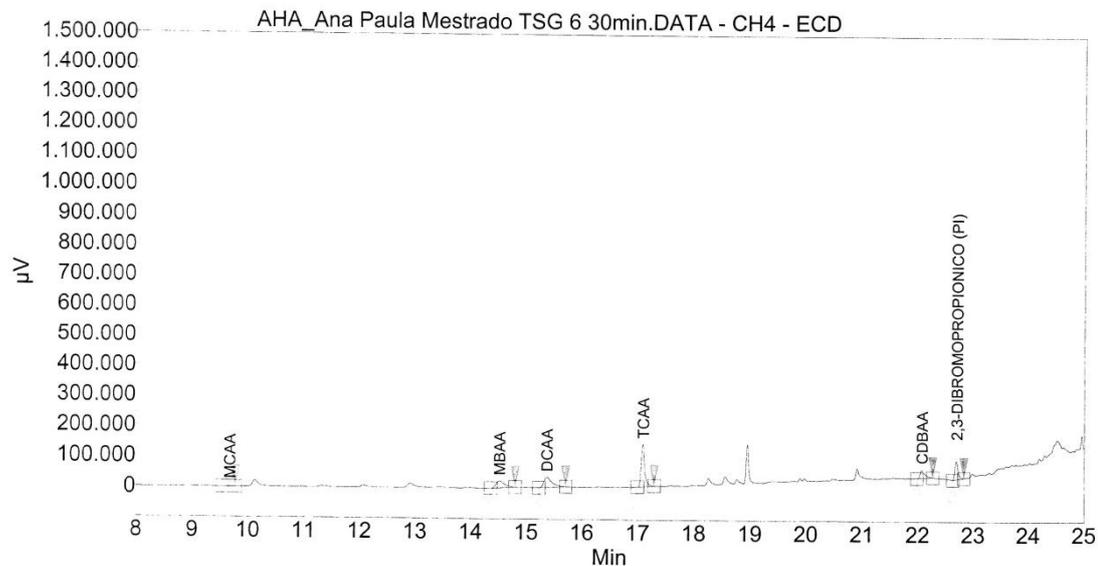


Figura E12. AHA na amostra de água coagulada com Tanfloc SG (TSG6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

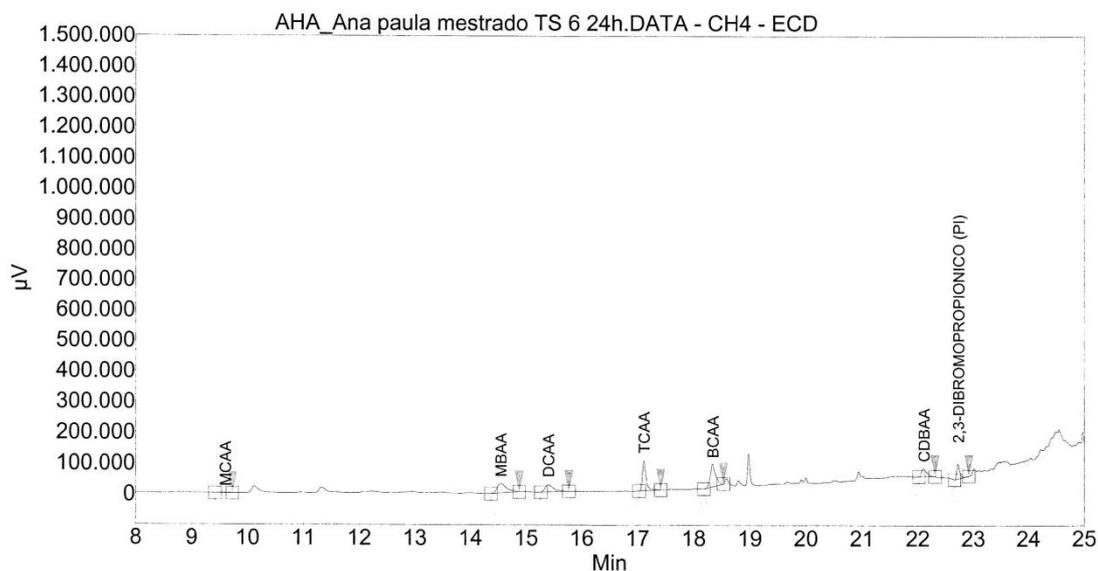


Figura E13. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

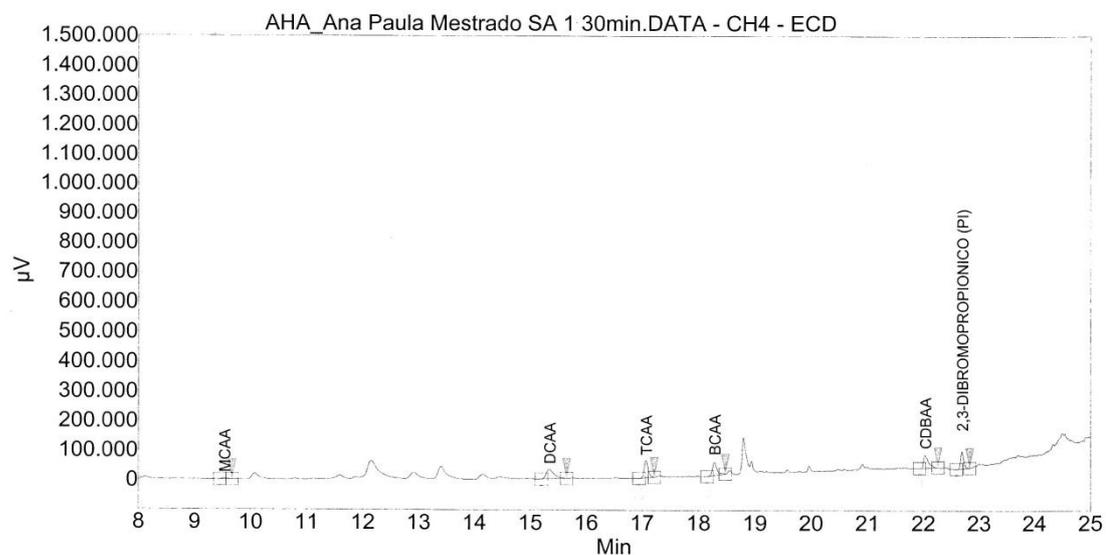


Figura E14. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

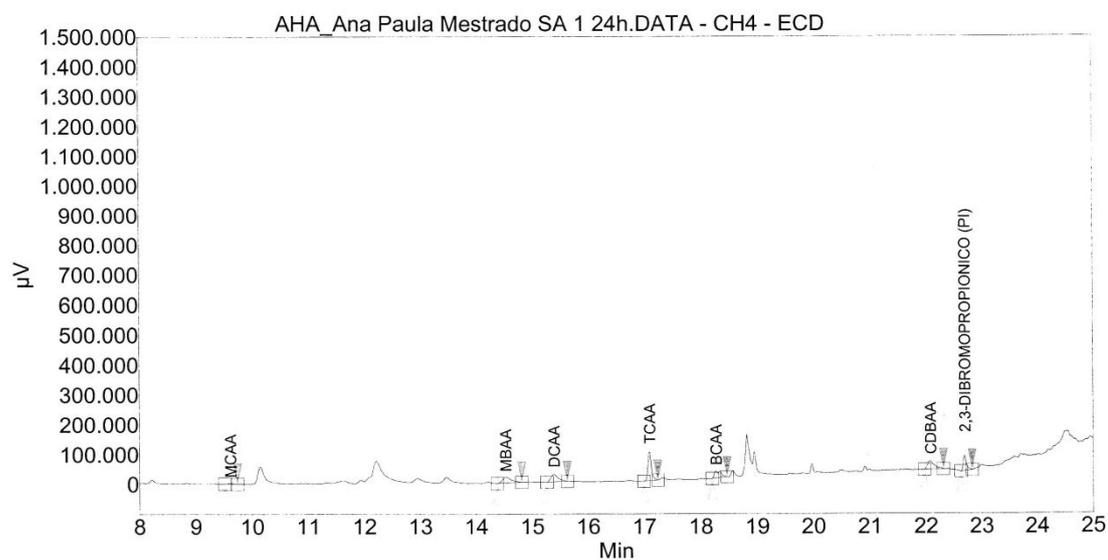


Figura E15. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA2) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

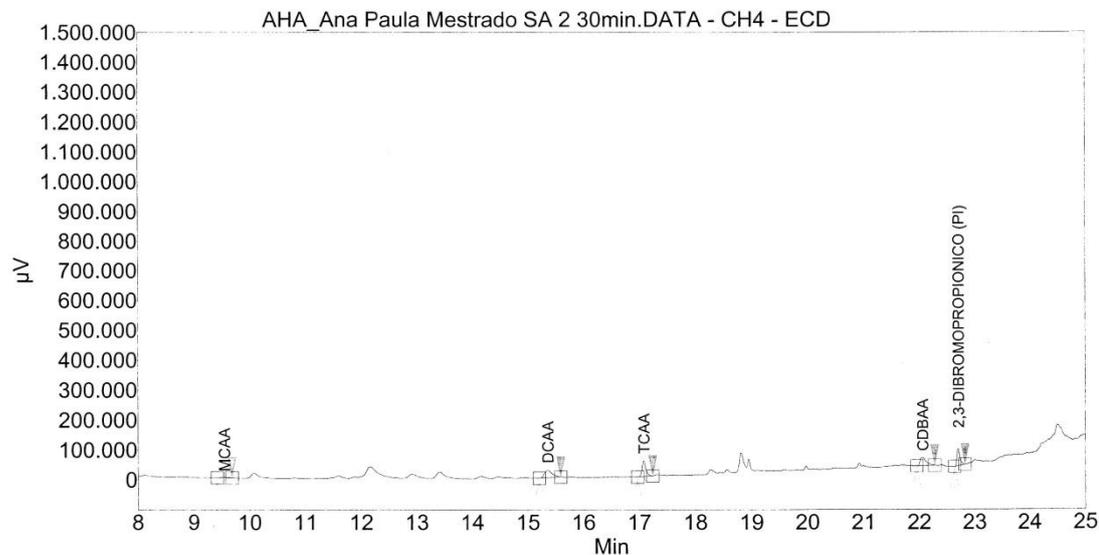


Figura E16. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA2) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

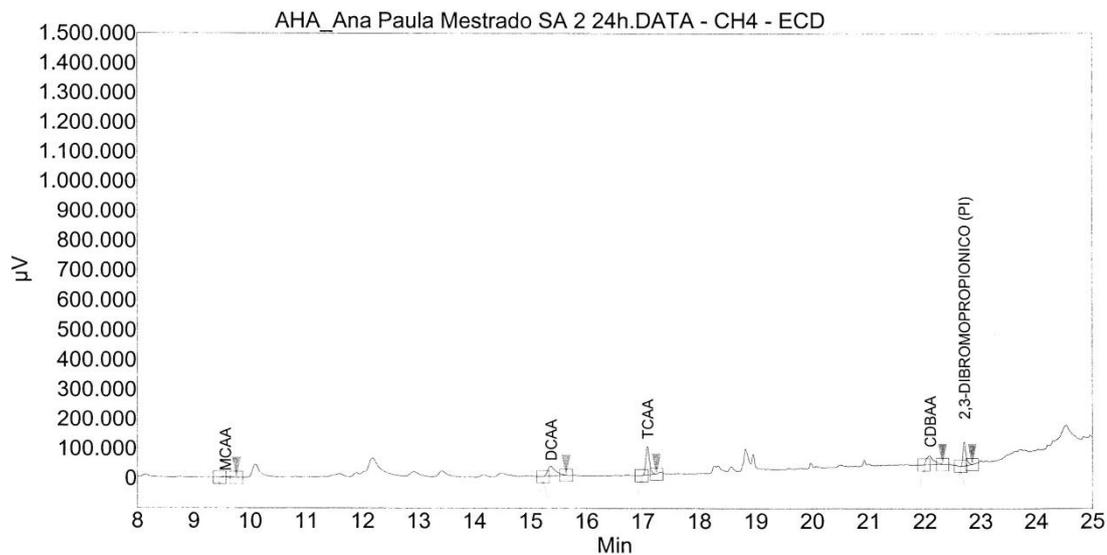


Figura E17. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

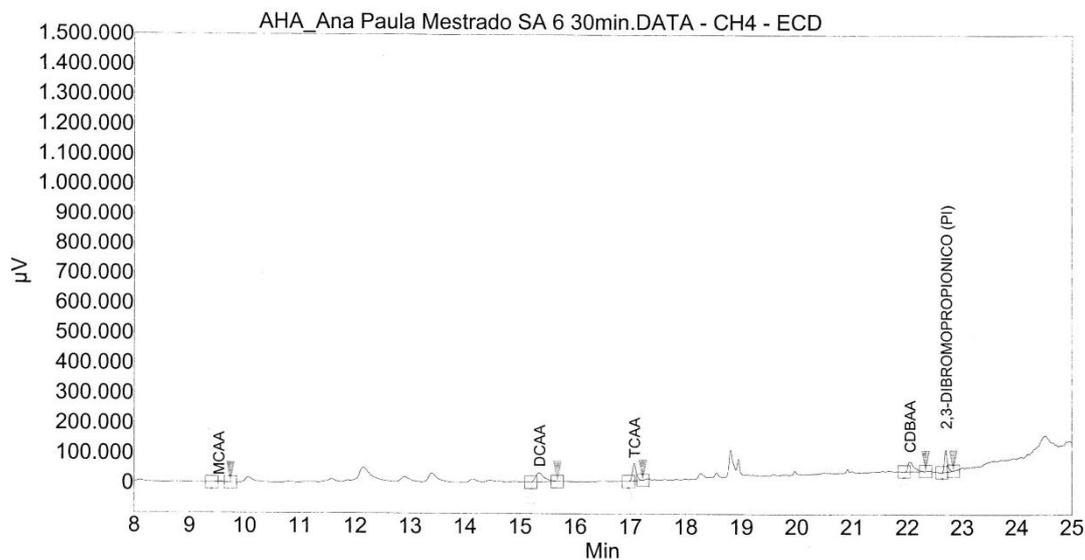


Figura E18. AHA na amostra de água coagulada com Sulfato de Alumínio (SA6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

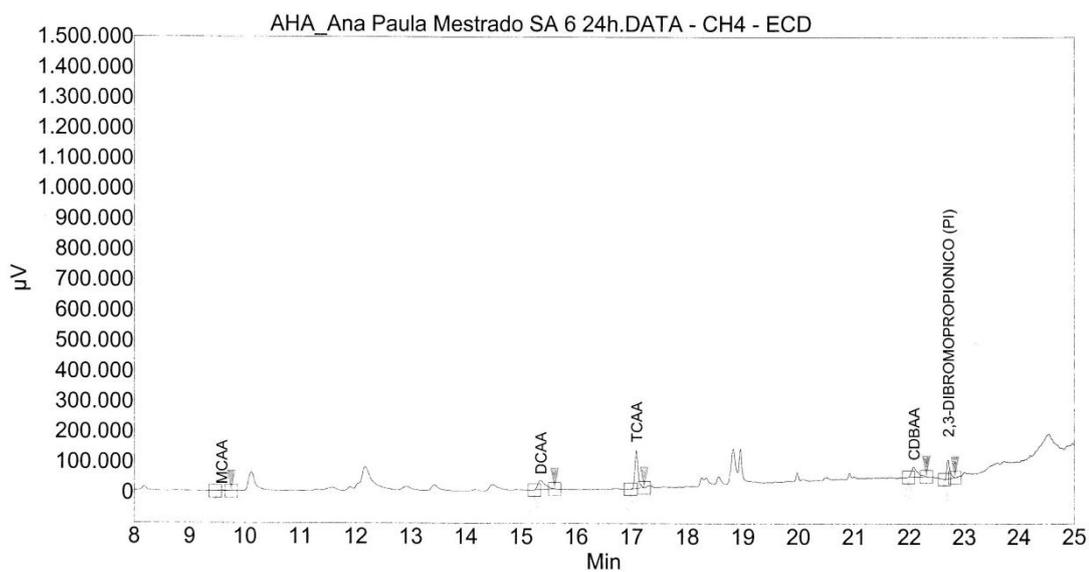


Figura E19. AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC1) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

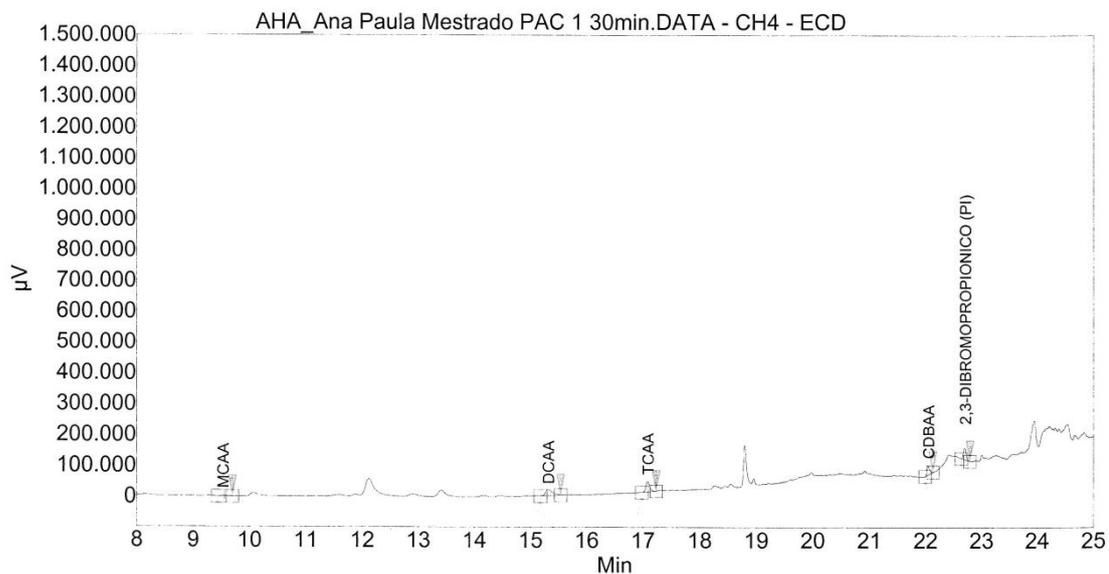


Figura E20. AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC1) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

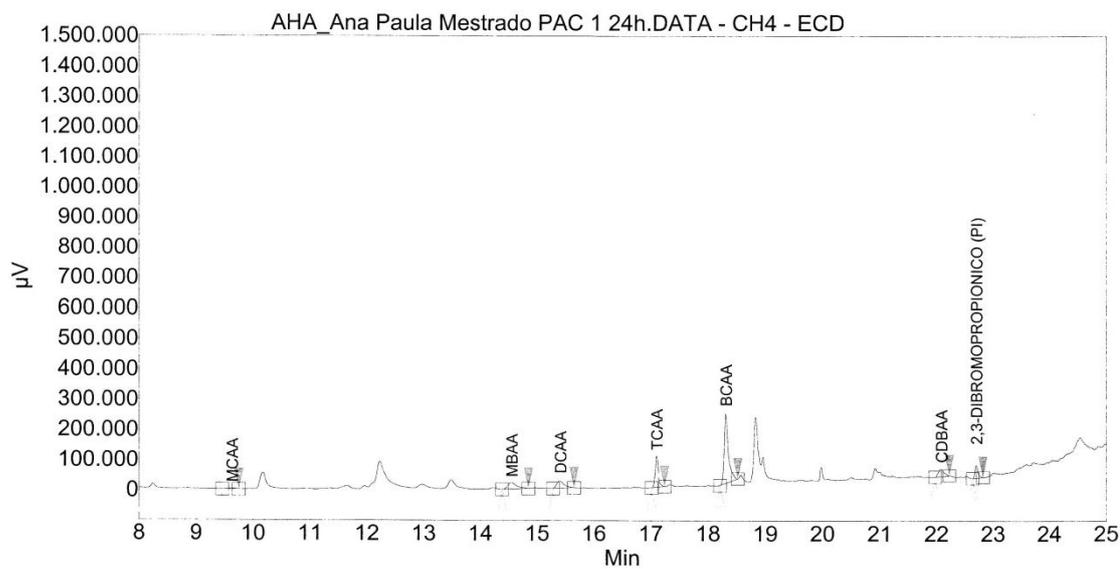


Figura E21. AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC4) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

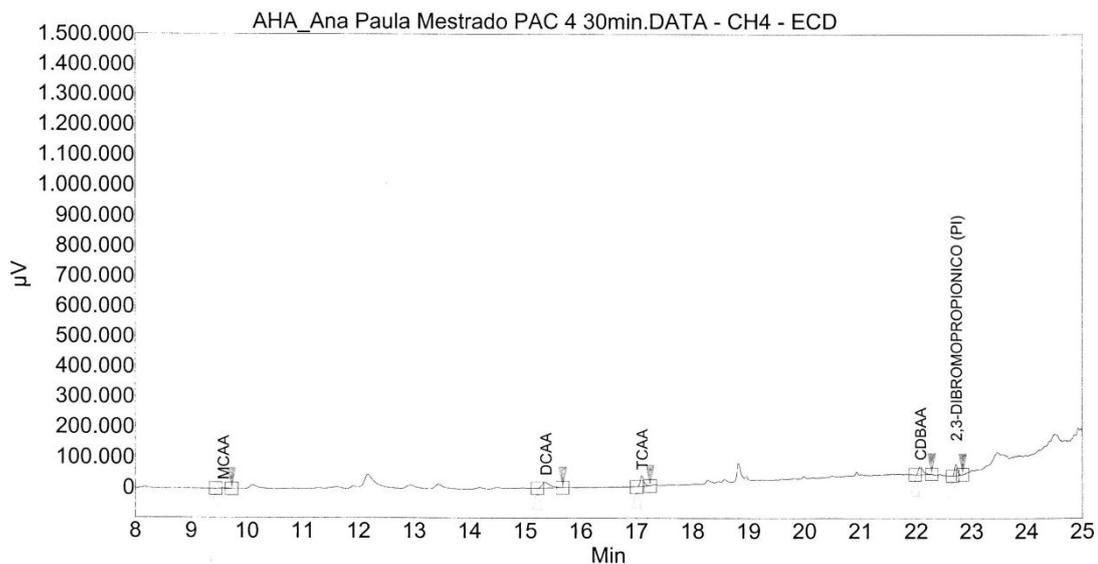


Figura E22. AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC4) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)

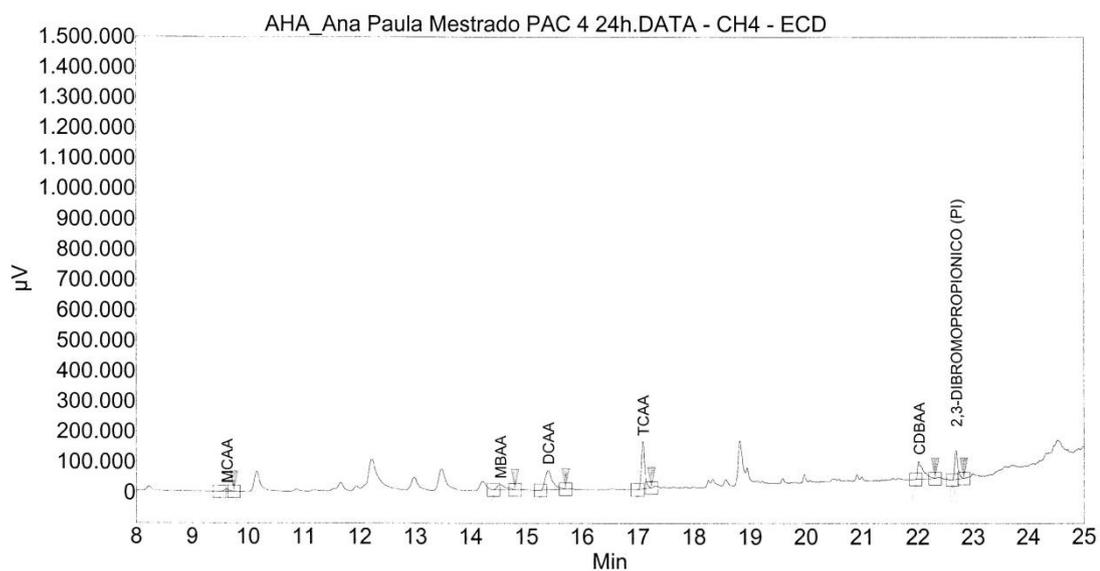


Figura E23. AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC6) após 30 minutos em contato com o cloro (5 mg/L)

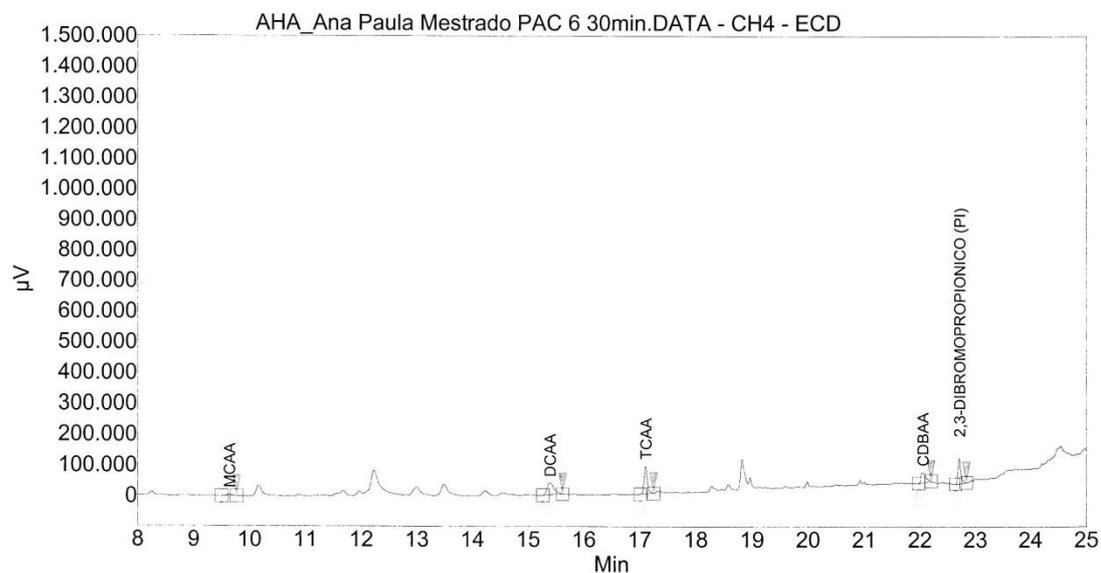
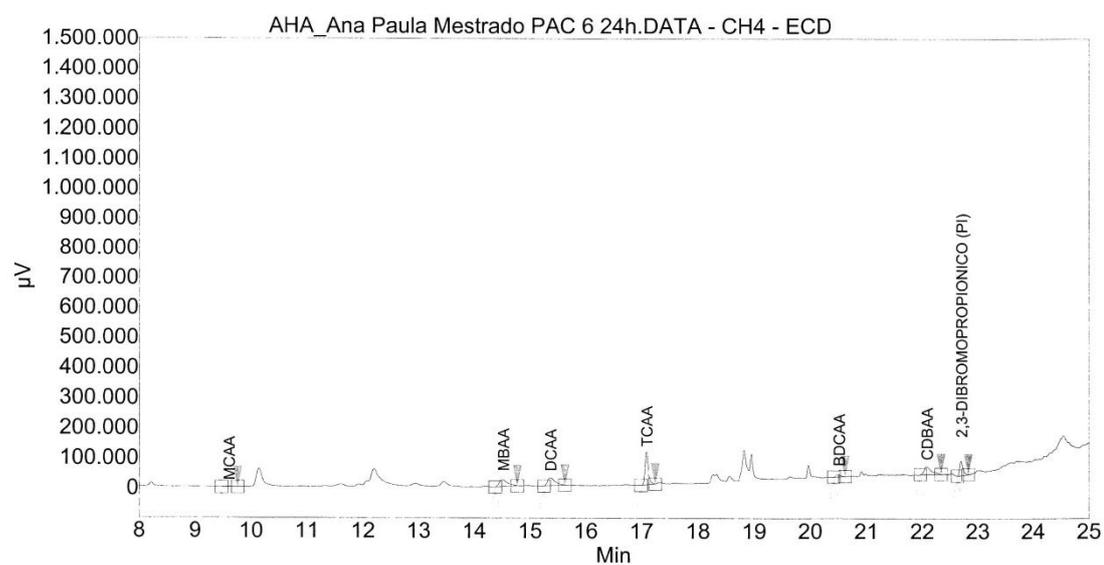


Figura E24. AHA na amostra de água coagulada com PAC (PAC6) após 24 horas em contato com o cloro (5 mg/L)



APÊNDICE F

Tabela F1. Cloro total e cloro residual livre em diferentes dosagens de hipoclorito de sódio 1200 mg/L, na amostra de água coagulada com Tanfloc SL	202
Tabela F2. Cloro total e cloro residual livre em diferentes dosagens de hipoclorito de sódio 1200 mg/L, na amostra de água coagulada com Tanfloc SG	202

Tabela F1. Cloro total e cloro residual livre em diferentes dosagens de hipoclorito de sódio 1200 mg/L, na amostra de água coagulada com Tanfloc SL

Dosagem mgCl ₂ /L	Volume mL	Cloro Total mgCl ₂ /L	Cloro Residual Livre mgCl ₂ /L
3,0	0,25	2,9	0,2
6,0	0,50	5,0	1,5
9,0	0,75	7,6	3,1
12,0	1,00	11,6	5,8
15,0	1,25	14,6	8,7
18,0	1,50	16,2	7,7
21,0	1,75	19,6	9,8
24,0	2,00	21,2	10,4
27,0	2,25	25,4	11,0
30,0	2,50	27,6	11,6
33,0	2,75	30,6	12,6
36,0	3,00	32,4	13,0
39,0	3,25	33,6	13,5
42,0	3,50	35,0	14,2
45,0	3,75	38,0	15,1

Tabela F2. Cloro total e cloro residual livre em diferentes dosagens de hipoclorito de sódio 1200 mg/L, na amostra de água coagulada com Tanfloc SG

Dosagem mgCl ₂ /L	Volume mL	Cloro Total mgCl ₂ /L	Cloro Residual Livre mgCl ₂ /L
5,0	4,50	2,5	1,1
6,0	0,50	3,6	1,7
9,0	0,75	5,9	3,2
12,0	1,00	9,4	5,3
15,0	1,25	12,3	8,5
18,0	1,50	14,5	12,3
21,0	1,75	17,9	15,0
24,0	2,00	19,8	16,6
27,0	2,25	23,4	19,3
30,0	2,50	26,2	20,9
33,0	2,75	28,4	25,6
36,0	3,00	31,0	26,4
39,0	3,25	32,3	27,2
42,0	3,50	36,2	30,4
45,0	3,75	38,2	30,9

ANEXO 1



TANFLOC SL

1. PRODUTO

TANFLOC SL é um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, de origem essencialmente vegetal e que atua como:

- Coagulante
- Floculante
- Auxiliar de coagulação no tratamento de águas em geral.

TANFLOC SL é capaz de atuar em um amplo espectro de aplicações, em conformidade com testes preliminares (jar-test) e orientações da equipe de assistência técnica e desenvolvimento de produto da Tanac SA.

2. APRESENTAÇÃO

TANFLOC SL LÍQUIDO é acondicionado em bombonas de polietileno com 50 kg ou containers de 1.000 kg.

TANFLOC SL PÓ é fornecido em sacos de 25 kg, podendo ser na forma paletizada se requerida.

3. ANÁLISE TÍPICA

TANFLOC SL

Aspecto físico	LÍQUIDO*	PÓ FINO HIGROSCÓPICO
Umidade ao embalar (%)	-	4,5 – 6,5
Viscosidade (s, 25°C Copo Ford n°4)	Máx. 50	Não aplicável
pH (xarope)	1,3 - 2,3	-
pH (sol. aq. 10% p/v)	-	1,8 – 2,7

* Solvente: exclusivamente água.

4. PROPRIEDADES

TANFLOC SL atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este o processo responsável pela formação de flocos e conseqüente sedimentação.

TANFLOC SL não altera o pH da água tratada, por não consumir a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma faixa de pH de 4,5 – 8,0.

5. APLICAÇÃO

TANFLOC SL pode ser aplicado diretamente, quando na forma líquida, ou sob a forma de uma solução diluída, sozinho ou em combinação com outros agentes como Sulfato de Alumínio, Cloreto Férrico, etc.

Recomenda-se TANFLOC SL nas seguintes áreas de aplicação:

- Efluentes de metalurgia, papel e papelão, curtumes, indústrias alimentícias e químicas, em tratamento primário e secundário.
- Efluentes petroquímicos, no tratamento secundário de sistemas integrados.
- Indústria cerâmica, na recuperação de esmaltes e separação de argilas.
- Efluentes de abatedouros de aves, no processo de flotação.
- Tratamento de água de abastecimento, em plantas convencionais e compactas.

6. ESTOCAGEM

TANFLOC SL mantém suas características de coagulante e/ou floculante e auxiliar de coagulação inalteradas, quando estocado em ambiente seco, ventilado, protegido da luz solar e em embalagem fechada.

Condições inadequadas de armazenagem, como ambientes sujeitos a altas temperaturas e/ou períodos prolongados, poderão causar alterações nas características físicas do produto, como o incremento da viscosidade. Entretanto, mesmo podendo não acarretar uma perda na performance do produto, tais fatores devem ser evitados.

REGISTRO NO MINISTÉRIO DA SAÚDE:

Produto não passível de registro no Ministério da Saúde, conforme Ofício nº 205/99-GG/SAN/ANZA/MS, de 27/09/99, Processo nº 25025-003041/98

As sugestões e recomendações se baseiam em nossas experiências, mas não se constituem em uma garantia de nossa parte. Nossos clientes deverão ajustar convenientemente os produtos aconselhados às suas condições de trabalho, bem como aos outros produtos empregados durante o processo. As sugestões acima são dadas a título informativo.

Revisão: AD0310



TANFLOC SG



Certificado por NSF International
ANSI/NSF Standard 60

Dosagem máxima para águas de abastecimento: 1,5 mg/L.

1. PRODUTO

TANFLOC SG é um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, de origem essencialmente vegetal e que atua como:

- Coagulante
- Floculante
- Auxiliar de coagulação no tratamento de águas em geral

TANFLOC SG é capaz de atuar em um amplo espectro de aplicações, em conformidade com testes preliminares (jar-test) e orientações da equipe de assistência técnica e desenvolvimento de produto da Tanac SA.

2. APRESENTAÇÃO

TANFLOC SG LÍQUIDO é acondicionado em bombonas de polietileno com 50 kg ou containeres de 1000 kg.

TANFLOC SG PÓ é fornecido em sacos de 25 kg, podendo ser na forma paletizada se requerida.

3. ANÁLISE TÍPICA

TANFLOC SG

Aspecto físico	LIQUIDO*	PÓ FINO HIGROSCÓPICO
Umidade ao embalar (%)	-	4,5 – 6,5
Viscosidade (s, 25 °C Copo Ford n°4)	Máx. 50	Não Aplicável
pH (xarope)	1,3 - 2,3	-
pH (sol. aq. 10% p/v)	-	1,8 – 2,7

* Solvente: exclusivamente água.

4. PROPRIEDADES

TANFLOC SG atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este o processo responsável pela formação de flocos e conseqüente sedimentação.

TANFLOC SG não altera o pH da água tratada, por não consumir a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma faixa de pH de 4,5 – 8,0.

5. APLICAÇÃO

TANFLOC SG pode ser aplicado diretamente, quando na forma líquida, ou sob a forma de uma solução diluída, sozinho ou em combinação com outros agentes como Sulfato de Alumínio, Cloreto Férrico, etc.

Recomenda-se TANFLOC SG nas seguintes áreas de aplicação:

- Efluentes de metalurgia, papel e papelão, curtumes, indústrias alimentícias e químicas, em tratamento primário e secundário.
- Efluentes petroquímicos, no tratamento secundário de sistemas integrados.
- Indústria cerâmica, na recuperação de esmaltes e separação de argilas.
- Efluentes de abatedouros de aves, no processo de flotação.
- Tratamento de água de abastecimento, em plantas convencionais e compactas.

6. ESTOCAGEM

TANFLOC SG mantém suas características de coagulante e/ou floculante e auxiliar de coagulação inalteradas, quando estocado em ambiente seco, ventilado, protegido da luz solar e em embalagem fechada.

Condições inadequadas de armazenagem, como ambientes sujeitos a altas temperaturas e/ou períodos prolongados, poderão causar alterações nas características físicas do produto, como o incremento da viscosidade. Entretanto, mesmo podendo não acarretar uma perda na performance do produto, tais fatores devem ser evitados.

REGISTRO NO MINISTÉRIO DA SAÚDE:

Produto não passível de registro no Ministério da Saúde, conforme Ofício nº 205/99-GGSA/NANZA/MS, de 27/09/99, Processo nº 25025-003041/98

As sugestões e recomendações se baseiam em nossas experiências, mas não se constituem em uma garantia de nossa parte. Nossos clientes deverão ajustar convenientemente os produtos aconselhados às suas condições de trabalho, bem como aos outros produtos empregados durante o processo. As sugestões acima são dadas a título informativo.

Revisão: AM0612

Ficha Técnica Sulfato de Alumínio Isento de Ferroso/ Líquido

1- Identificação

Nome Comercial do Produto:	Sulfato de Alumínio em Solução
Características Físicas	$Al_2(SO_4)_3 \cdot N_2O$ (Sulfato de Alumínio Hidratado)
Estado Físico:	Líquido
Cor:	Incolor
Odor:	Inodor

2- Especificações

Alumínio solúvel em água (como Óxido de Alumínio Al_2O_3)	8,00 a 9,00 %
Ferro solúvel em água (como Óxido Férnico Fe_2O_3)	0,02% máximo
Acidez Livre (como Ácido Sulfúrico H_2SO_4)	0,50% máximo
Basicidade (como Óxido de Alumínio Al_2O_3)	0,40 % máximo
Resíduo insolúvel em água	0,01 % máximo
pH de solução a 10 %	2,0 a 4,00

3- Características Físicas

Densidade	1.300 g/ ml.
Viscosidade	26 Cp
Outras Informações	Produto inorgânico, não combustível, solúvel em água, solução fracamente ácida

4- Aplicações

Tratamento de água potável e residuais (danificação)
 Indústria de papel e celulose
 Indústria de chapas de fibras de madeira
 Indústria de sabão a ácidos graxos
 Indústria química (fabricação de anti-ácidos estomacais)

5 - Estocagem

À granel: em tanques de aço inox ou de alvenaria revestidos com P.V.C, ou resina epóxi ou em tanques de plástico reforçado com fibra de vidro. Os tanques devem ser fechados e com respiro.
 Embalados; em bombonas plásticas de 50 L

6- Embalagem

Bombonas plásticas de 50 litros.

7- Informações

A granel ou em bombonas de 50 litros. Outras Informações NS2: não especificado. As características do produto não correspondem aos parâmetros oficiais que definem produtos perigosos para fins de transporte.

8- Medidas de proteção, armazenamento e manuseio

Medidas técnicas de proteção: Armazenar em lugar fresco e arejado em tanques com proteção laterais Equipamentos de proteção Individual (E.P.I)

a) Proteção das mãos luvas de borracha

b) Proteção dos olhos óculos de segurança

Higiene industrial: Manter limpo o local de trabalho. Evite contato do produto com a pele, olhos roupas. Troca roupas contaminadas. Não comer, beber ou guardar alimentos no local de trabalho. Após o manuseio, lavar as mãos com bastante água e sabão.

Proteção contra incêndios e Explosão: Produto não combustível, de nenhuma recomendação especial se faz necessário.

Eliminação:

a) Diluir em água e neutralizar

9 - Medidas em caso de acidente

Derramamento, Vazamento: Interromper o derramamento, se possível lavar o local com bastante água.

Primeiros Socorros: Trocar as roupas contaminada. Lavar a pele com água e sabão. irrigar os olhos no mínimo 15 minutos com água corrente. Na inalação, ar fresco, na ingestão, beber bastante água e induzir o vômito. Em todos os casos procurar o médico.

10 - Informações referente a toxicologia

Não são conhecidos dados quantitativos de toxicidade do produto. Produto adstringente, causa irritação ao contato com a pele e olhos, se ingerindo causa irritação nas mucosas da boca, garganta, esôfago, estômago e intestino.

11- Informações referente a ecologia

Utilizando como agente floculante no tratamento de águas. Altera o pH da água (ácido)

12- Outras Indicações

a) Matéria-prima: código n 47655/0-2

b) Legislação internacional: O produto não é classificado como substância perigosa segundo GEFSTOFFV.

c) Referência bibliográfica: DIN- sicheitsdatenblatt-merk- 28.08.77

FICHA TÉCNICA

Nheefloc 1060

Policloreto de Alumínio – PAC 10%

“CORROSIVO”

SINÔNIMOS:	Cloreto de Alumínio polimerizado, Cloreto básico de alumínio	
CLASSIFICAÇÃO:	N° de ONU: 1760 Classe: 8 Número de Risco: 80 GE: III CAS: N° 1327-41-9 Código Classificação Fiscal (NCM): 2827.32.00	
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS: <small>Fabricante atende normas e padrões AWWA (American Water Works Association)</small>	ANÁLISE	ESPECIFICAÇÃO
	Concentração - Al_2O_3 (m/m)	9,0 a 11,0 %
	Basicidade livre	≥ 60,0 %
	Material Insolúvel	≤ 0,10 %
	Densidade a 25 °C	1,240 a 1,300 g/cm ³
PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS:	Fórmula Química	$Al_n(OH)_m(Cl)_n-m$
	Ponto de Ebulição	105 °C a 760 mm Hg (9%)
	Solubilidade em água 20 °C	solúvel
	Viscosidade	0,01 a 1,0 Kg/m.s
	pH produto puro	≤ 3,50
	pH a 1 % (m/V)	2,50 a 5,50
ASPECTO:	Líquido viscoso límpido, de cor âmbar a castanho	
INDICAÇÕES DE USO:	É um excelente coagulante inorgânico catiônico pré-polimerizado de alto peso molecular a base de policloreto de alumínio, utilizado em processos de tratamento de águas, esgoto, petróleo, mineração e açúcar. Consulte a FISPQ antes de utilizar o produto.	
ESTOCAGEM:	Os tanques de estocagem, tubulações e as bombas devem ser de material resistente ao ácido clorídrico, por exemplo, aço revestido com ebonite, PRFV, PVC, PP, PE, EPOXI, borracha anti-ácida, etc. Devido à instabilidade do produto é importante que o tanque de armazenagem seja limpo a cada 03 meses prevenindo sólidos que podem se depositar no fundo do tanque.	
VALIDADE:	Estáveis até 3 meses na estocagem a temperatura ambiente.	
EMBALAGENS:	Bombonas 50 kg, granel tanque 13/26 ton	
FABRICANTE:	NHEEL QUÍMICA LTDA.	
DISTRIBUIDOR:	CSM PRODUTOS QUÍMICOS LTDA	
RESP. TÉCNICO:	Engenheiro Químico Elcio Tamami – CRQ XIII 13300779	
DATA REVISÃO:	01/12/2011	