



9595 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CLARIFICADA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DO RESÍDUO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO

Isadora Alves Lovo Ismail⁽¹⁾

Doutoranda em Tecnologia Ambiental, Mestre em Tecnologia Ambiental e Engenheira Química pela Universidade de Ribeirão Preto e Licenciada em Matemática pela Universidade de Franca.

Angela Di Bernardo Dantas⁽²⁾

Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Engenheira Civil pela Universidade de São Paulo.

Luiz Di Bernardo⁽³⁾

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Engenheiro Civil pela Universidade de São Paulo.

Cristina Filomena Pereira Rosa Paschoalato⁽⁴⁾

Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo e Engenheira Química pela Universidade de Mogi das Cruzes.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Costábile Romano nº 2201, Bloco D – Ribeirânia – Ribeirão Preto – SP – CEP: 14096-900 – Brasil – Telefone: (16) 3603-6718 – email: eng.isadoralovo@gmail.com

RESUMO

A água utilizada para consumo humano deve passar por tratamento para se tornar potável. Uma das tecnologias de tratamento de água mais utilizada no Brasil é a de ciclo completo, em que há a geração de resíduos denominados de lodos ou RETAs, que causam impactos ambientais quando lançados indevidamente nos mananciais sem tratamento. Uma alternativa muito utilizada para tratamento dos RETAs é o adensamento por gravidade seguido do desaguamento por centrifugação, ambos com aplicação de condicionantes químicos e o lançamento nos rios ou retorno da água clarificada ao início da ETA. No presente trabalho foi preparada uma amostra de água e submetida a ensaios de tratabilidade para a obtenção de resíduo. A partir do resíduo gerado, foram testados diferentes condicionantes químicos nos ensaios de bancada de adensamento por gravidade e desaguamento por centrifugação. As amostras de água clarificada do adensamento e do desaguamento foram caracterizadas e foi constatado um elevado teor de Carbono Orgânico Total, o que indica a presença de moléculas orgânicas que podem ser prejudiciais à saúde humana e, portanto, recomenda-se um estudo mais detalhado para verificar quais compostos estão presentes nessa água clarificada.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos de ETA, água clarificada, carbono orgânico total.

INTRODUÇÃO

A tecnologia de tratamento utilizada em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) depende de inúmeros fatores. Em uma ETA de ciclo completo, os resíduos provenientes das descargas dos decantadores ou flutuadores e da lavagem dos filtros contém compostos químicos que são prejudiciais ao meio ambiente, aos animais e à saúde humana. Devido à presença desses compostos químicos, os resíduos de ETA (RETAs) são considerados um sério problema ambiental nos dias de hoje e, portanto, necessitam de tratamento adequado para posterior disposição final.

A quantidade e a qualidade dos resíduos produzidos em uma ETA dependem de fatores como a qualidade da água bruta, tecnologia de tratamento, mecanismos da coagulação, uso de auxiliar de coagulação, de oxidante, carvão ativado, método de limpeza dos decantadores (ou flutuadores), método de lavagem dos filtros, habilidade dos operadores, automação de processos e operações na ETA e reuso da água recuperada no sistema de tratamento (DI BERNARDO *et al.*, 2011).

Os resíduos de uma ETA de ciclo completo são encaminhados para uma Estação de Tratamento de Resíduos (ETR) que, usualmente, utilizam as tecnologias de adensamento e desaguamento. As tecnologias comumente utilizadas são o adensamento por gravidade e o desaguamento por centrifugação, em que ambas adicionam determinado tipo de polímero durante o processo para auxiliar a retirada de água desses resíduos.



Após tratamento adequado dos resíduos, o RETA resultante deverá ser disposto em locais permitidos conforme legislação vigente (NBR 10004) e a água clarificada poderá ser lançada em corpos d'água se atender, também, a legislação vigente (CONAMA nº 357 e 430) ou retornar para o início da ETA.

Um dos parâmetros que deve ser analisado é o Carbono Orgânico Total (COT), uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica presente na água e que não se encontra na legislação vigente brasileira. Como a água clarificada proveniente da ETR apresenta subprodutos em sua composição, a medida de COT torna-se necessária, pois os polímeros utilizados no tratamento dos resíduos são à base de poliacrilamida (carbono) e é um composto químico nocivo à saúde humana quando ultrapassado os valores máximos permitidos pelo Anexo 20 da Portaria de Consolidação nº05 do Ministério da Saúde de 28 de setembro de 2017 (0,5 µg/L).

Sendo assim, julga-se necessário a realização de ensaios para identificar melhores condicionantes químicos a serem utilizados em cada tipo de tratamento de RETA, bem como a caracterização da água clarificada proveniente da ETR, com a inclusão do parâmetro Carbono Orgânico Total (COT) que não se encontra na legislação brasileira, mas já é analisado em países como os EUA.

OBJETIVOS

Caracterizar as águas clarificadas provenientes do adensamento por gravidade e do desaguamento por centrifugação do resíduo do tratamento de água em ciclo completo.

METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho está descrita a seguir.

ÁGUA DE ESTUDO E PARÂMETROS UTILIZADOS

Primeiramente, definiu-se que a água de estudo a ser utilizada no presente trabalho seria preparada a partir da mistura da água do poço da UNAERP (desclorada com adição de tiosulfato de sódio) com o sedimento coletado no fundo do rio Pardo em Ribeirão Preto – SP para conferir turbidez em torno de 1000 uT (simulando um período chuvoso).

Após definição das condições de preparação da água de estudo, foram definidos outros parâmetros, conforme descrito a seguir, juntamente com as justificativas de escolhas:

- Coagulante Cloreto de Polialumínio (PAC): é um coagulante sintético comumente utilizado em ETAs;
- Concentrações de RETAs a serem trabalhadas:
 - RETA 1 (0,5 g SST/L): RETA mais diluído, proveniente da água de lavagem dos filtros (valor usualmente obtido nas ETAs) (DI BERNARDO, *et. al.* 2012, 2017);
 - RETA 2 (25,0 g SST/L): RETA concentrado proveniente da etapa de adensamento e da descarga dos decantadores para ser encaminhado para etapa de desaguamento (valor usualmente obtido nas ETAs) (DI BERNARDO, *et. al.* 2012, 2017).
- Coagulantes sintéticos catiônico, aniônico e não iônico: são os mais utilizados em ETAs.
- Coagulantes orgânicos Tanfloc SL e Tanfloc SG: estão sendo muito utilizados nas ETAs atualmente devido ao apelo ambiental por não apresentarem, em sua composição, compostos nocivos à saúde e serem não prejudiciais ao meio ambiente.

EQUIPAMENTOS, MÉTODOS ANALÍTICOS E PRODUTOS QUÍMICOS

Os equipamentos utilizados nos ensaios e as respectivas finalidades estão indicados na Tabela 1.



Tabela 1: Equipamentos utilizados na pesquisa.

EQUIPAMENTOS	FINALIDADE
Jarteste, Nova Ética - modelo LDB 3	Ensaio de coagulação, floculação e sedimentação
Filtros 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
Condutivímetro	Leitura da condutividade elétrica
Cronômetro Mondaine Stop Watch	Medição do tempo
Espectrofotômetro, modelos DR/2000, DR/2500 - marca Hach	Leitura de cor
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
Centrífuga de bancada Excelsa Baby II, modelo 206-R, marca Fanem	Ensaio de centrifugação

Os parâmetros físico-químicos, unidades, métodos de medição e limites de detecção utilizados na pesquisa estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos, unidades, métodos de medição e limites de detecção*.

PARÂMETRO	UNIDADE	METODOLOGIA	LIMITE DE DETECÇÃO (LDM)
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	Titrimétrico(*)	1
Carbono Orgânico Total	mg/L C	Espectrofotométrico Infravermelho não Dispersivo – NPOC	0,1
Cor Aparente	uH	Espectrofotométrico (*)	1
Cor Verdadeira	uH	Espectrofotométrico (*), com membrana 0,45 µm	1
Alumínio	mg/L Al	EAA-Forno de Grafite	0,01
pH	Adimensional	Potenciométrico (*)	0,01
Turbidez	uT	Nefelométrico (*)	0,1
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	Gravimétrico	1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	Gravimétrico	
Sólidos Totais	mg/L	Gravimétrico	

*Segundo APHA (2005) – Standard Methods

Os produtos químicos utilizados nos ensaios estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Produtos químicos utilizados na pesquisa.

PRODUTO QUÍMICO	NOME COMERCIAL	EMPRESA FORNECEDORA	ASPECTO
Polímero Sintético Catiônico	Art Flocc 3530	Aratrop Industrial	Emulsão branco leitoso
Polímero Sintético Aniônico	Art Flocc 1530	Aratrop Industrial	Emulsão branco leitoso
Polímero Sintético Não Iônico	Art Flocc 2530	Aratrop Industrial	Emulsão branco leitoso
Polímero Orgânico-catiônico	Tanfloc SL	Tanac S.A.	Líquido
Polímero Orgânico-catiônico	Tanfloc SG	Tanac S.A.	Líquido
Coagulante Sintético	PAC – Cloreto de Polialumínio	Bauminas	Líquido



ENSAIOS REALIZADOS EM JARTESTE

Foram feitos ensaios de coagulação com PAC (11% Al_2O_3), floculação e sedimentação em equipamento de jarreste visando à construção do diagrama de coagulação com pH de coagulação em função da dosagem do coagulante e da turbidez da água decantada. Para variar o pH de coagulação foi usado hidróxido de sódio como alcalinizante.

As condições dos ensaios foram:

- Mistura rápida: gradiente de velocidade médio de 1000 s^{-1} e tempo de mistura de 10 s;
- Floculação: gradiente de velocidade médio de 30 s^{-1} e tempo de floculação de 20 min;
- Sedimentação: velocidades de sedimentação $V_{s1} = 3,0 \text{ cm/min}$ e $V_{s2} = 1,5 \text{ cm/min}$.

As melhores condições foram repetidas com a inclusão da etapa de filtração em filtro de areia (FLA) (taxa de filtração: $60 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$). Foram feitas medidas de carbono orgânico total (COT), metais, cor aparente e turbidez da água filtrada.

Ao fim dos ensaios, definiu-se a condição de coagulação. A dosagem de coagulante foi adicionada ao reservatório contendo 1500 L da água de estudo, o qual permaneceu sob agitação lenta (manual) por, aproximadamente, 20 minutos. A água permaneceu em repouso por 3 horas para sedimentação dos flocos. O sobrenadante foi coletado e uma determinada quantidade foi armazenada para diluição dos resíduos, caso fosse necessário. O RETA permaneceu no fundo do reservatório e depois foi transferido para outro recipiente.

ADENSAMENTO POR GRAVIDADE DO RETA 1

Os ensaios de adensamento por gravidade foram conduzidos em uma coluna de sedimentação (proveta) devidamente graduada, com diâmetro igual a 3,5 cm e altura igual a 23,0 cm. Foi utilizado o RETA 1 nesses ensaios, o qual foi primeiramente caracterizado.

As soluções de polímeros utilizadas no condicionamento do RETA 1 foram preparadas adicionando-se 1,0 g de produto concentrado em 1,0 litro de água, obtendo-se uma concentração de 1,0 g/L e agitando-se por 30 minutos até “abrir a cadeia”. O procedimento foi repetido para cada um dos cinco polímeros utilizados no trabalho (catiônico, aniônico, não iônico, Tanfloc SL e Tanfloc SG).

As dosagens de polímero utilizadas foram 0,4; 0,8; 2,0 e 4,0 mg pol./g SST para o RETA 1 pois são dosagens comumente utilizadas em ETAs.

O RETA 1 foi condicionado na coluna de adensamento com o auxílio de um agitador manual, onde foi agitado e depois permaneceu em repouso para ocorrer a clarificação e o adensamento por 1 hora, conforme pode ser visto na Figura 1.

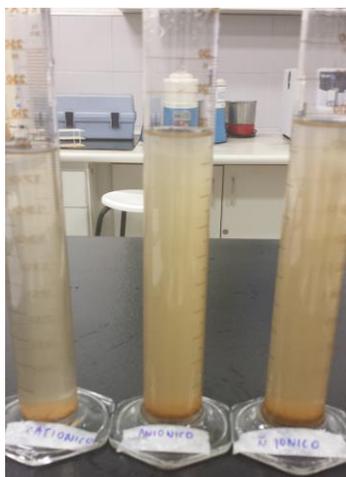


Figura 1: Ensaios de adensamento por gravidade em provetas com RETA 1 com adição de polímeros catiônico, aniônico e não iônico, respectivamente, após 1 hora de adensamento.



Estipularam-se intervalos de tempo (de acordo com o método proposto por Talmage *et al.* (1955), de modo que fosse possível aplicá-lo) para medir a altura da interface de clarificado e, após o tempo pré-estabelecido, inseriram-se os dados em planilhas do Excel para elaboração de diferentes curvas de sedimentação.

Os parâmetros escolhidos para a avaliação do efeito das diferentes dosagens de polímero pré-estabelecidas foram:

- concentração de RETA adensado de 30,0 g SST/L;
- maior velocidade de clarificação e de adensamento;
- menor turbidez do líquido clarificado.

Obtendo-se a melhor dosagem de cada polímero, realizou-se novamente os ensaios para caracterização da água clarificada obtida.

Toda metodologia utilizada para realização dos ensaios de adensamento por gravidade foi proposta por Talmage *et al.* (1955, apud Di Bernardo *et al.*, 2017, p. 1006-1009) com objetivo de determinar parâmetros visando o projeto de tanques de adensamento e pode ser encontrada em Di Bernardo *et al.* (2017).

DESAGUAMENTO POR CENTRIFUGAÇÃO DO RETA 2

Os ensaios de desaguamento foram realizados em uma centrífuga de bancada da marca FANEM Excelsa Baby II modelo 206-R. A rotação utilizada nos ensaios foi de 3600 rpm ($G = 1159$). Foi utilizado o RETA 2 nesses ensaios, o qual foi primeiramente caracterizado.

As soluções de polímeros utilizadas no condicionamento do RETA 2 foram as mesmas utilizadas na realização dos ensaios de adensamento por gravidade, com concentração de 1,0 g/L.

As dosagens de polímero utilizadas foram 2,5; 3,8; 5,0 e 6,3 mg pol./g SST para o RETA 2 pois são dosagens comumente utilizadas em ETAs.

O RETA 2 foi condicionado primeiramente em um balão volumétrico de 100 mL, onde houve a adição de solução de polímero e posterior agitação.

Em seguida, transferiu-se a solução para um béquer para facilitar a distribuição e homogeneização entre os tubos graduados com fundo cônico.

A Figura 2 apresenta os tubos graduados com fundo cônico no início da etapa de desaguamento. Nota-se que já é possível observar o sobrenadante na parte superior e o RETA mais concentrado ao fundo do recipiente apenas com a adição do polímero.



Figura 2: Preparação dos tubos graduados com fundo cônico utilizados nos ensaios de centrifugação com RETA 2 e polímero para realização dos ensaios de desaguamento em centrífuga.

Os tubos graduados com fundo cônico utilizados nos ensaios de centrifugação foram colocados na centrífuga e a cada intervalo de 10 minutos, verificou-se a turbidez da água clarificada e o volume de torta obtido, até completar um ciclo de 100 minutos, obtendo-se o RETA centrifugado.



A Figura 3 apresenta os tubos graduados com fundo cônico utilizados nos ensaios de centrifugação após serem retirados da centrífuga. Nota-se o quanto o volume do RETA diminuiu, acarretando um aumento na concentração de sólidos.

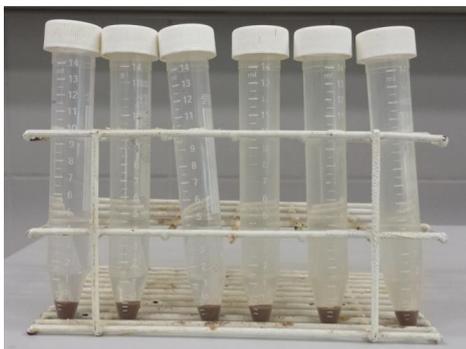


Figura 3: Tubos graduados com fundo cônico utilizados nos ensaios de centrifugação com RETA 2 após serem retirados da centrífuga.

Os dados obtidos foram inseridos em planilhas do Excel para realização dos cálculos conforme proposto por Reali *et al.* (1999).

Os parâmetros escolhidos para a avaliação do efeito das diferentes dosagens de polímero pré-estabelecidas foram:

- concentração da torta de RETA centrifugado obtida;
- tempo de estabilização da concentração de sólidos da torta;
- turbidez do líquido clarificado.

Definindo-se a melhor dosagem de cada polímero e tempo de centrifugação, realizou-se novamente os ensaios para caracterização da água clarificada.

O principal objetivo dos ensaios de centrifugação em bancada de laboratório é determinar o tipo de polímero e sua dosagem para que no RETA desaguado resulte teor de SST superior a 15% (massa/massa) para diminuir custos em sua disposição final (aterros sanitários, por exemplo), pois quanto maior o volume de RETA a ser disposto, mais elevado o custo. Evidentemente, quanto maior o teor de SST no RETA desaguado, menor o volume de torta a ser disposto, devendo-se sempre buscar a menor dosagem de polímero com a qual se obtém o maior teor de SST no RETA desaguado (DI BERNARDO *et al.*, 2011).

Toda metodologia utilizada nos ensaios de centrifugação foi proposta por Reali *et al.* (1999). A elaboração das curvas de centrifugação deve permitir visualizar com clareza a melhor dosagem de polímero, conforme apresentado por Di Bernardo *et al.* (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho estão apresentados nas tabelas e figuras a seguir, seguidos das discussões.

GERAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RETAS

Foram utilizadas várias amostras para avaliar determinados parâmetros na água de estudo que foi utilizada para a realização do ensaio de tratabilidade empregando o coagulante PAC com a finalidade de obter o RETA para os ensaios de adensamento e desaguamento. Algumas dessas características podem ser observadas na Tabela 4.

LOVO, I. A. (2016) realizou a caracterização completa dessa água.



Tabela 4: Características da água de estudo utilizada para geração dos RETAs.

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR
pH	-	6,42
Cor Aparente	uH	3668
Cor Verdadeira	uH	65
Turbidez	uT	999
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	11,9
Carbono Orgânico Total	mg/L C	15,2
Alumínio	mg/L Al	0,01
Sólidos Totais	mg/L	1108

Nota-se que o pH ficou numa faixa de valores comumente encontrada na água bruta presente em Estações de Tratamento de Água e conforme os valores máximos permitidos pelo CONAMA 357/2005 para um rio classe 2 (entre 6,0 e 9,0). A cor aparente está relacionada com a quantidade de partículas suspensas na água. Portanto, neste caso, nota-se que a cor aparente elevada justifica-se pelo alto teor de sólidos presentes na água. A cor verdadeira elevada está diretamente relacionada com o elevado teor de carbono orgânico presente na água de estudo. A turbidez em torno de 1000 uT para essa água simula um período chuvoso, apresentando grande quantidade de sólidos totais, em uma relação sólidos/turbidez em torno de 1. A alcalinidade pode ser considerada baixa e o alumínio está dentro do valor máximo permitido também pelo CONAMA 357/2005 para um rio classe 2 (VMP = 0,1 mg/L).

Após realização dos ensaios em jarreste, elaborou-se um diagrama de coagulação para definição da dosagem a ser utilizada na água de estudo condicionada no reservatório para geração do RETA. O diagrama de coagulação pode ser visualizado na Figura 4.

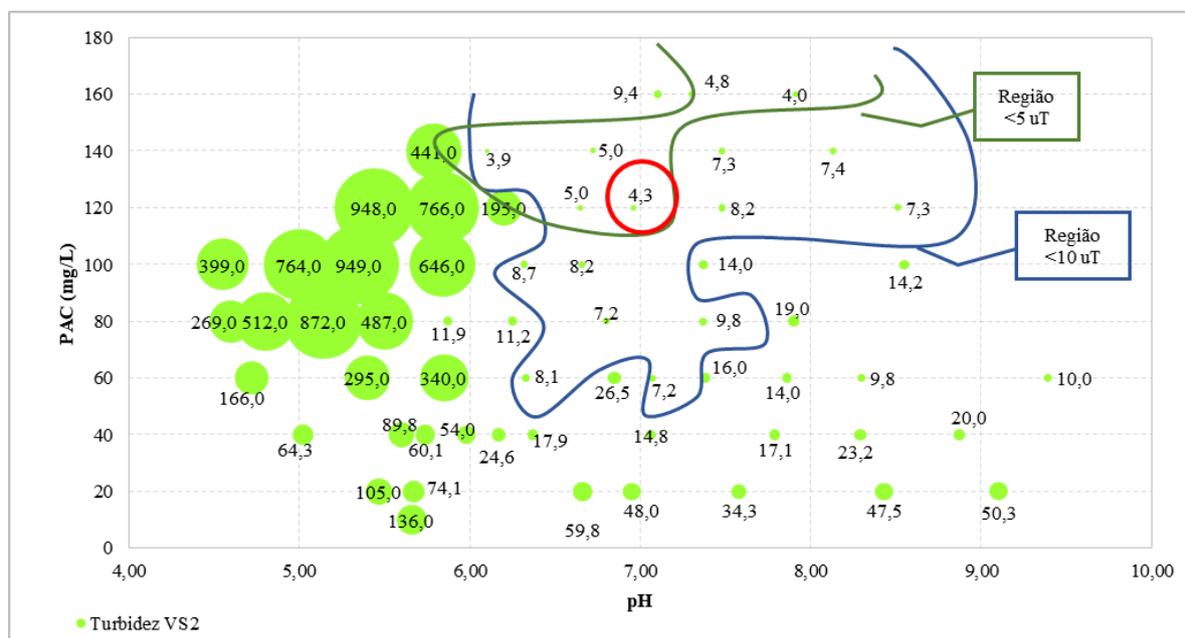


Figura 4: Turbidez remanescente em função da dosagem de PAC e pH de coagulação para a velocidade de sedimentação $V_{s2} = 1,5$ cm/min.

De acordo com o diagrama de coagulação obtido, com a dosagem de PAC de 120 mg/L e pH de coagulação 7,0, a turbidez da água decantada resultou em torno de 4,3 uT para a velocidade de sedimentação $V_{s2} = 1,5$ cm/min e água filtrada com cor aparente em torno de 2,0 uH e turbidez menor que 0,5 uT (LOVO, I. A., 2016). Esta condição foi selecionada para a geração dos RETAs, cujas características encontram-se na Tabela 5.



Tabela 5: Características físico-químicas dos RETAs de estudo.

PARÂMETRO	UNIDADE	RETA 1	RETA 2
pH	-	6,17	6,89
Cor Aparente	uH	5050	151000
Cor Verdadeira	uH	3	11
Turbidez	uT	600	46100
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	26,0	38,3
Carbono Orgânico Total	mg C/L	11,12	901,8
Alumínio	mg Al/L	16	588
Sólidos Totais	mg/L	772	31805
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	147	7885
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	625	23920

* Todas as análises foram feitas em triplicata, portanto, os resultados apresentados na tabela correspondem à média entre os valores obtidos.

A concentração de sólidos suspensos do RETA 1 apresentada na Tabela 5 simula o RETA proveniente da água de lavagem dos filtros (valor usualmente obtido nas ETAs) e do RETA 2 simula o RETA proveniente da etapa de adensamento e da descarga dos decantadores para ser encaminhado para etapa de desaguamento (valor usualmente obtido nas ETAs) (DI BERNARDO, et. al. 2012, 2017).

Na Tabela 5 estão apresentados os dois RETAs utilizados no trabalho, sendo RETA 1 e RETA 2. Nota-se que, em ambos os RETAs, o pH não sofreu muita variação, apresentando-se um pouco mais elevado no RETA 2, o qual possui um teor de sólidos totais maior.

A cor aparente está diretamente relacionada com a quantidade de sólidos suspensos totais presentes nos RETAs, quanto maior o teor de SST, maior a cor aparente.

A cor verdadeira está relacionada com o teor de carbono orgânico total presente nos RETAs. Nota-se que, quanto maior o valor do COT, maior a cor verdadeira.

A turbidez justifica-se pela quantidade de sólidos totais presentes nos RETAs, quanto maior o teor de sólidos, maior será o valor da turbidez.

A alcalinidade está um pouco elevada em ambos os RETAs, sendo maior no RETA 2, que possui uma concentração de sólidos mais elevada.

Nota-se o COT mais elevado no RETA 2, demonstrando, indiretamente, que possui mais matéria orgânica do que o RETA 1, uma vez que seu teor de sólidos é maior.

Fica evidente que o alumínio presente nos RETAs é devido ao coagulante PAC utilizado no presente trabalho, pois quanto maior a concentração de sólidos nos RETAs, maior a quantidade de alumínio.

Por fim, nota-se que no RETA 1 a concentração de SST foi de 0,63 g SST/L e no RETA 2 de 23,9 g SST/L, valores um pouco diferentes do que havia sido pré-estabelecido no trabalho (0,5 e 25,0 g SST/L, respectivamente), mas que foram ocasionados devido a fatores inerentes ao método de medição de SST.

ADENSAMENTO POR GRAVIDADE RETA 1

Os ensaios de adensamento por gravidade foram realizados de acordo com o descrito na metodologia, em provetas devidamente graduadas.

Para o adensamento por gravidade do RETA 1, os polímeros orgânicos não apresentaram resultados satisfatórios e, portanto, não foram considerados.

Com as melhores dosagens obtidas para cada condicionante químico, conforme os critérios pré-estabelecidos na metodologia, foi construído o gráfico da Figura 5 para comparação dos polímeros e, em seguida, realizou-se



a caracterização da água clarificada para as respectivas dosagens, de acordo com o tempo final de adensamento de cada curva de interface de clarificação/adensamento.

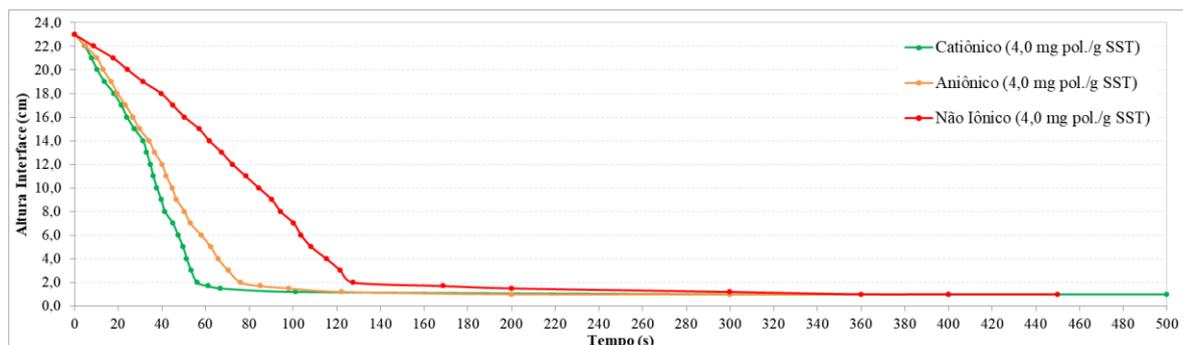


Figura 5: Curvas da interface de clarificação/adensamento por gravidade do RETA 1 para as melhores dosagens dos três polímeros sintéticos estudados.

Com base na Figura 5, nota-se que a melhor dosagem de todos os polímeros foi de 4,0 mg pol./g SST. No entanto, fica evidente que o polímero sintético catiônico se destacou em relação aos demais, com taxa de clarificação maior em relação aos demais.

LOVO, I. A. (2016) apresenta os gráficos com as dosagens de todos os polímeros aplicados no adensamento por gravidade do RETA 1.

A Tabela 6 apresenta algumas características das águas clarificadas após adensamento por gravidade do RETA 1 para o branco e as melhores dosagens de polímeros. LOVO, I. A. (2016) apresenta todos os parâmetros analisados nas águas clarificadas obtidas no adensamento por gravidade do RETA 1.

Tabela 6: Características das águas clarificadas após adensamento por gravidade do RETA 1.

PARÂMETRO	UNIDADE	BRANCO	CATIÔNICO	ANIÔNICO	NÃO IÔNICO
Turbidez	uT	600,0	152,0	643,0	268,0
Alumínio	mg Al/L	16,0	0,13	0,05	0,10
Carbono Orgânico Total	mg C/L	11,1	5,7	11,6	5,8
Sólidos Totais	mg/L	772,0	158,0	334,0	210,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	147,0	66,7	161,3	65,3
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	625,0	91,3	172,7	144,7

De acordo com a Tabela 6, com as dosagens utilizadas no presente trabalho, não foi possível obter um líquido clarificado com turbidez menor que 100 uT.

O alumínio diminuiu na água clarificada com a utilização de polímeros quando comparado com o branco, pois os compostos presentes nesses condicionantes químicos fizeram com que ele ficasse retido no RETA adensado.

Fica evidente o quanto o polímero aniônico não é indicado para esse tipo de resíduo estudado. A adição do polímero ocasionou aumento na turbidez da água clarificada, bem como elevou o teor de COT e a quantidade de sólidos dissolvidos totais.

Sendo assim, a clarificação nos ensaios de adensamento com o RETA 1 só foi possível com o uso de polímeros sintéticos, destacando-se o polímero catiônico, o qual resultou um clarificado com turbidez até quatro vezes menor que os outros, sólidos totais na ordem de duas vezes menores e menor teor de COT.

DESAGUAMENTO POR CENTRIFUGAÇÃO DO RETA 2

As melhores dosagens de cada polímero obtidas conforme os critérios pré-estabelecidos na metodologia, foram inseridas em um único gráfico (Figura 6) para comparação dos polímeros e, em seguida, realizou-se a caracterização da água clarificada para as respectivas dosagens.

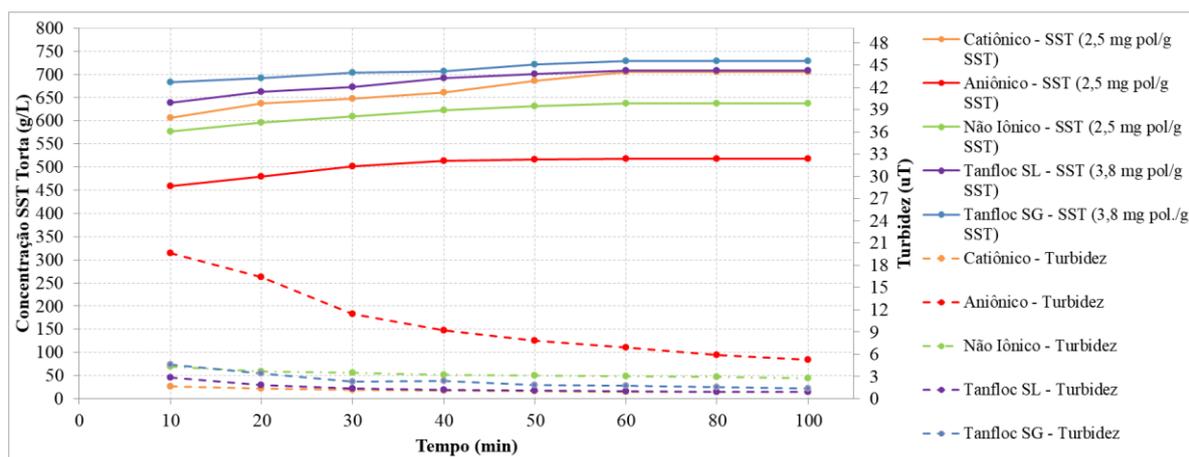


Figura 6: Melhores dosagens de polímeros para desaguamento por centrifugação do RETA 2.

Pode ser observado, na Figura 6, que a concentração da torta resultou, aproximadamente, a mesma a partir dos 60 minutos, com valores de turbidez dos sobrenadantes até 5,3 uT e concentração das tortas entre 515 e 730 g SST/L. Observa-se, também, que a partir de 10 minutos ocorreu aumento significativo da concentração de torta para todos os condicionantes químicos. Sendo assim, os ensaios com as melhores dosagens de polímeros foram repetidos apenas até 60 minutos para posterior caracterização, visto que após esse tempo não há alteração significativa na concentração da torta.

Evidencia-se que a concentração da torta aumenta em função do tempo de centrifugação, assim como a turbidez do sobrenadante diminui.

Em relação aos polímeros sintéticos, o polímero catiônico se destacou, resultando uma torta de RETA com concentração de, aproximadamente, 705 g/L com uma turbidez abaixo de 5,0 uT.

Já em relação aos polímeros orgânicos, o Tanfloc SG se destacou, resultando uma torta de RETA com concentração de, aproximadamente, 730 g/L e turbidez abaixo de 5,0 uT.

Comparando-se os dois polímeros que se destacaram, catiônico e Tanfloc SG, nota-se que o segundo teve uma eficiência um pouco maior do que o primeiro. No entanto, sua dosagem foi maior. Sendo assim, o ideal para escolha entre eles poderia ser tanto o apelo ambiental como a viabilidade econômica. A utilização de polímeros orgânicos faz com que o RETA tenha mais características orgânicas, diferentemente do polímero catiônico, que possui em sua composição produtos como acrilamida, um composto nocivo à saúde humana. Em relação à viabilidade econômica, deve-se fazer um estudo voltado para isso, analisando-se o custo de cada polímero e a quantidade a ser utilizada na ETA.

LOVO, I. A. (2016) apresenta os gráficos com as dosagens de todos os polímeros aplicados no desaguamentos do RETA 2.

A Tabela 7 apresenta algumas características das águas clarificadas após desaguamento por centrifugação do RETA 2 para o branco e as melhores dosagens. LOVO, I. A. (2016) apresenta todos os parâmetros analisados nas águas clarificadas obtidas no desaguamento por centrifugação do RETA 2.



Tabela 7: Características das águas clarificadas após desaguamento por centrifugação do RETA 2.

PARÂMETRO	UNIDADE	BRANCO	CATIÔNICO	ANIÔNICO	NÃO IÔNICO	TANFLOC SL	TANFLOC SG
pH	-	7,28	6,87	6,55	6,60	7,29	7,16
Cor Aparente	uH	37	8	33	5	7	15
Cor Verdadeira	uH	7	7	13	7	5	12
Turbidez	uT	6,53	1,91	3,98	1,09	1,81	1,98
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	29,8	48,3	44,0	40,6	33,4	38,0
Carbono Orgânico Total	mg C/L	3,0	10,0	11,1	9,9	9,2	10,2
Alumínio	mg Al/L	0,06	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01
Sólidos Totais	mg/L	254,0	100,0	104,0	91,0	119,0	103,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	250,7	99,0	103,0	90,0	118,0	102,0
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	3,3	<1	<1	<1	<1	<1

De acordo com a Tabela 7, os valores de pH não sofreram muita alteração entre as águas clarificadas de cada um dos polímeros e o branco, apenas os sintéticos que resultaram um valor um pouco abaixo de 7,0, mostrando que seu uso ocasiona uma redução desse parâmetro. Nas cores aparente e verdadeira, os polímeros aniônico e Tanfloc SG resultaram valores maiores em relação aos demais. O uso de polímeros resultou em valores de turbidez abaixo de 5,0 uT; somente no branco (sem adição de polímero), a turbidez ficou acima de 5,0 uT.

A alcalinidade sofreu aumento significativo em todos os casos em que houve a adição de polímeros.

Destaca-se na Tabela 7 o parâmetro carbono orgânico total (COT). No ensaio em que não houve a adição de polímero (branco), o carbono orgânico total (COT) resultou um valor baixo, em torno de 3,0 mg/L de carbono, enquanto que os ensaios que utilizaram polímero resultaram valores em torno de 10,0 mg/L de carbono. O elevado teor de COT quando comparado com o branco evidencia que os compostos orgânicos presentes nas águas clarificadas foram provenientes da aplicação dos polímeros.

O alumínio diminuiu na água clarificada com a utilização de polímeros quando comparado com o branco, pois os compostos presentes nesses condicionantes químicos fizeram com que ele ficasse retido no RETA centrifugado.

O mesmo vale para os sólidos totais, em que os ensaios em que foram utilizados polímeros resultaram uma água clarificada com um valor menor do que o ensaio que não utilizou.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos e nos parâmetros escolhidos para a avaliação do efeito de diferentes dosagens de polímeros distintos, tanto no adensamento por gravidade do RETA 1 como no desaguamento por centrifugação do RETA 2, fica evidente que, para o presente trabalho, com RETAs com as características apresentadas, apenas polímeros sintéticos foram eficientes no adensamento por gravidade do RETA 1 e polímeros sintéticos e orgânicos foram eficientes no desaguamento por centrifugação do RETA.

Para o adensamento do RETA 1, o polímero catiônico apresentou melhores resultados em comparação com os demais, com geração de água clarificada com menor turbidez, COT, alumínio e sólidos.

Para o desaguamento do RETA 2, os polímeros sintético catiônico e Tanfloc SG se apresentaram mais eficientes. No entanto, a dosagem de Tanfloc SG foi maior do que a dosagem do polímero sintético catiônico.

Destaca-se, tanto no adensamento como no desaguamento, o elevado teor de COT presente nas águas clarificadas quando há o uso de polímeros. O branco dos ensaios de adensamento resultou concentração de COT elevado porque é o RETA proveniente da lavagem de filtros e ainda não passou por nenhuma etapa de tratamento. Quando há a centrifugação do RETA 2 sem adição de polímero (branco), o COT fica baixo, mas



quando há a adição de qualquer polímero (orgânico ou sintético), seu valor resultou de 3 a 4 vezes maior. Esse aumento ocasionado na água clarificada em que foram adicionados polímeros orgânicos é justificável devido a presença de moléculas orgânicas e/ou subprodutos desses condicionantes químicos. No entanto, esse aumento torna-se um parâmetro que merece atenção quando se adicionam polímeros sintéticos, pois são à base de poliacrilamida, composto nocivo à saúde humana, com um valor máximo permitido de 0,5 µg/L pela Portaria de Consolidação nº 05. Essa água clarificada proveniente dos tratamentos de resíduos muitas vezes retorna para o início da ETA ou é lançada nos rios.

Portanto, recomenda-se um estudo mais detalhado para verificar quais compostos orgânicos estão presentes na água clarificada proveniente do tratamento de RETAs, principalmente quando há o uso de polímeros sintéticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, (2005).
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004 – Resíduos Sólidos: classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
3. BRASIL. *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. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília, p. 91, 10 de agosto de 2012.
4. BRASIL. *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília, p. 58-63, 18 de março de 2005.
5. BRASIL. *Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília, p. 89, 16 de maio de 2011.
6. BRASIL. *Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017*. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília, p. 360, 03 de outubro de 2017.
7. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. *Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água*. 1ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, 454 páginas, 2011.
8. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. *Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água*. 1ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, 540 páginas, 2012.
9. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 3ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, 1246 páginas, 2017.
10. LOVO, I. A. *Avaliação do adensamento por gravidade e do desagumamento por centrifugação do lodo gerado pelo tratamento de água*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2016.
11. REALI, M. A. P.; CORDEIRO, J. S.; PATRIZZI, L. J. *Proposição de método para ensaios de remoção de água de lodos por centrifugação*. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.
12. TALMAGE, W.P.; FITCH, E.B.; *Determining Thickener unit areas*, Ind. Eng.Chem, v.47 (1955). In: DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 3ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, p. 1006-1009, 2017.