



## **25 – CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO DO RESÍDUO GERADO EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE CICLO COMPLETO**

**Isadora Alves Lovo Ismail<sup>(1)</sup>**

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

**Angela Di Bernardo Dantas<sup>(2)</sup>**

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

**Luiz Di Bernardo<sup>(3)</sup>**

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

**Mateus Ancheschi Roveda Guimarães<sup>(4)</sup>**

Mestrando em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos e Engenheiro Químico pela Universidade de Ribeirão Preto.

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

### **RESUMO**

Para a água se tornar própria para consumo humano, é necessária a realização de seu tratamento. No Brasil, a tecnologia mais utilizada é conhecida como Ciclo Completo. No entanto, nessa tecnologia, há a geração de uma quantidade elevada de resíduos sólidos que necessitam de tratamento adequado para posterior disposição final no ambiente. Um dos maiores problemas das estações de tratamento de água é como tratar esses resíduos, pois quando lançados em corpos d'água sem o devido tratamento, aumentam a concentração de metais e diminuem a luminosidade nos meios, podendo ocasionar a morte de inúmeros seres vivos e intoxicar toda a fauna e flora. Entre as tecnologias utilizadas para o tratamento desses resíduos podem ser destacadas o adensamento por gravidade seguido do desaguamento por centrifugação, ambas com a aplicação de condicionantes químicos, como os polímeros, para aumentar a concentração dos resíduos sólidos. Ao final do tratamento adequado dos resíduos de estações de tratamento de água (RETAs), eles deverão ser dispostos em locais permitidos conforme a legislação vigente (NBR 10004) e a água clarificada resultante desse processo poderá ser lançada em corpos d'água se atender, também, a legislação vigente (CONAMA nº 357 e 430).

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos de ETAs, tratamento de água, condicionantes químicos.

### **INTRODUÇÃO**

A tecnologia de tratamento utilizada em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) depende principalmente de fatores relacionados à qualidade da água bruta. Para cada tipo de tecnologia utilizada, há a geração de resíduos de ETA com características diferentes.

O maior problema ambiental enfrentado pelas ETAs está relacionado com os resíduos gerados pelo tratamento da água provenientes das descargas do decantador ou flotor e da lavagem dos filtros. Esses resíduos possuem compostos químicos que são prejudiciais ao meio ambiente e, portanto, necessitam de tratamento para posterior disposição final.

Esses resíduos, quando lançados nos cursos d'água sem o devido tratamento, contribuem para aumentar a concentração de metais e diminuir significativamente a luminosidade dos meios, além de serem tóxicos para diversos organismos aquáticos, os quais são de grande importância na alimentação dos peixes (DI BERNARDO *et al.*, 2011).

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 flotores), método de lavagem dos filtros, habilidade dos operadores, automação de processos e operações na ETA e reuso da água recuperada no sistema de



tratamento influenciam na quantidade e na qualidade dos resíduos produzidos em uma ETA (DI BERNARDO *et al.*, 2011).

Sendo assim, os resíduos devem passar por algum tipo de tratamento para posterior disposição adequada dos mesmos e, além disso, é proibido o lançamento desses resíduos em cursos d'água.

Atualmente existem diversas tecnologias de tratamento dos resíduos de ETAs envolvendo adensamento e posterior desaguamento e cada uma delas possui suas características. Entre as tecnologias utilizadas para o tratamento desses resíduos podem ser destacadas o adensamento por gravidade seguido do desaguamento por centrifugação, ambas com a aplicação de condicionantes químicos, como os polímeros, para aumentar a concentração dos resíduos sólidos.

Ao final do tratamento adequado dos resíduos de estações de tratamento de água (RETAs), eles deverão ser dispostos em locais permitidos conforme a legislação vigente (NBR 10004) e a água clarificada resultante desse processo poderá ser lançada em corpos d'água se atender, também, a legislação vigente (CONAMA nº 357 e 430).

## **OBJETIVOS**

Gerar e caracterizar os resíduos sólidos gerados em uma estação de tratamento de água de ciclo completo e, em seguida, utilizar diferentes condicionantes químicos para seu tratamento nas etapas de adensamento por gravidade e desaguamento por centrifugação.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Primeiramente, definiu-se que a água de estudo a ser utilizada seria preparada com a água do poço da Universidade de Ribeirão Preto (desclorada com a adição de tiosulfato de sódio) juntamente com sedimento coletado no fundo do Rio Pardo na cidade de Ribeirão Preto.

Esse sedimento coletado foi disposto em uma caixa para secagem e, posteriormente, peneirado. Em seguida, foi hidratado com a água desclorada para preparação de uma água bruta com turbidez próxima de 1000 uT.

Para geração dos resíduos sólidos foi adicionado coagulante PAC (Cloreto de Polialumínio) para simular a etapa de coagulação de uma ETA de ciclo completo, em dosagem pré-definida em ensaios de jarreste. Após etapa de coagulação, a água permaneceu em repouso por três horas para sedimentação dos sólidos suspensos. Decorrido esse tempo, o sobrenadante da caixa foi coletado e o resíduo permaneceu no fundo da caixa, sendo, em seguida, transferido para outro recipiente.

A partir do resíduo obtido, realizou-se a concentração para que fossem obtidas duas concentrações distintas para simular tanto a água de lavagem dos filtros (teor de sólidos em torno de 0,5 g SST/L) como o sedimento da descarga de fundo dos decantadores (teor de sólidos em torno de 25,0 g SST/L).

Geralmente, a água de lavagem dos filtros, por possuir menor concentração de sólidos, passa primeiramente pela etapa de adensamento por gravidade para, posteriormente, ser encaminhada para o desaguamento por centrifugação. Já o sedimento da descarga de fundo dos decantadores pode ser encaminhado diretamente para etapa de desaguamento por centrifugação por possuir um teor de sólidos mais elevado.

Nas etapas de adensamento por gravidade e desaguamento por centrifugação foram utilizados diferentes polímeros orgânicos sintéticos como condicionantes químicos, sendo catiônico, aniônico e não iônico, em diferentes dosagens, com concentração de 1,0 g/L.

Os ensaios de adensamento por gravidade foram conduzidos em colunas de sedimentação devidamente graduadas (provetas) com dosagens de polímeros utilizadas de 0,4; 0,8; 2,0 e 4,0 mg pol/g SST.

Os ensaios de desaguamento por centrifugação foram realizados em uma centrífuga de bancada da marca FANEM Excelsa Baby II modelo 206-R, com rotação de 3600 rpm com dosagens de polímeros utilizadas de 1,8; 2,6; 3,5 e 4,4 mg pol/g SST.



## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta todos os parâmetros avaliados na água de estudo que foi utilizada para a realização do ensaio de tratabilidade empregando o coagulante PAC com a finalidade de obter o resíduo para os ensaios de adensamento e desaguamento.

**Tabela 1: Características da água de estudo utilizada para geração dos resíduos.**

Parâmetro	Unidade	Valor
pH	-	6,74
Cor Aparente	uH	3353
Cor Verdadeira	uH	62
Turbidez	uT	998
Condutividade Elétrica	µs/cm	62
Alcalinidade	mg/L CaCO <sub>3</sub>	10,5
Carbono Orgânico Total	mg/L C	15,1
Ferro Dissolvido	mg/L Fe	1,06
Manganês Dissolvido	mg/L Mn	<0,01
Alumínio	mg/L Al	0,01
Sólidos Totais	mg/L	981

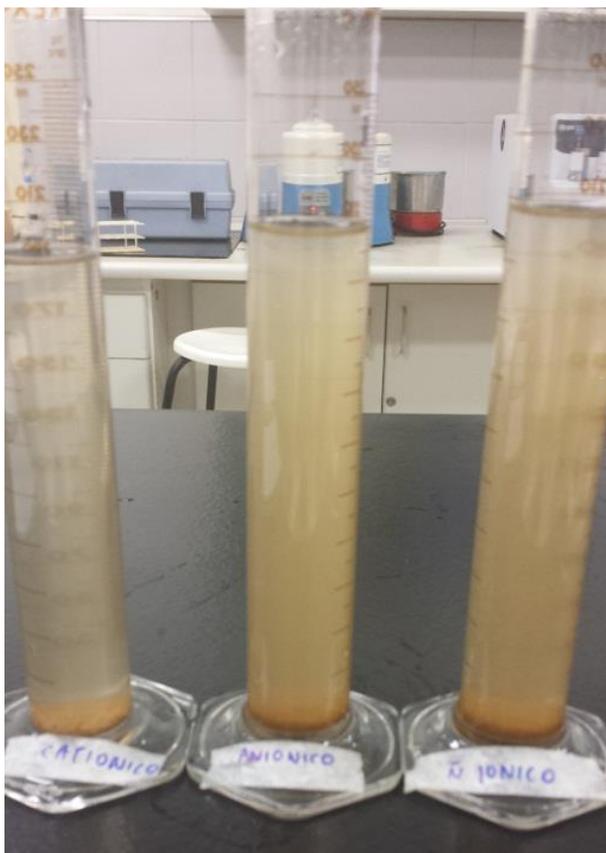
Os ensaios em jarreste foram realizados para definição das condições de coagulação.

As condições de coagulação (dosagem de PAC de 120 mg/L e pH de coagulação em torno de 7,0) foram aplicadas na água de estudo condicionada na caixa d'água para coagulação e geração do resíduo, o qual foi caracterizado segundo os parâmetros apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Características físico-químicas do resíduo de estudo.**

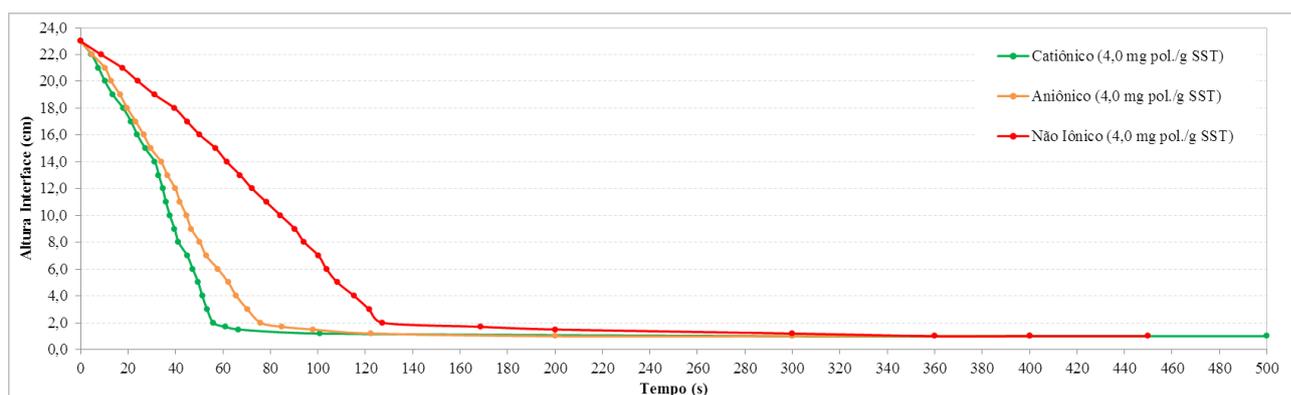
Parâmetro	Unidade	Resíduo 0,5	Resíduo 25,0
pH	-	6,17	6,89
Cor Aparente	uH	5050	151000
Cor Verdadeira	uH	3	11
Turbidez	uT	600	46100
Condutividade Elétrica	µs/cm	55,7	161,7
Alcalinidade	mg/L CaCO <sub>3</sub>	26,0	38,3
Carbono Orgânico Total	mg/L C	11,12	901,8
Ferro Total	mg/L Fe	0,58	2280
Manganês Total	mg/L Mn	<0,01	530
Alumínio	mg/L Al	16	588
Ferro Dissolvido	mg/L Fe	<0,01	<0,01
Manganês Dissolvido	mg/L Mn	<0,01	<0,01
Sólidos Totais	mg/L	772	31805
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	147	7885
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	625	23920

Os ensaios de adensamento por gravidade podem ser vistos na Figura 1.



**Figura 1:** Fotos dos ensaios de adensamento por gravidade em provetas com lodo de 0,63 g SST/L com adição de diferentes polímeros.

Os resultados obtidos para os ensaios de adensamento por gravidade para concentração de resíduo de 0,63 g SST/L com os polímeros catiônico, aniônico e não iônico foram inseridos em gráfico e as melhores dosagens estão apresentadas na Figura 2.



**Figura 2:** Curvas da interface de clarificação/adensamento do lodo de 0,63 g SST/L para as melhores dosagens de polímeros.

A Tabela 3 apresenta a algumas características do sobrenadante do resíduo adensado com concentração inicial de 0,63 g SST/L.

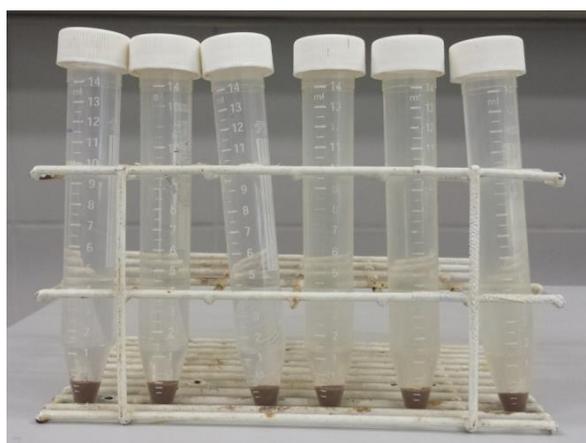
**Tabela 1: Características do sobrenadante do resíduo adensado com concentração inicial de 0,63 g SST/L.**

Parâmetro	Unidade	Catiônico	Aniônico	Não Iônico
Turbidez	uT	152,0	643,0	268,0
Ferro Total	mg/L Fe	0,09	0,12	0,13
Manganês Total	mg/L Mn	<0,01	<0,01	<0,01
Alumínio Total	mg/L Al	0,13	0,05	0,10
Carbono Orgânico Total	mg/L C	5,7	11,6	5,8
Sólidos Totais	mg/L	158,0	334,0	210,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	66,7	161,3	65,3
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	91,3	172,7	144,7

Os ensaios de centrifugação podem ser vistos nas Figuras 3 e 4.

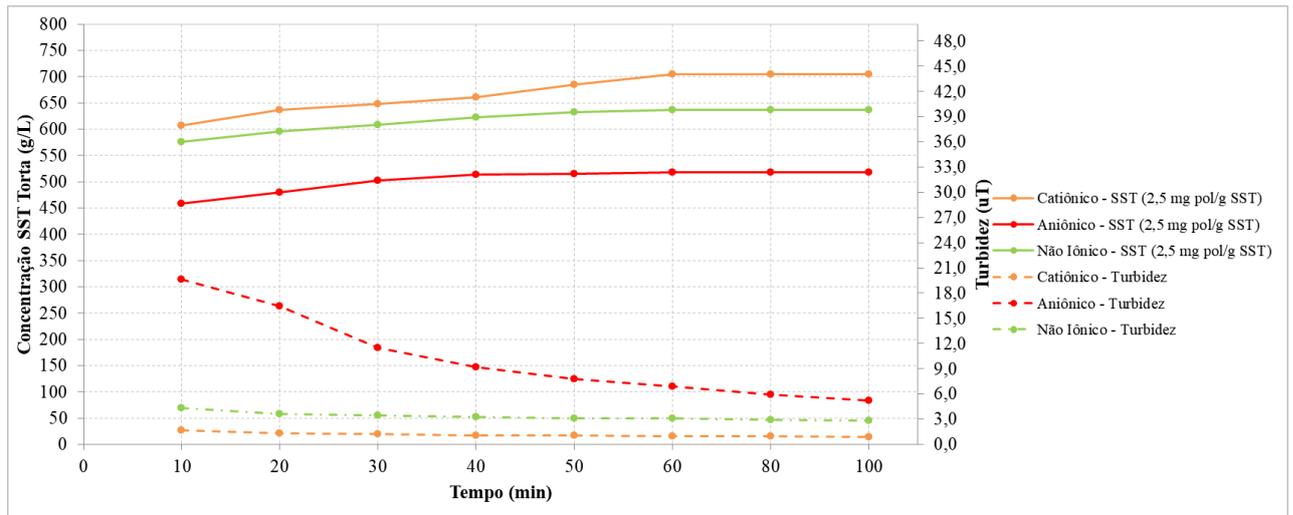


**Figura 3: Preparação dos tubos graduados com fundo cônico utilizados nos ensaios de centrifugação com lodo e polímero para realização dos ensaios de desaguamento em centrífuga.**



**Figura 4: Tubos graduados com fundo cônico utilizados nos ensaios de centrifugação com lodo após serem retirados da centrífuga.**

Os resultados obtidos para os ensaios de desaguamento por centrifugação para concentração de resíduo de 23,9 g SST/L com os polímeros catiônico, aniônico e não iônico foram inseridos em gráfico e as melhores dosagens estão apresentadas na Figura 5.



**Figura 5: Melhores dosagens de polímeros para centrifugação do lodo de 23,9 g SST/L.**

A Tabela 4 apresenta os parâmetros obtidos no desaguamento por centrifugação e a caracterização do sobrenadante para as melhores dosagens.

**Tabela 2: Características dos sobrenadantes do lodo centrifugado com concentração inicial de 23,9 g SST/L após 60 minutos de centrifugação e concentração final da torta para as melhores dosagens de polímeros.**

Parâmetro	Unidade	Branco	Catiônico	Aniônico	Não Iônico
pH	-	7,28	6,87	6,55	6,60
Cor Aparente	uH	37	8	33	5
Cor Verdadeira	uH	7	7	13	7
Turbidez	uT	6,53	1,91	3,98	1,09
Condutividade Elétrica	µs/cm	165,2	141,5	141,8	140,6
Alcalinidade	mg /L CaCO <sub>3</sub>	29,8	48,3	44,0	40,6
Carbono Orgânico Total	mg/L C	3,0	10,0	11,1	9,9
Ferro Total	mg/L Fe	0,06	<0,01	0,02	<0,01
Manganês Total	mg/L Mn	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alumínio Total	mg/L Al	0,06	<0,01	0,01	<0,01
Sólidos Totais	mg/L	254,0	100,0	104,0	91,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	250,7	99,0	103,0	90,0
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	3,3	<1	<1	<1
Concentração Final da Torta	g SST/L	650,1	705,0	517,5	637,1

## CONCLUSÕES

Nos ensaios de adensamento por gravidade as melhores dosagens de polímeros sempre foram as mais elevadas. Portanto, para esse tipo de resíduo estudado, maiores dosagens de polímeros geraram resultados mais satisfatórios.

Foi possível a remoção da turbidez em 75% e de 80% dos sólidos totais do resíduo de 0,63 g SST/L nos ensaios de adensamento por gravidade.

A remoção de turbidez e cor aparente chegou a 99,9%, a cor verdadeira a 55% e dos sólidos totais a 99% do resíduo de 23,9 g SST/L nos ensaios de desaguamento em centrífuga.



Em todos os ensaios de desaguamento em centrífuga observou-se um valor elevado de carbono orgânico total (COT) quando comparado aos ensaios em que não foi utilizado nenhum tipo de polímero.

Recomenda-se estudo adicional para verificar os compostos responsáveis pelo elevado valor de Carbono Orgânico Total (COT) nos ensaios de desaguamento por centrifugação e dosagens mais elevadas de polímeros nos ensaios de adensamento por gravidade para verificar a possibilidade de maior remoção de turbidez do sobrenadante resultante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DI BERNARDO, A. S.; DI BERNARDO, L.; FROLLINI, E. Influência do Tempo de Aplicação de Polímeros na Eficiência da Flocculação/Sedimentação. 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000.
2. 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.
3. 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.
4. DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. 1ª Edição. v. 1. São Carlos: Editora LDiBe, 878 páginas, 2008.
5. DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. 1ª Edição. v. 2. São Carlos: Editora LDiBe, 628 páginas, 2008.
6. FERREIRA FILHO, S. S., ALÉM SOBRINHO, P. Considerações sobre o Tratamento de Lodo de Estações de Tratamento de Água. 20º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Rio de Janeiro, 1998.
7. GUIMARÃES, G. C. Estudo do Adensamento e Desidratação dos Resíduos Gerados na ETA-Brasília. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
8. PATRIZZI, L. J.; REALI, M. A. P.; CORDEIRO, J. S. Redução de volume de lodo gerado em decantadores de estações de tratamento de água, utilizando espessamento por flotação e por gravidade. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.
9. PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, flocculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.
10. 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.