

TRATAMENTO DE LODO PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COM ASSOCIAÇÃO DE DOIS POLÍMEROS

Larissa dos Reis Monteiro ⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC / CNPq na área de engenharias, tendo como estudo o aproveitamento de lodo dos decantadores de Estação de Tratamento de Águas (ETAs).

Amanda Bessa Freitas ⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Uberlândia. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC / CNPq na área de Ciências Exatas e da Terra (2020), desenvolvendo estudo sobre síntese de coagulante natural a partir de resíduos agrícolas para aplicação no tratamento de efluente industrial no Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluentes (LAETE).

Lara Rocha Silva ⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Uberlândia.

Regilaine da Cunha Duarte Garcia ⁽⁴⁾

Coordenadora da Estação de Tratamento de Água Bom Jardim - DMAE de Uberlândia, graduada em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Especialista em Gestão Ambiental pela faculdade Católica e Mestre em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental pela UFU.

Rejane Nunes Cerqueira ⁽⁵⁾

Gerente de Tratamento de Água do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) de Uberlândia, graduada em biologia pela UNITRI Centro Universitário do Triângulo e especialista em Gestão Ambiental pela Faculdade Católica.

Endereço⁽¹⁾: Rua Flávio de Oliveira, 328 -Bairro Jardim Ipanema - Uberlândia - Minas Gerais - 38406-223 - Brasil - (34) 99249-6632 - (34) 3222-7574 - larirmonteiro@gmail.com.

RESUMO

As estações de tratamento de água de tipo convencional (ETAs) são operadas em etapas, sendo elas, coagulação, floculação, decantação e filtração. Dentre os resíduos gerados dessas, tem-se o lodo proveniente dos decantadores cuja quantidade gerada é em função da demanda de produção e tratamento de água que englobam a qualidade da água bruta, dosagem de coagulante e suas características. Para redução de volume do lodo, os principais processos executados estão presentes em Unidades de Tratamento de Resíduos (UTR). O presente trabalho teve como objetivo encontrar as melhores dosagens de polímeros aniônicos e catiônicos que proporcionariam os maiores volume de lodo adensado, bem como analisar as características da água removida do lodo, a fim de conseguir uma melhor qualidade na água que será retornada ao início de processo de tratamento na ETA. Os ensaios desenvolvidos mostraram que o uso de dois polímeros em conjunto, aniônico e catiônico nas concentrações de 2 e 4 ppm para cada um, respectivamente, provocaram melhor adensamento do lodo.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Lodo, Polímeros, Tratamento de Água.

INTRODUÇÃO

Nas estações de tratamento de água (ETAs) de ciclo completo, tem-se como primeira etapa a captação da água bruta em corpos hídricos para que em seguida seja submetida aos processos de tratamento a partir da adição dos reagentes químicos, ou seja, a coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. (RICHTER, 2009).

No município de Uberlândia, Minas Gerais, há três estações de tratamento de água que estão sob administração do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), sendo elas, ETA Bom Jardim (35 anos de operação), ETA Sucupira (51 anos de operação) e a nova ETA Capim Branco que está em fase de pré-operação, essa terá capacidade de tratamento inicial de 2000 L/s, podendo em fase futura atingir 6000 L/s de acordo com a necessidade da demanda. A ETA Capim Branco já possui a Unidade de Tratamento de Resíduos implantada sendo este o local de aplicação do objeto de estudo. Sendo assim, é possível afirmar que todas estas são produtoras de toneladas de resíduos oriundos do processo de tratamento de água diário.

No processo de tratamento de água são comumente utilizados os coagulantes (cloreto de polialumínio, sulfato de alumínio, cloreto férrico, etc) dentre as opções de coagulante, o sulfato de alumínio é o mais utilizado, por ser mais acessível e de baixo custo (SANTOS; FILHO; MAN- ZATO, 2018), como alcalinizantes (hidróxido de cálcio, óxido de cálcio, hidróxidos de sódio, etc) e para a pré-cloração (hipoclorito de sódio, dióxido de cloro, dentre outros) agente oxidante e cloreto de polialumínio como agente coagulante, podendo ou não ser uma opção por partes dos operadores um agente floculante. O município de Uberlândia utiliza o Cloreto de polialumínio (PAC) como agente coagulante, o Hidróxido de cálcio como alcalinizante e o hipoclorito de sódio como pré-oxidante, em virtude da qualidade de água bruta não se utiliza agentes floculantes (polímeros).

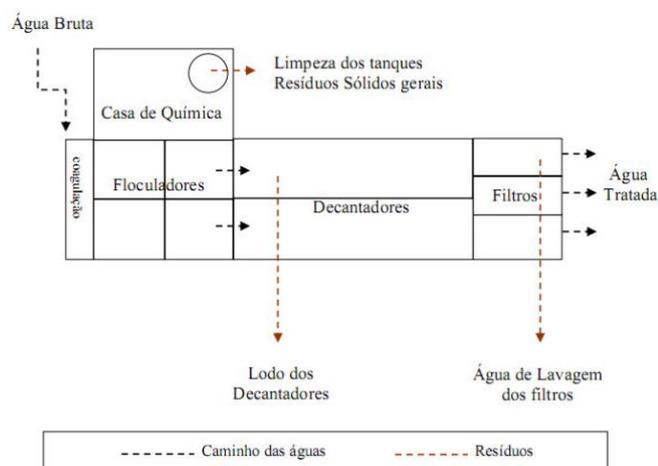


Figura 1: Exemplo de pontos de geração de resíduos em uma ETA convencional.
Fonte: FONTANA, 2004

Conforme a figura 1 demonstra os resíduos gerados em uma ETA são provenientes tanto dos decantadores, local de maior acúmulo de lodo, assim como nas águas de lavagem dos filtros, entretanto em menor quantidade. No Brasil, o lançamento de forma irregular de resíduos de ETA e ETE tem sido frequentemente praticada por diferentes setores de tratamento de água e efluente, bem como indústrias. (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; SANTOS; FILHO; MANZATO, 2018; IWAKI, 2018). Contudo, uma vez que o lodo é classificado como resíduo sólido, segundo a ABNT NBR 10.004, infere-se que este tipo de ação não está de acordo com os preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo considerado crime ambiental. Deste modo, deve-se aplicar o tratamento do lodo produzido, tanto nos decantadores quanto na lavagem dos filtros da ETA.

O volume de lodo produzido em uma ETA é consequência, principalmente, das características da água bruta e sua forma de operação, além das concentrações e especificações do coagulante (SILVA JUNIOR, 2003). Uma opção para o tratamento do lodo são as Unidades de tratamento de Resíduos (UTR), que usualmente utilizam metodologia de decantação adensamento, secagem e equalização, além da adição de polímeros específicos durante o processo que auxilia a desidratação do lodo, com objetivo de reduzir o seu volume e retirar o sobrenadante do mesmo a fim de destiná-lo a recirculação (DI BERNARDO et al., 2011).

OBJETIVOS

Identificar a melhor dosagem dos polímeros a serem utilizados para o tratamento do lodo gerado em uma estação de tratamento de água de ciclo completo, a fim de simular, em escala de bancada, a etapa de adensamento por gravidade, para aplicação na Unidade de Tratamento de Resíduos da ETA Capim Branco, recém implantada. Além disso, demonstrar a eficiência no processo quando se utiliza o polímero aniônico e catiônico associados, aplicados em diferentes etapas do processo de tratamento do lodo dentro da UTR.

METODOLOGIA

Primeiramente, definiu-se o lodo como objeto de estudo desta investigação experimental que foi desenvolvida em duas fases: I) Amostragem de lodo bruto; II) Ensaios de adensamento por gravidade e análises dos parâmetros.

O lodo utilizado é proveniente dos decantadores da Estação de Tratamento de Água Bom Jardim - DMAE -, que tem como capacidade de tratamento 1600 L/s. No processo convencional de tratamento de água da ETA Bom Jardim, são utilizados produtos químicos, como Hipoclorito de sódio como agente oxidante, Hidróxido de cálcio em suspensão como agente alcalinizante, Cloreto de Polialumínio como agente coagulante e Ácido fluossilícico para dosagem do íon fluoreto.

I) Amostragem do Lodo

As amostras de lodo foram coletadas na saída dos decantadores após 24 horas de detenção, em galões de 25L, antes das descargas serem feitas, de segunda a sexta-feira no período da manhã por duas semanas consecutivas. Utilizou-se o lodo da ETA Bom Jardim, em virtude da ETA Capim Branco estar em pré- operação e não ser possível coletar o lodo da mesma no momento.

A caracterização do lodo foi elaborada com base nas análises dos parâmetros de turbidez, cor e pH, a partir de uma amostra de 100mL com 5% de lodo bruto, além da densidade calculada a partir do volume de 100ml do lodo bruto. Desta forma, por se tratar de um efluente, houve algumas variações de suas características conforme Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização do lodo bruto

Lodo Bruto	
Massa (g)	98,9637 a 99,4862
Volume (mL)	100
Densidade (g/mL)	0,9896 a 0,9956
5% de lodo	
Turbidez (NTU)	28,8 a 53,3
Cor (UC)	190 a 409
pH	6,82 a 7,08

II) Ensaio de adensamento, por gravidade e análise dos parâmetros

Foram realizados ensaios em Jar Test, com capacidade de seis jarros, onde adicionou-se 1 L de efluente para cada jarro, visando a coagulação e floculação através da utilização de polímeros. As condições dos ensaios foram:

- Homogeneização: Rotação de 100 (G^{-1}) e tempo 10 s;
- Agitação rápida: Rotação de 500 (G^{-1}) e tempo de 30 s.

Os polímeros foram usados nos experimentos através de uma solução com concentração 1,0g/L, cujas características estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Solução de polímero e suas características

Polímero	Catiônico SUPERFLOC 8896	Aniônico SUPERFLOC 8566
Nome Químico do Ingrediente Ativo (IUPAC)	Poliacrilamida catiônica	Poliacrilamida aniônica
Nome Comum do Ingrediente Ativo	Poliacrilamida catiônica	Poliacrilamida aniônica
Nº CAS do Ingrediente Ativo	25085-02-3	25085-02-3
Estado Físico	Sólido	Sólido
Cor	Branco	Branco

Peso Molecular	Alto	Muito Alto
Aspecto	Sólido granulado branco	Pó granulado
Carga Catiônica Relativa	Média	Média
Densidade	Aproximadamente 0,85kg/L	Aproximadamente 0,95kg/L
Concentração do Produto	Mínimo de 90% de poliacrilamida catiônica	Mínimo de 90% de poliacrilamida aniônica
Dosagem Máxima de Uso (DMU)	-	1mg/L

Efetuaram-se três ensaios diferentes, descritos na Tabela 3, sendo, respectivamente, com os polímeros Aniônico, Catiônico e a junção destes (Aniônico + Catiônico). Cada um dos três ensaios desenvolvidos ocorreu em triplicata e em diferentes dosagens (2, 4, 6, 8 e 10 ppm). Para cada ensaio, a análise de uma amostra em branco, isto é, sem adição de polímero, também foi realizada.

Tabela 3: Melhores concentrações encontradas do polímero

	Jarro 1	Jarro 2	Jarro 3	Jarro 4	Jarro 5	Jarro 6
Dosagem do Polímero (ppm)						
Ensaio 01 Aniônico	Branco 0	*2	*4	6	8	10
Ensaio 02 Catiônico	Branco 0	*2	*4	6	8	10
Ensaio 03 Aniônico	Branco	*2	*4	6	8	10
+ Catiônico	0	2	2	2	2	2

***Proveta com menor volume de lodo obtido**

Os ensaios 01 e 02 foram executados de forma semelhante. Neles, inicialmente, fez-se a adição do polímero, seguido da agitação no Jar Test, e, logo após, esses foram conduzidos para a coluna de sedimentação (proveta graduada), visando simular o adensamento por gravidade. Os ensaios permaneceram em repouso por 1 hora, realizando-se a leitura do volume de lodo adensado a cada dez minutos, e, por fim, após a conclusão do tempo de repouso, executou-se a coleta de 50 mL do sobrenadante de cada ensaio, em suas respectivas dosagens, para avaliar as características através dos parâmetros turbidez e cor.

O ensaio 03 foi desenvolvido inicialmente com o uso do polímero Aniônico, conforme a mesma metodologia utilizada nos ensaios 01 e 02, porém, após o tempo de repouso foi realizada a retirada do sobrenadante e em seguida o lodo adensado foi reencaminhado para o Jar Test, onde adicionou-se o polímero Catiônico com a melhor concentração encontrada no ensaio 2. Isso com o intuito de fazer com que na escala real (UTR), a aplicação do polímero aniônico ocorra antes da entrada do lodo no adensador, para que em seguida ele seja bombeado para a centrifuga, e nesse caminho antes de chegar na centrifuga seja adicionado o polímero catiônico.

Após a conclusão das etapas desenvolvidas em cada ensaio, foi realizado teste de coagulação a fim de verificar se havia excesso de polímero no sobrenadante. Para tal, coletou-se o sobrenadante (10ml) de todas as provetas dos ensaios, separadamente, e adicionou esses em uma nova amostra de 200 ml de lodo bruto. Este teste foi feito com o intuito de representar 5% de sobrenadante que irá retornar para o processo de tratamento de água.

RESULTADOS OBTIDOS

Com o objetivo de comparar os resultados obtidos com os polímeros e as suas diferentes dosagens, a figura 2 ilustra o volume de lodo formado bem como as medidas de turbidez e cor final do sobrenadante que foram coletadas e analisadas após 1 hora de decantação nas provetas graduadas.

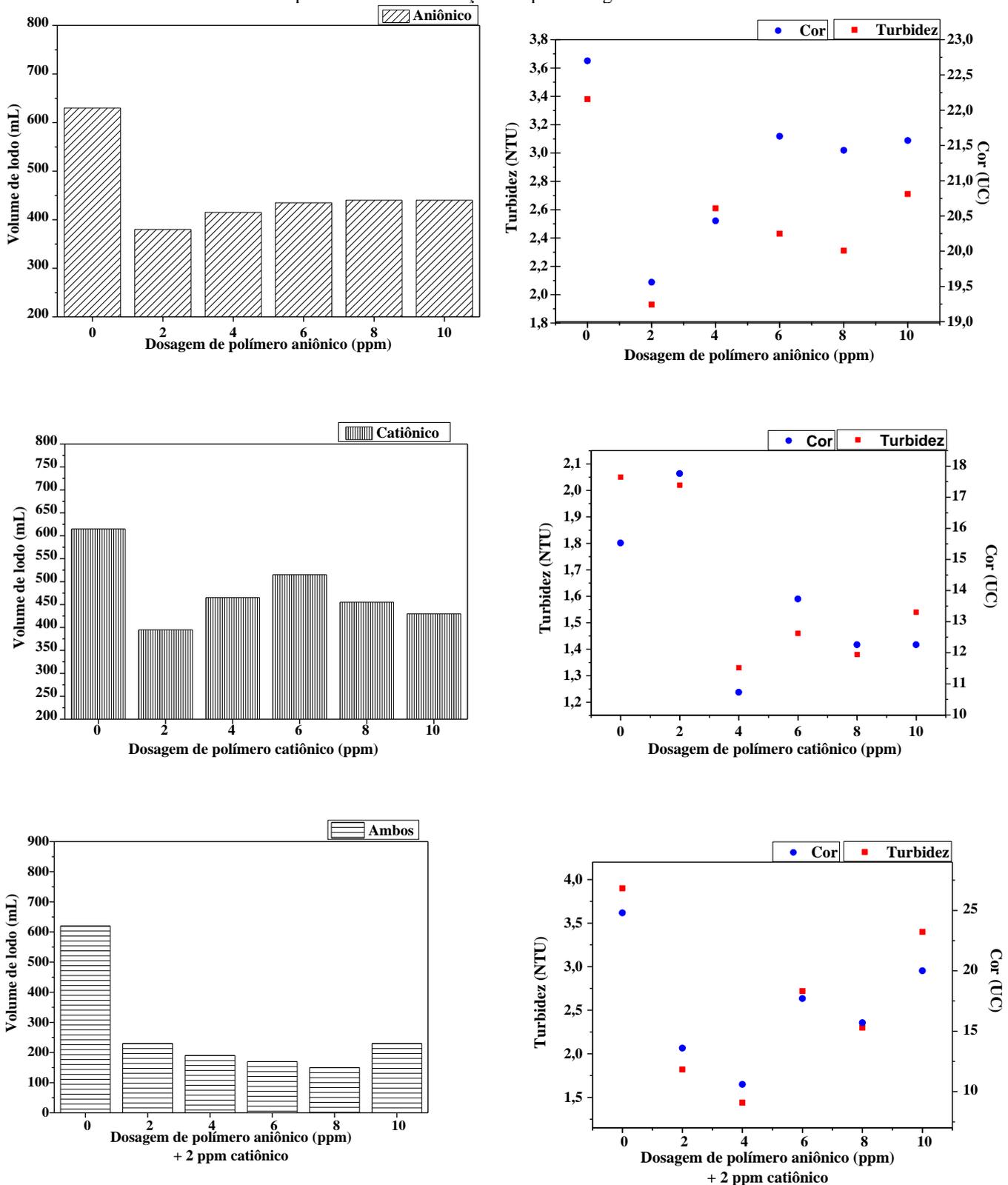


Figura 2: Aplicação dos polímeros e seus resultados quanto ao volume de lodo, turbidez e cor final.

Através da figura 2, é possível notar que os melhores resultados obtidos referente ao volume de lodo formado foram com 2 e 4 ppm para os dois polímeros atuando sozinhos. Quanto à turbidez e a cor os melhores resultados obtidos foram com o polímero catiônico, porém será possível ver a seguir através da figura 4 que o lodo não adensou por completo, ficando parte de flocos dispersos no sobrenadante. Desta forma, o polímero catiônico não satisfaz os resultados esperados, visto que aplicando em uma UTR o lodo disperso no sobrenadante irá atrapalhar a clarificação do mesmo.

Porém ao analisar os resultados obtidos pelo ensaio 3 onde foi utilizado o polímero aniônico associado com o catiônico é notório que o volume de lodo formado é menor do que os casos em que se utilizou apenas um polímero, ademais a capacidade da redução do volume de lodo se mantém com poucas alterações, logo não há necessidade aumento nas concentrações dos polímeros, sendo assim, é possível determinar que a melhor dosagem foi a associação de 2 ppm de aniônico + 2 ppm de catiônico e também de 4 ppm de aniônico + 2 ppm de catiônico, partindo do ponto de vista tanto econômico quanto de eficiência do adensamento. Por mais que os parâmetros de turbidez e cor estejam maiores no ensaio 3, estes ainda se enquadram na faixa desejada para o tratamento da água bruta em uma ETA de ciclo completo (tratamento de tipo convencional)

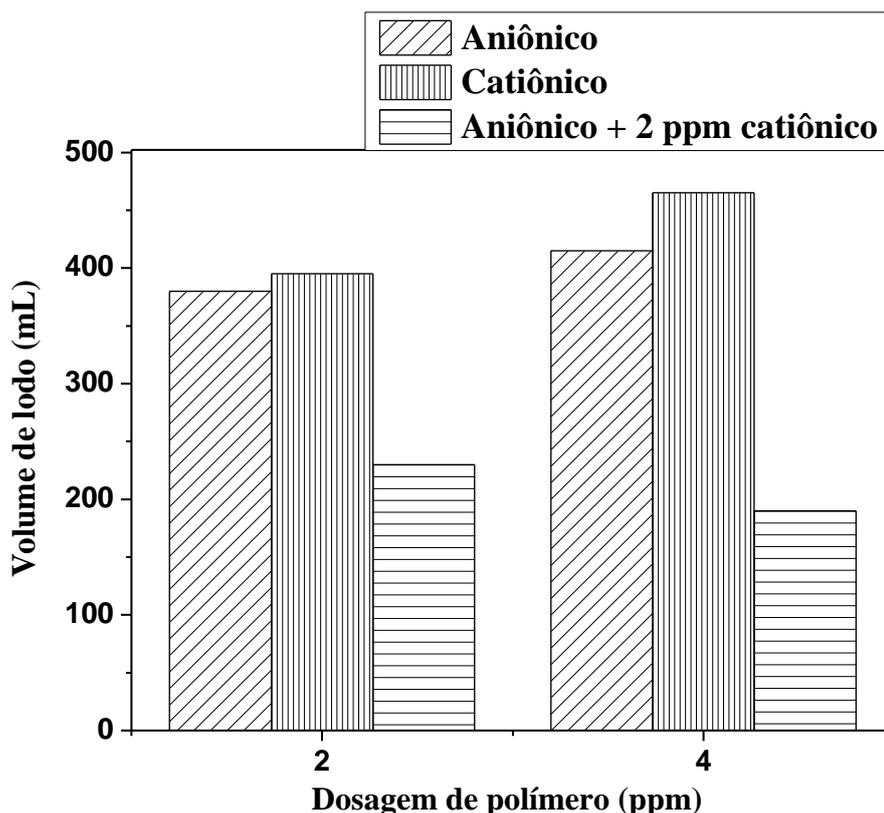


Figura 3: Comparação do volume de lodo obtido a partir dos melhores pontos de dosagem dos polímeros

Logo, partindo do princípio em que se deseja tanto reduzir o volume de lodo quanto fazer com que o sobrenadante seja passível a recirculação na ETA, com os parâmetros dentro do permitido, a utilização dos polímeros aniônico e catiônico associados mostraram maior eficiência nos dois melhores pontos de dosagem, conforme figura 3.

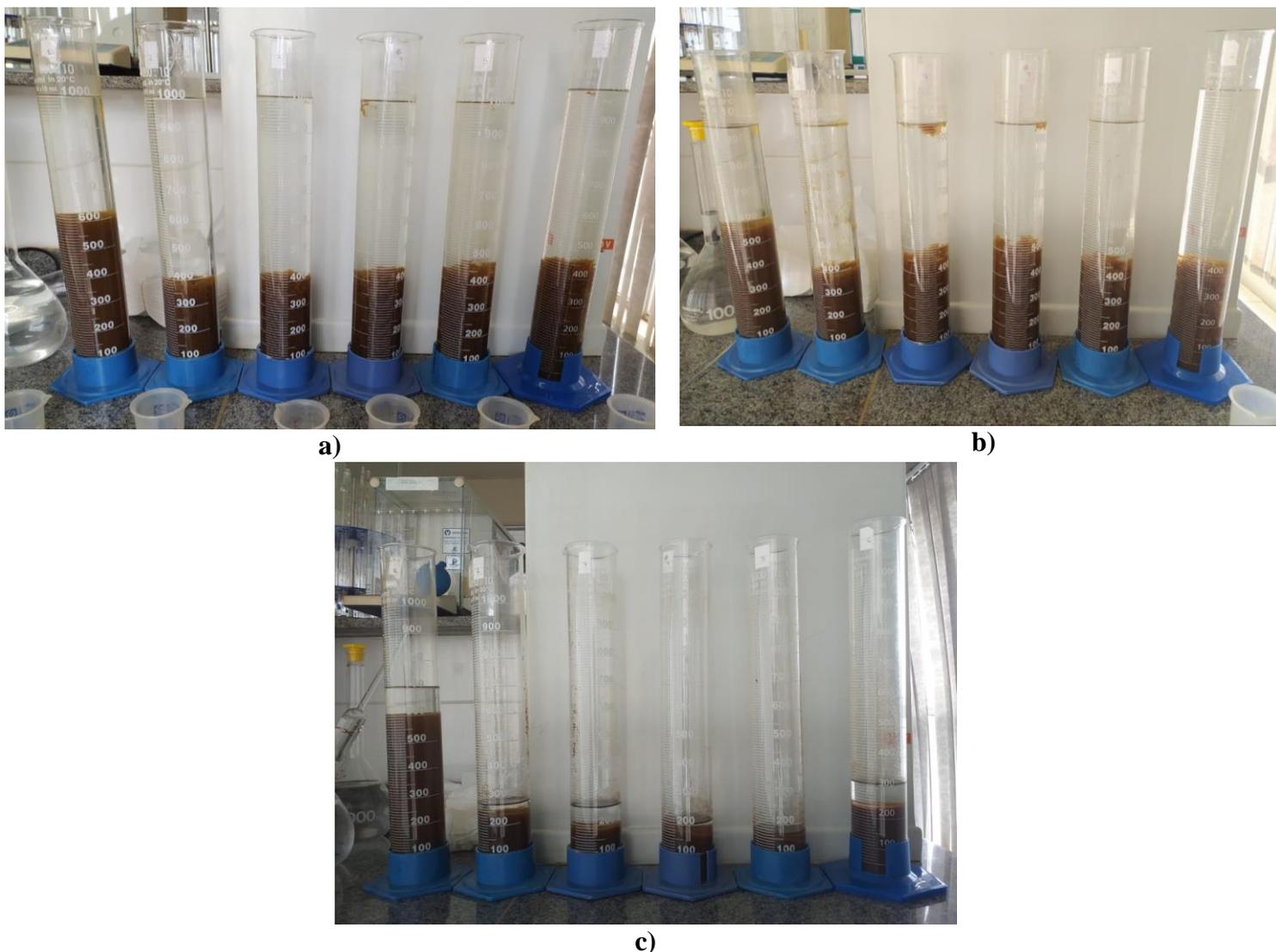


Figura 4: Imagem ilustrativa após processo de coagulação com a adição do polímero a) aniônico; b) catiônico e c) ambos associados.

Durante o tratamento da água utiliza-se o PAC que possui cargas positivas de forma a atrair e agregar os colóides que possuem cargas negativas, dessa forma, acredita-se que uma vez que o processo de floculação e coagulação tenha ocorrido dentro das normalidades existe a possibilidade da solução possuir cargas derivadas do PAC, portanto com características positivas.

De acordo com a figura 4, no ensaio 1 com polímero aniônico, todas as provetas apontaram qualidade do sobrenadante, no ponto de vista de não apresentarem sólidos em suspensão na sua superfície, diferente do ensaio 2, em que se aplicou o polímero catiônico, e foi possível notar a presença sólidos suspensos em todas os ensaios, variando de acordo com a turbidez do sobrenadante coletado. Sendo assim, pode-se concluir que isto é decorrente das cargas que compõem os polímeros e o lodo bruto.

Já no segundo momento do ensaio 3, em que foi adicionado o polímero catiônico, deduz-se que poderia haver o excesso dos polímeros aniônico adicionado na primeira etapa, e portanto o polímero com carga positiva favoreceria o melhor adensamento. Ademais, pequenos excessos desse polímero presentes no sobrenadante retornariam para o início do processo de tratamento na ETA, podendo contribuir como agente coagulante.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao DMAE por apoiar e disponibilizar o laboratório da ETA Bom Jardim para que os experimentos fossem realizados, e também aos colaboradores da autarquia que se colocaram a disposição a colaborar de alguma forma, em especial ao Fernando Guimarães Moreira pelas contribuições técnicas para o andamento do trabalho.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Os ensaios em Jar Test simulando a etapa de adensamento, por gravidade, mostraram que o uso de maneira associada dos polímeros aniônico e catiônico nas concentrações de 2ppm e/ou 4ppm aniônico + 2 ppm catiônico favoreceram na agregação do lodo, resultando no maior adensamento de lodo e maiores volumes de sobrenadante. Contudo, no que tange a avaliação dos parâmetros cor e turbidez, a apuração dos mesmos foi satisfatória quando comparado aos ensaios realizados com os polímeros: aniônico e catiônico individualmente, atendendo as questões operacionais da ETA em estudo, na faixa desejável para a recirculação do sobrenadante na estação de tratamento de água. Destaca-se também que nesse estudo que os polímeros com cargas positivas e negativas tiveram grande influência no resultado do objetivo buscado, uma vez que a agregação do lodo se dá, principalmente, pela força de interação eletrostática entre duas cargas através da atração.

Desta maneira, os estudos realizados com a associação dos polímeros se mostraram promissores para serem implementados no tratamento do lodo na UTR da ETA Capim Branco que está em pré-operação. Entretanto, se faz necessário uma pesquisa mais aprofundada uma vez que esta carece de análises de parâmetros, como o teor de sólidos, DBO, DQO, dentre outros, dado que seriam de extrema importância para corroborar com os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

1. SANTOS, G. Z.B.; FILHO, J. A.Melo; MANZATO, L. Proposal of a ceramic obtained by geopolymerization of calcined sludge from WTP. **Ceramica**, Associação Brasileira de Cerâmica, v. 64, n. 370, p. 276–283, abr. 2018. ISSN 16784553. DOI: 10.1590/0366-69132018643702353.
2. ACHON, Cali Laguna; BARROSO, Marcelo Melo; CORDEIRO, Joao Sergio. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: Desafio do saneamento brasileiro. **Eng. Sanit. e Ambient.**, v. 18, n. 2, p. 115–122, 2013. ISSN 14134152. DOI: 10.1590/S1413-41522013000200003.
3. RICHTER, C. A. Água: Métodos e tecnologia de tratamento. Editora Blucher. São Paulo. 2009.
4. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água / Marco Antonio Penalva Reali (coordenador). -- Rio de Janeiro : ABES, 1999. 240 p. : il. Projeto PROSAB.
5. 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.
6. FONTANA, A. O. Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtros – estudo de caso – ETA Cardoso. 2004. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
7. **Resíduos sólidos -Classificação.** [s.l.]: , 2004. Disponível em: <<https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>.
8. **L12305.** Planalto.gov.br. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 20 May 2021.
9. Silva Junior, Archimedes Pereira da Tratabilidade do lodo de decantadores convencional e de alta taxa / Archimedes Pereira da Silva Junior. -- Campinas, SP: [s.n.], 2003.