

II-471 – ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DA SEDIMENTAÇÃO QUIMICAMENTE ASSISTIDA DE LODOS DE FOSSAS E TANQUES SÉPTICOS

Camila Guimarães Gondin de Sousa⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Católica de Brasília. Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade pelo Centro Brasileiro de Responsabilidade Social e Ambiental. Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho pela Universidade de São Paulo.

Mariana Freitas

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos na UnB.

Felipe Musardo Firmino

Biólogo pelo Centro Universitário de Brasília. Especialista em Análises Clínicas pelo Centro Universitário Euro-Americano. Técnico em patologia clínica pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – DF. Têm experiência nas áreas de Patologia clínica, Parasitologia e Microbiologia Médica e Recursos Hídricos.

Yovanka Pérez Ginoris

Engenheira Química pelo Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarria. Mestre em Biotecnologia Industrial pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena. Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora adjunta da Universidade de Brasília (UnB). Atua na área de Saneamento com ênfase em tratamento de águas e águas residuárias.

Adriane Dias da Silva

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos na UnB. Atua na área de Saneamento, com ênfase em tratamento de águas residuárias, e Recursos Hídricos.

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte- Brasília- DF- CEP: 70910-900 - Brasil - Tel: (61) 3107-0939 - e-mail: camila.gondin@gmail.com

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o comportamento da sedimentabilidade dos lodos de fossas e tanques sépticos frente à adição de produtos químicos. Para isso foram realizados ensaios de teste de jarros com aplicação de sulfato de alumínio - $Al_2(SO_4)_3$ como coagulante em diferentes concentrações aplicado a três amostras de lodo séptico obtidas de condomínios residenciais. Em duas outras amostras, uma foi tratada utilizando somente polieletrólito catiônico e a outra foi tratada com sulfato de alumínio e polieletrólito como auxiliar de coagulação. Após a realização dos ensaios de teste de jarros, os lodos coagulados foram submetidos a ensaios de sedimentação em colunas para determinar as velocidades de sedimentação. Com a adição de sulfato de alumínio, observou-se, a ocorrência de sedimentação tipo zonal em lodos de fossas e tanques sépticos. Com a utilização somente do coagulante, para a dose variando de 0 a 1000 mg/L, foram obtidos os melhores resultados de velocidade de sedimentação na concentração de 200 mg/L, embora nessa dose não foram obtidos os menores valores de turbidez residual na fração líquida clarificada. Ao variar a concentração do coagulante de 0 a 200 mg/L o melhor resultado obtido foi para a concentração de 150 mg/L, levando-se em consideração a velocidade de sedimentação e a turbidez. No entanto, deve-se dar continuidade aos experimentos com o intuito para confirmar a concentração de 150 mg/L de sulfato de alumínio como dosagem mais adequada.

PALAVRAS-CHAVE: Fossas, tanques sépticos, lodo, sedimentação, jar test.

INTRODUÇÃO

A sedimentação é uma operação unitária com grande aplicação em sistemas de tratamentos de esgotos. As suas principais aplicações encontram-se nos tratamentos preliminar, primário, secundário, de lodos e físico-

químicos. Na maior parte das aplicações, o objetivo principal é o de produzir um efluente clarificado com baixas concentrações de sólidos em suspensão. Basicamente, são quatro os tipos de sedimentação no tratamento de esgotos: discreta, flocculenta, zonal e de compressão.

Estudos recentes desenvolvidos por Maria (2013) sobre tratamento de lodos originados de fossas e tanques sépticos mostraram que os mesmos apresentam sedimentação de tipo flocculenta, sem a adição de produtos químicos, quando a concentração de sólidos totais não ultrapassa 8000 mg/L. Entretanto, acima desse valor as velocidades de sedimentação são muito baixas, sendo justificável a aplicação de produtos químicos para auxiliarem ou acelerarem a sedimentação.

A prática da adição de produtos químicos no tratamento primário de esgotos sanitários tem crescido, pois promove a coagulação química, flocculação e acelera a sedimentação, promovendo elevadas eficiências de remoção de sólidos suspensos totais (SST) e de Demanda Bioquímica de Oxigênio (BDO) (cerca de 70 a 85% para SST e de 45 a 55% para DBO), superiores às obtidas na sedimentação convencional (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Assim, essa pesquisa foi desenvolvida para avaliar o comportamento da sedimentabilidade dos lodos de fossas e tanques sépticos frente à adição de produtos químicos. Com os testes em colunas de sedimentação buscou-se identificar o tipo de sedimentação que o lodo séptico apresenta com o intuito de se obter parâmetros que subsidiem o dimensionamento de unidades de decantação desse lodo, como velocidade de sedimentação, por exemplo, para que possa ser tratado de forma isolada ou combinada com esgotos sanitários em decantadores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios de sedimentabilidade do lodo de fossa séptica para a separação em duas fases, lodo mais adensado e líquido clarificado, foram realizados por meio de uma adaptação do procedimento padrão do teste de coagulação-flocculação, também conhecido como “teste de jarros”. Com esse propósito, foi utilizado o equipamento de teste de jarros que consiste de seis reatores estáticos, todos dotados de sistema de agitação por rotor de pás, fornecendo gradientes de velocidade para a mistura variando entre 10 e 2000 s⁻¹. Os agentes químicos utilizados nos ensaios dos jarros foi o sulfato de alumínio e o polieletrólito catiônico de alto peso molecular, MAFLOC 1800P.

Os testes foram realizados em quatro amostras de lodos de tanques sépticos de origem doméstica e uma amostra de origem comercial, denominadas amostras A, B, C, D e E, respectivamente. O teste de jarros na presença de sulfato de alumínio foi realizado nas amostras A, B e C. Os testes com a amostra D foram realizados somente com o polieletrólito catiônico e na amostra E, o polieletrólito foi utilizado como auxiliar de coagulação juntamente com o sulfato de alumínio.

As amostras de lodos de fossas foram caracterizadas quanto aos parâmetros pH, Alcalinidade total, Sólidos sedimentáveis e Turbidez, conforme recomendado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). A Tabela 1 apresenta a caracterização das amostras e o número de ensaios realizados em cada uma, além disso, são apresentadas as frequências de esgotamento das fossas (declaradas pelos operadores de caminhões limpa-fossas) de onde as amostras foram originadas.

Tabela 1: Caracterização das amostras e número de ensaios.

Amostra	pH	Alcalinidade total (mgCaCO ₃ /L)	Sólidos sedimentáveis (mL/L)	Turbidez (NTU)	Nº de ensaios	Frequência de esgotamento da fossa séptica
A	7,06	170	46	1550	3	Anual
B	6,98	262	0,9	193	2	Semanal
C	7,38	288	37	976	1	Diária
D	7,15	200	35	1262	2	Anual
E	5,40	134	4	599	2	Semanal

Para que fosse possível compreender o comportamento do lodo de fossa séptica na presença de diferentes agentes químicos, foi necessário realizar estudos prévios para determinar a curva de variação do pH. Para a

construção dessa curva foram utilizados o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ácido clorídrico (HCl), e hidróxido de sódio (NaOH). Dessa forma, pôde-se estimar antes de cada ensaio, a quantidade de ácido (HCl) ou base (NaOH e $\text{Ca}(\text{OH})_2$) necessárias, para que, após a adição do produto químico, fosse possível atingir o valor de pH desejado.

Após o ajuste do pH, cada amostra de lodo de fossa ou tanque séptico recebeu a adição do coagulante no aparelho de *jar test* em mistura rápida com velocidade de 120 rpm. Após dois minutos, essa agitação era reduzida para 20 rpm, para que ocorresse o processo de mistura lenta, com formação dos flocos, cuja duração foi de 30 minutos.

As amostras eram retiradas dos jarros, após o tempo de contato, e transferidas para as colunas de sedimentação, no caso, seis colunas adaptadas, que foram construídas a partir de provetas de vidro graduadas, com capacidade de 1000 mL cada. Foi fixada em cada coluna uma escala de papel milimetrado com marcação para a leitura precisa das alturas, como mostrado na Figura 1. Durante o tempo de sedimentação de 30 minutos, foram feitas as leituras da interface sólido-líquido em intervalos de 5 minutos. Sendo, assim, possível calcular as velocidades de sedimentação dos lodos de fossas ou tanques sépticos analisados.

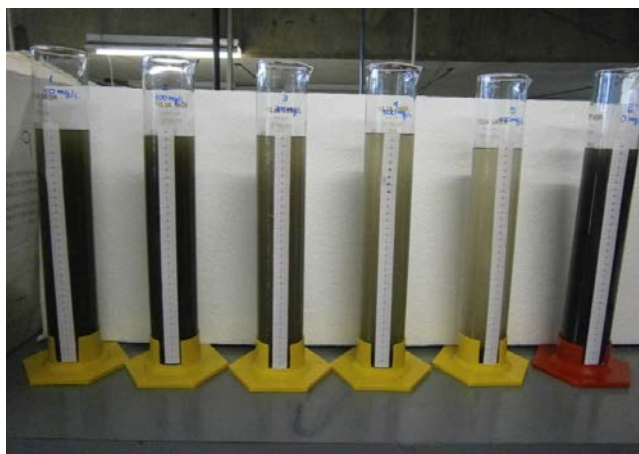


Figura 1: Fotografia das colunas de sedimentação adaptadas.

A velocidade de sedimentação da interface do lodo nas colunas de sedimentação foi determinada experimentalmente por meio de construção de curvas de sedimentação para cada amostra testada, obtida por regressão linear pelo Método dos Mínimos Quadrados. Sendo assim, após a execução das etapas descritas anteriormente, foram plotados gráficos relacionando a altura da interface (eixo y) e tempo (eixo x). A velocidade de sedimentação é normalmente determinada através da inclinação do trecho retilíneo do gráfico entre dois ou mais pontos. No entanto, nos dados obtidos, verificou-se a ocorrência de duas linhas de tendências retilíneas, a primeira ocorrendo nos primeiros minutos, onde a inclinação do trecho retilíneo é maior, e a segunda no restante do tempo, na qual o trecho retilíneo tem uma menor inclinação, demonstrando um comportamento mais constante. Em função disso, foi utilizada, para a determinação da velocidade de sedimentação, a primeira linha de tendência, por se considerar como sendo a mais significativa.

RESULTADOS

Na presente pesquisa, justificou-se a adição de produtos químicos para auxiliar e/ou acelerar o processo de sedimentação das amostras de lodos de fossas e tanques sépticos, pois, apesar das amostras apresentarem sólidos sedimentáveis quando analisadas em Cone Imhoff, por 1 hora, quando foram transferidas para a proveta de vidro de 1000 mL, não houve separação natural da interface sólido-líquido, com exceção da amostra A que apresentou uma separação mínima nos ensaios 1 e 3. Em todos os testes foram utilizados uma amostra controle, ou seja, sem a adição de produtos químicos.

Na Tabela 2 encontram-se os registros do ensaio 1 do teste de sedimentação realizado com a amostra de lodo de fossa séptica A. Após a plotagem dos gráficos, foi possível obter as velocidades de sedimentação para as diferentes concentrações de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 18H₂O. A Figura 2 mostra o gráfico plotado com os resultados obtidos

no ensaio 1, o que possibilita a avaliação mais consistente do processo de sedimentação, a partir dos quais foi possível medir a velocidade de sedimentação do lodo, conforme exemplo da Figura 3, a partir do coeficiente angular calculado para a reta obtida. Vale lembrar que em nenhum dos ensaios com sulfato de alumínio foi observado material flotado que pudesse ser considerado relevante.

Tabela 2: Alturas medidas no ensaio 1 com as colunas de sedimentação, turbidez e velocidade de sedimentação para a amostra de lodo de fossa séptica A.

Dosagem (mg/L) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	0 mg/L	200 mg/L	400 mg/L	600 mg/L	800 mg/L	1000 mg/L
Tempo (min)						
0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
5	33,0	2,3	4,0	7,2	11,4	17,4
10	33,0	1,9	2,8	5,0	7,8	11,1
15	33,0	1,8	2,6	4,3	6,8	9,2
20	33,0	1,6	2,4	3,8	5,9	7,9
25	31,0	1,5	2,3	3,5	5,5	7,2
30	30,9	1,5	2,3	3,3	5,1	6,7
Turbidez residual (NTU)	709	43,6	10,6	9,13	7,02	4,31
Velocidade de sedimentação (cm/min)	-	6,14	5,80	5,16	4,32	2,19

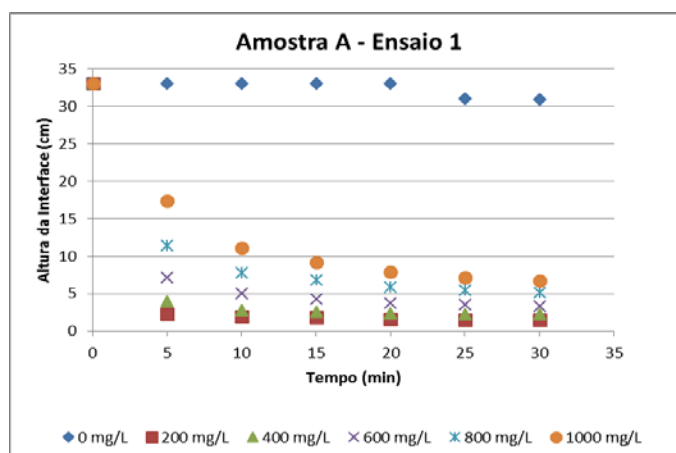


Figura 2: Resultados do ensaio 1 do teste de sedimentação realizado com a amostra de lodo de fossa séptica A.

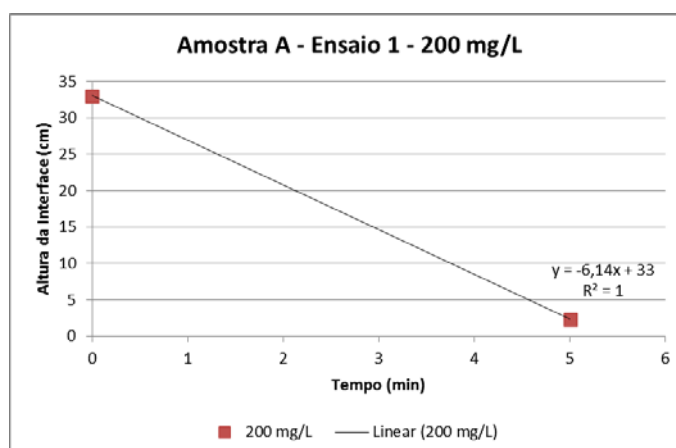


Figura 3: Exemplo da obtenção da velocidade de sedimentação para a série 2, ensaio 1, do teste de sedimentação realizado com a amostra de lodo de fossa séptica A.

Com os resultados obtidos no Ensaio 1 com a Amostra A de lodo de fossa séptica, verificou-se que, na concentração dosada de 200 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$, a velocidade de sedimentação apresentou o melhor resultado de 6,14 cm/min. Entretanto, a mesma coluna de sedimentação deste ensaio com a Amostra A apresentou a maior turbidez residual, de 43,6 NTU. Logo, apesar de, nessa dosagem, a sedimentação acontecer numa maior velocidade, no líquido clarificado encontram-se mais sólidos em suspensão, e menos lodo sedimentado. Sendo a concentração de 1000 mg/L de coagulante a que possui maior quantidade de lodo sedimentado, 6,7 cm após 30 minutos.

O emprego de sais metálicos como o sulfato de alumínio em doses elevadas em processos de coagulação favorece a precipitação em meio aquoso do alumínio na forma de hidróxido de sódio. A tendência à redução na velocidade de sedimentação com o aumento da dose de coagulante pode ser explicada com base no mecanismo predominante de coagulação.

Durante a precipitação, o material coloidal pode ser retido na estrutura cristalina ou ser “varrida” pelo precipitado no mecanismo de coagulação por varredura. À medida que se eleva a dose de coagulante, a dimensão dos flocos formados tende a aumentar, o que pode resultar em interferências de natureza estérica entre os agregados formados no processo de coagulação/floculação, afetando a sedimentação dos flocos. Por outro lado, o uso de doses crescentes de sulfato de alumínio resulta no aumento do volume de lodo gerado, o que pode ser verificado no primeiro ensaio da amostra A com o emprego da dose de 1000 mg/L de coagulante. Nessa condição experimental, o volume de lodo gerado foi de 6,7 cm após 30 minutos de sedimentação. Por outro lado, é importante ressaltar que a presença de alumínio no lodo sedimentado pode inviabilizar o seu tratamento por processos biológicos.

Foram realizados dois ensaios adicionais com a amostra A. Os resultados do segundo ensaio são apresentados na Tabela 3 e Figura 4.

Tabela 3: Alturas medidas no ensaio 2 com as colunas de sedimentação, turbidez e velocidade de sedimentação para a amostra de lodo de fossa séptica A.

Dosagem (mg/L) $Al_2(SO_4)_3$	0 mg/L	200 mg/L	400 mg/L	600 mg/L	800 mg/L	1000 mg/L
Tempo (min)						
0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
5	33,0	4,1	6,7	10,8	9,3	11,8
10	33,0	3,2	4,7	7,2	7,0	7,3
15	33,0	2,8	4,0	5,8	6,0	6,0
20	33,0	2,7	3,1	4,9	5,4	5,2
25	33,0	2,5	3,3	4,6	4,9	4,8
30	33,0	2,5	3,2	4,6	4,2	4,5
Turbidez (NTU)	554	5,91	6,52	9,72	8,43	9,12
Velocidade de sedimentação (cm/min)	-	5,78	5,26	4,44	4,74	2,57

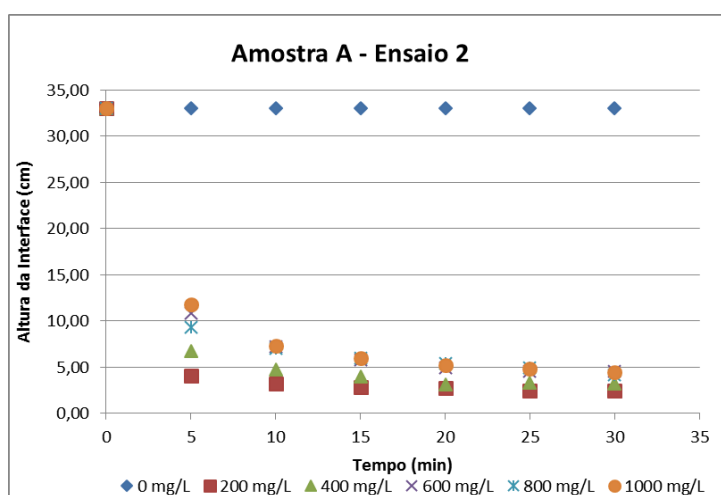


Figura 4: Resultados do ensaio 2 do teste de sedimentação realizado com a amostra de lodo de fossa séptica A.

No segundo ensaio verificou-se que assim como no primeiro a concentração de 200 mg/L apresentou a melhor velocidade de sedimentação: 5,78 cm/min. No entanto, de forma diferente do primeiro ensaio, neste segundo ensaio, o menor valor de turbidez da fração líquida clarificada foi obtido com o uso da concentração de 200 mg/L de coagulante. Ressalta-se que a turbidez da fração líquida clarificada não apresentou um padrão em relação às concentrações de coagulantes testadas.

No ensaio 3, realizado na amostra A, observou-se que a melhor velocidade de sedimentação encontrada foi nas concentrações de 200 mg/L e 400 mg/L de coagulante. No entanto, essas concentrações apresentaram os piores desempenhos relacionados à turbidez. Os resultados do ensaio 3 se encontram na Tabela 4 e Figura 5.

Tabela 4: Alturas medidas no ensaio 3 com as colunas de sedimentação, turbidez e velocidade de sedimentação para a amostra de lodo de fossa séptica A.

Dosagem (mg/L) $Al_2(SO_4)_3$ Tempo (min)	0 mg/L	200 mg/L	400 mg/L	600 mg/L	800 mg/L	1000 mg/L
0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
5	33,0	6,2	10,0	18,0	15,0	9,8
10	33,0	4,1	6,0	10,0	22,5	13,5
15	33,0	3,4	4,8	7,7	7,8	10,2
20	33,0	3,1	4,2	5,9	6,8	8,5
25	31,5	2,8	6,5	6,2	6,2	7,6
30	30,5	2,7	3,1	5,4	5,8	7,0
Turbidez (NTU)	457	6,66	5,5	2,58	4,48	3,87
Velocidade de sedimentação (cm/min)	-	5,36	5,36	2,30	3,60	4,64

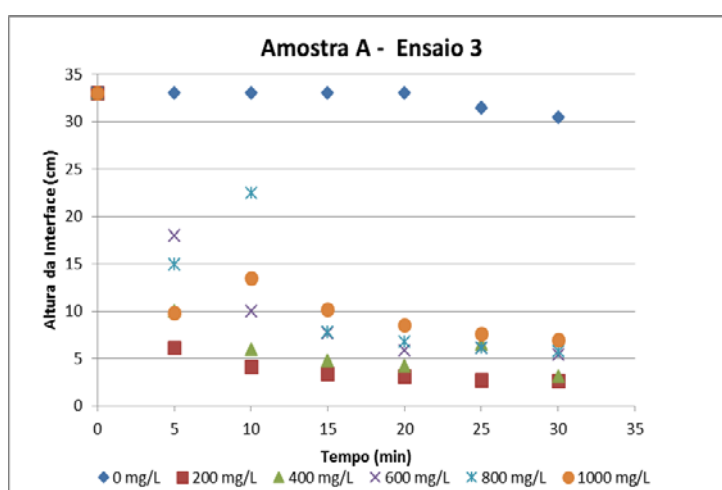


Figura 5: Resultados do ensaio 3 do teste de sedimentação realizado com a amostra de lodo de fossa séptica A.

Já para a amostra B foram realizados dois ensaios. Os resultados do ensaio 1 são apresentados na Tabela 5 e Figura 6.

Tabela 5: Alturas medidas no ensaio 1 com as colunas de sedimentação, turbidez e velocidade de sedimentação para a amostra de lodo de fossa séptica B.

Dosagem (mg/L) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Tempo (min)	0 mg/L	200 mg/L	400 mg/L	600 mg/L	800 mg/L	1000 mg/L
0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
5	33,0	1,5	10,0	11,0	19,6	21,9
10	33,0	1,4	7,4	9,5	10,8	13,5
15	33,0	1,3	6,2	7,3	9,0	10,8
20	33,0	1,3	5,4	6,8	7,9	9,9
25	33,0	1,2	4,9	6,0	7,2	8,8
30	33,0	1,2	4,5	5,6	6,2	7,7
Turbidez (NTU)	177	67,0	7,74	12,8	19,3	13,9
Velocidade de sedimentação (cm/min)	-	6,30	4,60	4,40	2,22	1,95

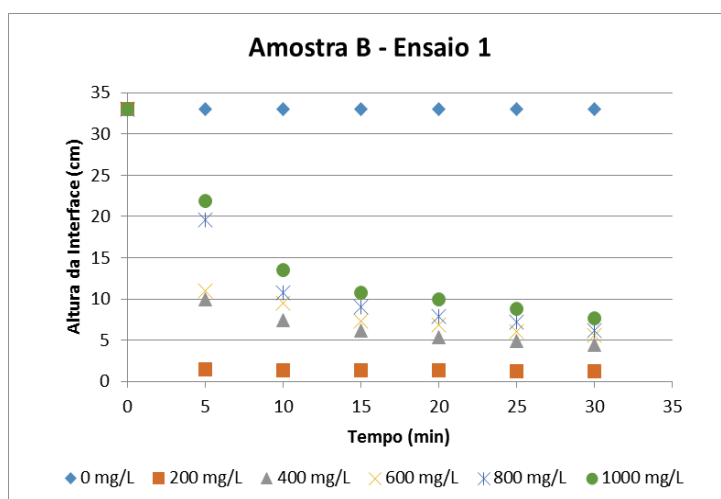


Figura 6: Resultados do ensaio 1 do teste de sedimentação realizado com a amostra de lodo de fossa séptica B.

Assim como em todos os ensaios da amostra A, na amostra B, no ensaio 1, a concentração de 200 mg/L de sulfato de alumínio apresentou a maior velocidade de sedimentação de 6,30 cm/min. Entretanto, a turbidez apresentou um padrão aleatório em relação às concentrações.

Os resultados do ensaio 2 na amostra B são apresentados na Tabela 6 e Figura 7.

Tabela 6: Alturas medidas no ensaio 2 com as colunas de sedimentação, turbidez e velocidade de sedimentação para a amostra de lodo de fossa séptica B.

Dosagem (mg/L) $Al_2(SO_4)_3$	0 mg/L	200 mg/L	400 mg/L	600 mg/L	800 mg/L	1000 mg/L
Tempo (min)						
0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
5	33,0	9,0	10,0	11,0	19,6	21,9
10	33,0	4,8	7,4	9,5	10,8	13,5
15	33,0	4,0	6,2	7,3	9,0	10,8
20	33,0	3,5	5,4	6,9	7,9	9,9
25	33,0	3,0	4,9	6,0	7,2	8,8
30	33,0	3,0	4,5	5,6	6,2	7,7
Turbidez (NTU)	169,0	67,0	6,13	14,5	10,5	4,54
Velocidade de sedimentação (cm/min)	-	4,8	4,6	4,4	2,22	1,95

No ensaio 2, para a amostra B, a melhor velocidade de sedimentação também foi para a concentração de 200 mg/L de sulfato de alumínio. Contudo, a turbidez também apresentou um comportamento aleatório em relação às concentrações. Mas ainda assim, para concentração de 1000 mg/L, que apresentou a menor velocidade de sedimentação, conseguiu-se o melhor valor de turbidez de 4,54 NTU. Pôde-se observar também que para a concentração de 200 mg/L, cuja velocidade de sedimentação foi 4,8 cm/min, a turbidez apresentou o pior resultado, de 67,0 NTU.

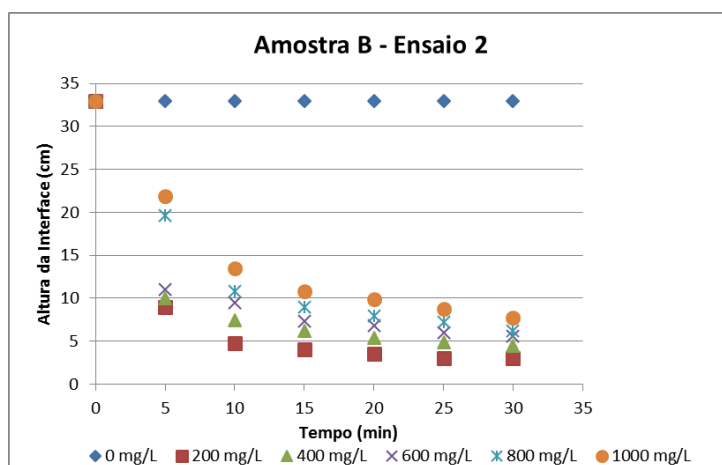


Figura 7: Resultados do ensaio 2 do teste de sedimentação realizado com a amostra de lodo de fossa séptica B.

Os resultados obtidos nos ensaios anteriores mostraram que a concentração de 200 mg/L apresentou melhores resultados para a velocidade de sedimentação. Assim, para a amostra C foi realizado um ensaio com concentrações diferentes das utilizadas anteriormente. Logo, no ensaio dessa amostra foram utilizadas concentrações com variação de 0 a 200 mg/L de sulfato de alumínio. Os resultados são apresentados na Tabela 7 e Figura 8.

Tabela 7: Alturas medidas no ensaio 1 com as colunas de sedimentação, turbidez e velocidade de sedimentação para a amostra de lodo de fossa séptica C.

Dosagem (mg/L) $Al_2(SO_4)_3$	0 mg/L	50 mg/L	75 mg/L	100 mg/L	150 mg/L	200 mg/L
Tempo (min)						
0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
5	33,0	25,0	3,5	3,0	4,4	6,0
10	33,0	25,0	1,9	2,1	3,4	4,3
15	33,0	24,0	1,8	2,3	2,9	3,5
20	33,0	15,0	1,0	2,0	2,1	3,3
25	33,0	14,0	1,0	2,0	2,5	3,0
30	33,0	14,0	1,0	1,8	2,3	2,9
Turbidez (NTU)	169,0	140,0	93,0	59,7	26,0	15,0
Velocidade de sedimentação (cm/min)	-	1,6	5,9	6,0	5,72	5,4

Para o ensaio 1 da amostra C, observou-se que a concentração de 100 mg/L apresentou uma velocidade de sedimentação de 6,0 cm/min, muito próxima da concentração de 75 mg/L cuja velocidade de sedimentação foi de 5,9 cm/min. No entanto, a turbidez para as duas concentrações foram 93,0 NTU e 59,7 NTU respectivamente, sendo que a pior turbidez apresentada foi na concentração de 50 mg/L de coagulante: 140,0 NTU. Já a concentração de 150 mg/L apresentou o valor de 5,72 cm/min para a velocidade de sedimentação, e uma turbidez consideravelmente mais baixa que as concentrações de 75 mg/L e 100 mg/L, de 26 NTU.

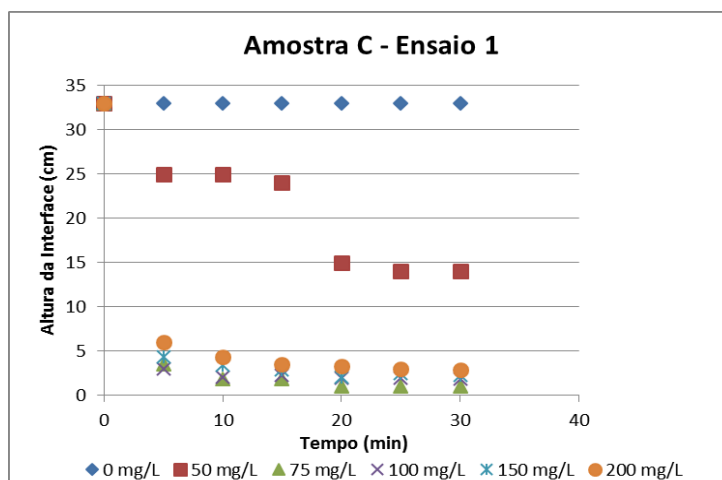


Figura 8: Resultados do ensaio 1 do teste de sedimentação realizado com a amostra de lodo de fossa séptica C.

Nos ensaios realizados nas amostras A, B, C observou-se que apesar de haver oscilações para turbidez nos resultados encontrados a dosagem que apresentou os melhores resultados utilizando sulfato de alumínio como coagulante foi de 200 mg/L. Maria (2013) ao utilizar sulfato de alumínio como coagulante em amostras de lodo de fossas, encontrou uma dosagem “ótima” de 200 mg/L, ao testar concentrações variando de 0 a 200 mg/L de sulfato de alumínio.

Nos ensaios realizados com a amostra D, utilizou-se somente o polieletrólito catiônico, para verificar o seu comportamento quando adicionado à amostra de lodo de tanque séptico. Foram realizados dois ensaios com essa amostra. Na presença do polieletrólito, o lodo comportou-se de maneira atípica. No ensaio 1, preliminarmente, o *jar test* foi realizado adicionando-se à amostra 25 mg/L de polieletrólito. Apesar de se ter

observado a formação de flocos, não houve sedimentação ou flotação, mesmo após 2 horas de repouso, o que tornou inviável a leitura das alturas nas colunas de sedimentação.

No ensaio 2, com a amostra D, foram testadas as seguintes dosagens: 0 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L e 100 mg/L de polieletrólito. Ao término do *jar test*, todas as paletas estavam com aglomerado de lodo e sua remoção foi feita de forma mecânica, com auxílio de uma espátula. Logo após, os conteúdos dos jarros foram colocados nas colunas de sedimentação. No entanto, não foi possível realizar o teste de velocidade de sedimentação, pois o aglomerado de polieletrólito com lodo de tanque séptico flutuou no mesmo instante. Dessa forma, mediu-se a turbidez do clarificado de cada coluna de sedimentação, os resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Turbidez encontrada para as diferentes concentrações de polieletrólito para o ensaio 2 da amostra D.

Concentração de Polieletrólito (mg/L)	Turbidez (NTU)
0	471
25	331
50	225
75	124
100	57,5

Com a amostra E foram realizados dois ensaios, nos quais o polieletrólito foi utilizado como auxiliar de coagulação juntamente com o coagulante sulfato de alumínio. Os tempos de detenção permaneceram os mesmos. No entanto, o sulfato foi adicionado na mistura rápida, a 120 rpm por 2 minutos, enquanto o polieletrólito foi adicionado na mistura lenta, 20 rpm por 30 minutos. Nesse ensaio foi utilizada a dosagem de 150 mg/L de sulfato de alumínio. Essa concentração foi utilizada por apresentar uma velocidade de sedimentação próxima das velocidades encontradas para as concentrações de 75 mg/L e 100 mg/L de sulfato de alumínio, mas com o conveniente de apresentar uma melhor turbidez, de 26 NTU, conforme resultados do ensaio 1 da amostra C. Os resultados são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Turbidez encontrada para as diferentes concentrações de sulfato de alumínio e polieletrólito para o ensaio 1 da amostra E

Concentração $Al_2(SO_4)_3$ e Polieletrólito (mg/L)	Turbidez (NTU)
0 mg/L	372
150 mg/L	29,5
150 mg/L + 25 mg/L	29,5
150 mg/L + 50 mg/L	30,8
150 mg/L + 75 mg/L	32,9
150 mg/L + 100 mg/L	33,5

Observou-se na amostra E, após o *jar test*, um aglomerado de lodo de tanque séptico juntamente com o polieletrólito nas paletas, que foi removido de forma mecânica com o auxílio de uma espátula, assim como na amostra D. Ao passar a amostra para as colunas de sedimentação, o aglomerado de lodo, polieletrólito e sulfato de alumínio flutuou instantaneamente, não sendo possível realizar o teste de velocidade de sedimentação.

Em todos os ensaios que foram realizados na presença do polieletrólito ocorreu flotação, dessa forma, achou-se conveniente realizar um novo ensaio para verificar se esse processo ocorria realmente devido à presença do polieletrólito. Os resultados se encontram na Tabela 10.

Tabela 10: Turbidez encontrada para o ensaio com a melhor dosagem de polieletrólito e a melhor dosagem de polieletrólito com a melhor dosagem de sulfato de alumínio.

Concentração (mg/L)	Turbidez (NTU)
0 mg/L polieletrólito + $Al_2(SO_4)_3$	372
100 mg/L polieletrólito + 150 mg/L $Al_2(SO_4)_3$	25,3
100 mg/L polieletrólito	21

Nos ensaios realizados, verificou-se que onde houve a utilização do polieletrólito, não foi possível realizar o ensaio de velocidade de sedimentação, pois no momento em que as amostras foram transferidas dos jarros para

as colunas de sedimentação ocorreu uma imediata flotação, com exceção da amostra que não continha polieletrólito (concentração de 0 mg/L), onde não foi observada sedimentação ou flotação. O melhor resultado de turbidez encontrado foi com a concentração de 100 mg/L de polieletrólito, de 21 NTU.

Observou-se que a turbidez e a velocidade de sedimentação não se correlacionam. Em alguns ensaios, como por exemplo, nos ensaios 1 e 3 da amostra A, a melhor turbidez foi a que a apresentou a pior velocidade de sedimentação, mas em outros ensaios isso não pôde ser observado.

Nos ensaios com o sulfato de alumínio, a concentração de 200 mg/L apresentou visualmente a melhor separação entre o lodo sedimentado e o líquido clarificado (interface sólido-líquido), condizente com o encontrado nos estudos realizados por Maria (2013). No entanto, é necessária a continuidade da pesquisa para que se tenham resultados mais consistentes da sedimentação quimicamente assistida de lodos de fossas e tanques sépticos.

Em relação ao tipo de sedimentação frente à adição de sulfato de alumínio como coagulante nas amostras de lodos de fossas e tanques sépticos, através de inspeção visual, a sedimentação foi do tipo zonal, ou seja, quando se observa uma nítida interface de separação entre as fases sólida e líquida devido a elevada concentração de sólidos que forma uma manta de lodo e sedimenta como uma massa única de partículas, nesse caso, segundo Metcalf & Eddy (1991) a velocidade de sedimentação é utilizada no dimensionamento de decantadores.

CONCLUSÕES

Apesar dos ensaios preliminares nas amostras de lodos de fossas e tanques sépticos utilizando sulfato de alumínio como coagulante e o polieletrólito catiônico como auxiliar de coagulação, pôde-se contribuir para o conhecimento do comportamento desse resíduo frente à adição de produtos químicos para auxiliar e/ou acelerar sua sedimentação em decantadores.

Nos ensaios com o sulfato de alumínio a dosagem de 200 mg/L foi a que proporcionou a melhor separação-líquido. No entanto, nos ensaios realizados na faixa de concentrações entre 0 mg/L a 200 mg/L, observou-se que a concentração de 150 mg/L apresentou um melhor resultado, levando-se em consideração o custo-benefício, pois uma menor quantidade de coagulante foi acrescentada à amostra. Entretanto, recomenda-se realizar mais ensaios para essas faixas de concentrações de sulfato de alumínio. Com a adição de sulfato de alumínio como coagulante, observou-se a ocorrência da sedimentação tipo zonal nas amostras de lodos de fossas e tanques sépticos.

Observou-se que as condições de coagulação que resultaram em maior velocidade de sedimentação do lodo nem sempre foram as condições de menor turbidez da fração líquida clarificada. Em alguns ensaios, como por exemplo, nos ensaios 1 e 3 da amostra A, a menor turbidez residual foi obtida na fração líquida que apresentou a menor velocidade de sedimentação, mas em outros ensaios não foi observado comportamento similar.

AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa teve o apoio financeiro da FINEP – Financiadora de Estudos e projetos, por meio da Chamada Pública MCT/MCIDADES/FINEP/Ação Transversal – Saneamento Ambiental e Habitação 06/2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V. (Coordenador). Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, FINEP, Projeto PROSAB 5, 388 p. 2009.
2. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, D.C., U.S.A, 1998.
3. BARBOSA, C. A.; SOUZA, M. A. A. Sedimentabilidade do lodo secundário obtido no Processo de Lodos Ativados com Remoção Biológica de Nutrientes. XXVI CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, AIDIS. 1998. Anais. Lima-Peru, 1998.

4. BARBOSA, C. A. C. Estudo da sedimentabilidade do lodo secundário obtido no processo de lodos ativados com remoção biológica de nutrientes. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental. UnB, Brasília-DF, 1998.
5. GODOY, T. G.; PIROTTI, S. M.; SILVA, S. S.; SOUTO, G. A. B. e POVINELLI, J. Efeito da descarga de caminhões limpa-fossas em ETEs de pequeno porte. XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2007. Anais. Belo Horizonte - MG, 2007.
6. GONÇALVES, C. P. Impacto do lançamento de lodo de tanques/fossas sépticas em estação de tratamento de esgoto com reator UASB. Dissertação de Mestrado. São Carlos – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC-USP. 135 p. 2008.
7. GUIDA, M., MATTEI, M. L.; DELLA ROCCA, C.; MELLUSO, G.; MERIÇ, S. Optimization of alum coagulations flocculation for COD and TSS removal from five municipal wastewater. Science Direct, Desalination (113-127). 2007.
8. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 5.ed. Rio de Janeiro. ABES, 2009.
9. LEITE, B.Z.; PEGORINI, E.S.; ANDREOLI, C.V. e ANDRADE, F.L. Caracterização e alternativas de disposição final de resíduos sépticos. VIII SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2006. Anais. 14p. Fortaleza-CE, 2006.
10. MARIA, F. S. Estudo da sedimentabilidade do lodo coletado em tanques sépticos. 137p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Hidráulica e Saneamento – Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba- PR. 2013.
11. METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. 1334p. 3. Ed. 1991.
12. SAMWAYS, G.; HARTMANN, C. M.; EDWIGES, T.; AISSE, M. M.; ANDREOLI, C. V. Resultados preliminares do tratamento do lodo de fossa séptica, combinado com esgoto sanitário bruto, em reatores anaeróbios de fluxo ascendente, em escala piloto. XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2009. Anais. Recife-PE, 2009.