

Avaliação laboratorial para escolha de coagulante no tratamento de esgoto sanitário**Laboratory evaluation for choice of coagulant in the treatment of sanitary sewage**

Recebimento dos originais: 25/03/2019

Aceitação para publicação: 30/04/2019

Andrew da Rosa Kühne

Engenheiro Químico pela PUCRS

Instituição: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola Politécnica, Engenharia Química

Endereço: Av. Ipiranga 6681 – Laboratório de Processos Ambientais (LAPA) – 90610-970 – Porto Alegre – RS

E-mail: andrew.rkuhne@gmail.com

Luciano Peske Ceron

Doutor em Engenharia e Tecnologia de Materiais pela PUCRS

Instituição: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola Politécnica, Engenharia Química

Endereço: Av. Ipiranga 6681 – Laboratório de Processos Ambientais (LAPA) – 90610-970 – Porto Alegre – RS

E-mail: luciano.ceron@puers.br

Peter Caubi Macheimer

Mestre em Administração pela UFRGS

Instituição: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola Politécnica, Engenharia Química

Endereço: Av. Ipiranga 6681 – 90610-970 – Porto Alegre – RS

E-mail: peter.macheimer@puers.br

RESUMO

Este trabalho investigou a substituição dos coagulantes inorgânicos utilizados em estações de tratamento de esgoto sanitário por um coagulante orgânico, através de ensaios no teste de jarros e análises de Cor, Turbidez, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Sólidos Suspensos Totais dos efluentes tratados para cada coagulante. Utilizou-se como base a norma ambiental do Rio Grande do Sul determinada pela resolução CONSEMA 355/2017. A partir da metodologia proposta, os resultados foram satisfatórios para a utilização de coagulante orgânico no tratamento de efluente sanitário em comparação aos coagulantes inorgânicos.

Palavras-chave: Coagulante inorgânico. Coagulante orgânico. Esgotosanitário.

ABSTRACT

This work investigated the substitution of inorganic coagulants used in sanitary sewage treatment plants by an organic coagulant, through tests in the jars test and Color, Turbidity, Chemical Oxygen Demand, Biochemical Oxygen Demand and Total Suspended Solids of effluents tests treated for each coagulant. The environmental standard of Rio Grande do Sul was determined based on the resolution CONSEMA 355/2017. From the proposed methodology, the results were satisfactory for the use of organic coagulant in the treatment of sanitary effluent in comparison to inorganic coagulants.

Keywords:Inorganic coagulant. Organic coagulant.Sanitarysewage.

INTRODUÇÃO

No tratamento da água e efluentes, o sulfato de alumínio é o produto químico mais utilizado, graças a sua eficiência no processo. Apesar disso, deve-se ter um rígido controle sobre asua dosagem, uma vez que, quando colocado excessivamente no lançamento do efluente ocorre à contaminação do corpo hídrico, que pode trazer graves problemas para a saúde(SILVA, 1999).

Em tratamento de efluentes sanitários a utilização do cloreto férrico vem sendo amplamente aplicada, devido a não necessidade de utilizar alcalinizante na coagulação, uma vez que o efluente sanitário possui um pH ácido e a faixa de pH de trabalho do cloreto férrico deve estar entre 4,5 e 5,5. Em virtude da concentração de taninos no Brasil, a utilização de composto a base de taninos em substituição aos coagulantes inorgânicos, no tratamento de água e esgoto, vem sendo constantemente estudada, a fim de se obter melhores resultados nos processos de coagulação (SILVA, 2009).

As resoluções brasileiras somente determinam os padrões necessários para atendimento e lançamento do efluente tratado em corpo hídrico, sendo assim surge à necessidade da utilização de estudos nesta área, para identificar a melhor eficácia no tratamento. Portanto, este trabalho teve como objetivo testar a eficácia da aplicação de coagulante orgânico, em substituição ao cloreto férrico e sulfato de alumínio no processo de tratamento de um efluente sanitário. Neste sentido, foram realizados testes para verificar a redução de Turbidez, Cor, Sólidos Suspensos Totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, tendo como delimitações a avaliação das concentrações de Fósforo e Nitrogênio Amônia. Os experimentos foram realizados no laboratório de Processos Ambientais (LAPA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para Von Sperling(2005), o efluente sanitário é definido como um esgoto oriundo de domicílios, bem como atividades comerciais e institucionais. O esgoto doméstico é constituído do

uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas, segundo a norma brasileira NBR 9648/1986.

O teste de jarros é um ensaio que simula as condições de coagulação em condições operacionais, com amostragens de água para identificar a melhor dosagem de coagulante, através da análise da eficácia de remoção dos sólidos em suspensão. Este teste consiste em uma mistura rápida do coagulante com o efluente bruto, para dispersar os sólidos totais e posteriormente, uma mistura lenta com redução gradativa da velocidade e sedimentação das partículas aglutinadas (MARTINS, 2014).

Conforme Carvalho (2008), o sulfato de alumínio é o coagulante mais utilizado, devido à excelente formação de flocos, seu baixo custo e facilidade de transporte e de manuseio. Segundo Silva (1999), o sulfato de alumínio proporciona alta eficiência na redução de Cor, Turbidez, Demanda Biológica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio. O uso do sulfato de alumínio apresenta a melhor eficácia de remoção dos sólidos na faixa de pH entre 5,5 e 8,5 (ROSALINO, 2011 *apud* MARTINS, 2014).

O cloreto férrico é caracterizado pela maior efetividade no processo de remoção de sólidos, na faixa ácida de pH entre 4,5 e 5,5, pois neste intervalo ocorre uma maior formação de flocos (MANCUSO, *et al.* 2003). Para Franco (2013), os sólidos suspensos na água unem-se aos complexos férricos, proporcionando a coagulação e neutralização dos sedimentos. Para a utilização dos coagulantes inorgânicos, segundo legislação CONSEMA 355/2017, do estado do Rio Grande do Sul, tem-se o padrão para lançamento de efluentes permitidos para concentração de ferro total e alumínio total no máximo até 10mg/L.

Os coagulantes orgânicos a base de tanino são uma alternativa em substituição aos coagulantes inorgânicos, devido a sua eficiência elevada no processo de coagulação, podendo ser encontrado em várias partes das árvores, como, raízes, galhos, folhas, flores, frutos e sementes. Os taninos vegetais são usados como agentes antimicrobianos em fungicidas e antibacterianos, reguladores de crescimento e germinação de microrganismos, podendo assim realizar um efeito desinfetante no efluente após sedimentação (SILVA, 1999).

3 METODOLOGIA E MATERIAIS

3.1. EFLUENTE

O efluente sanitário foi coletado em empresa de tratamento de efluentes na região metropolitana de Porto Alegre. Os experimentos laboratoriais foram realizados no Laboratório de

Processos Ambientais (LAPA), na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS - Porto Alegre).

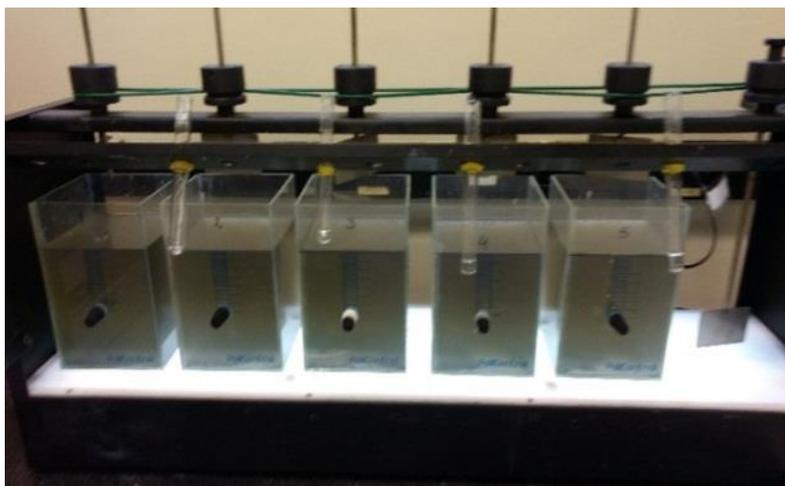
3.2 COAGULANTES

Os coagulantes utilizados foram o sulfato de alumínio, cloreto férrico e produto orgânico.

3.3 TESTE DE JARROS

Inicialmente foram realizadas dosagens onde foi descoberto o intervalo de melhor dosagem dos coagulantes. Depois de verificado este intervalo, realizou-se uma nova simulação, para cada coagulante, onde foi constatada a dosagem ótima de cada coagulante (Figura 1).

Figura 1-Teste de Jarros.



3.4 COR E TURBIDEZ

Após o ensaio de testes de jarros, foram coletadas amostras para verificar a remoção de cor através da NBR 13798/1997. Para determinação da turbidez, utilizou-se um turbidímetro Digimed DM-C2, através da MB-3227/1990.

3.5 DBO

Através da NBR 12614/1992 foi realizado ensaio para determinar a Demanda Bioquímica de Oxigênio. As amostras analisadas correspondem ao efluente tratado com a dosagem ótima estabelecida para cada coagulante.

3.6 DQO

Os procedimentos laboratoriais para determinar a Demanda Química de Oxigênio se deram através da NBR 10357/1988, utilizando-se o método de refluxo fechado - colorimétrico. As amostras analisadas correspondem ao efluente tratado com a dosagem ótima, estabelecida para cada coagulante.

3.7. SST

A determinação dos Sólidos Suspensos Totais (SST), para as amostras de efluente tratado, foi realizada por método gravimétrico conforme NBR 10664/1989.

3.8 ANOVA

Para verificar a tratabilidade do coagulante proposto, utilizou-se o método comparativo ANOVA, com ferramenta computacional Minitab®, para verificar se havia diferença entre os resultados obtidos do coagulante proposto com os dois coagulantes inorgânicos, que já são utilizados no tratamento de efluente. Utilizou-se a comparação dos parâmetros DBO, DQO e SST com uma significância de 95%.

3.9. TUKEY'S

Na avaliação final foi verificado se ocorreu diferença entre os tratamentos para os parâmetros propostos. Utilizou-se o método Tukey's, com um fator de 5%, através da ferramenta computacional Minitab®, para determinar o ponto em que ocorreu a diferença entre os resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TESTE DE JARROS

Os resultados para determinar o intervalo de melhor dosagem dos coagulantes são apresentados na Tabela 1. Depois de avaliar este intervalo realizou-se uma nova simulação, para identificar a dosagem ótima de cada coagulante, conforme Tabela 2.

Tabela 1 - Determinação Intervalo Melhor Dosagens.

Sulfato de Alumínio			Coagulante Orgânico			Cloreto Férrico		
Dosagem (mg/L)	Cor (mg Pt/L)	Turbidez (NTU)	Dosagem (mg/L)	Cor (mg Pt/L)	Turbidez (NTU)	Dosagem (mg/L)	Cor (mg Pt/L)	Turbidez (NTU)
0	300	46,5	0	300	49,30	0	300	47,50

50	100	26,2	50	60	7,50	50	100	20,12
75	70	9,85	75	50	1,65	75	50	6,85
100	60	6,7	100	60	2,15	100	60	12,51
125	80	9,86	125	80	6,40	125	80	19,85

Tabela 2 - Determinação Dosagem Ótima.

Sulfato de Alumínio			Coagulante Orgânico			Cloreto Férrico		
Dosagem (mg/L)	Cor (mg Pt/L)	Turbidez (NTU)	Dosagem (mg/L)	Cor (mg Pt/L)	Turbidez (NTU)	Dosagem (mg/L)	Cor (mg Pt/L)	Turbidez (NTU)
83,5	70	7,2	58,3	60	2,51	58,3	60	15,13
91,5	60	6,9	66,5	50	1,12	66,5	50	8,84
108,5	60	5,4	83,5	50	1,84	83,5	50	4,58
117,0	70	8,4	91,5	50	1,95	91,5	60	6,94

Através do teste de jarros foram identificados os pontos de dosagem ótima. Utilizando-se os melhores resultados de cor (Figura2), que foi comparado com os resultados obtidos para turbidez (Figura3). Verificou-se que os pontos de melhores dosagens para sulfato de alumínio, coagulante orgânico e cloreto férrico, ocorreu, respectivamente com 108,5mg/L, 66,5mg/L e 83,5 mg/L.

Figura 2 – Resultados de cor em função da dosagem.

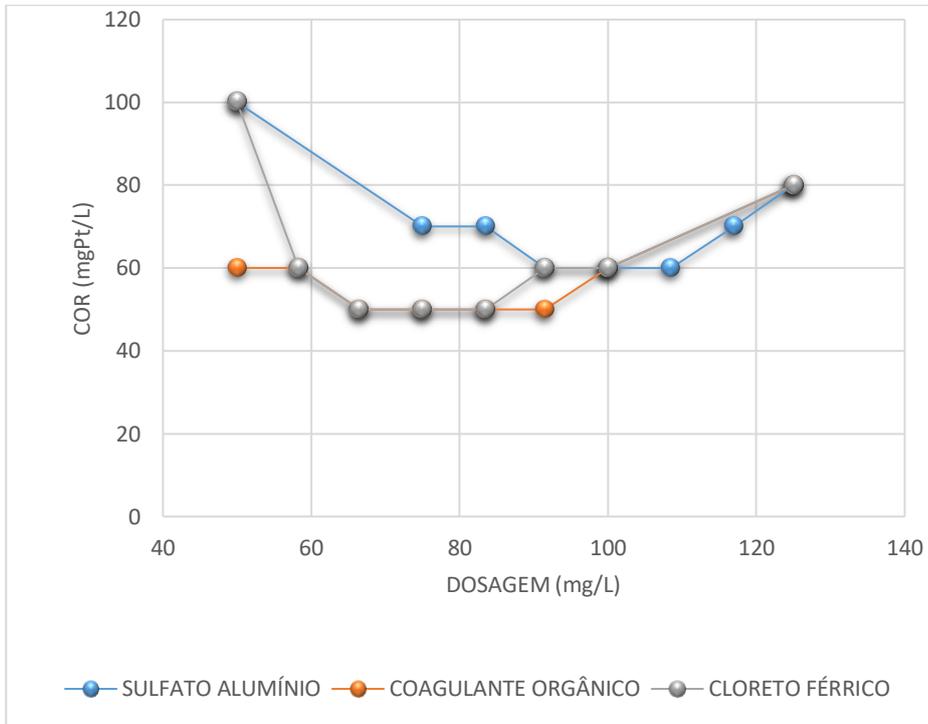
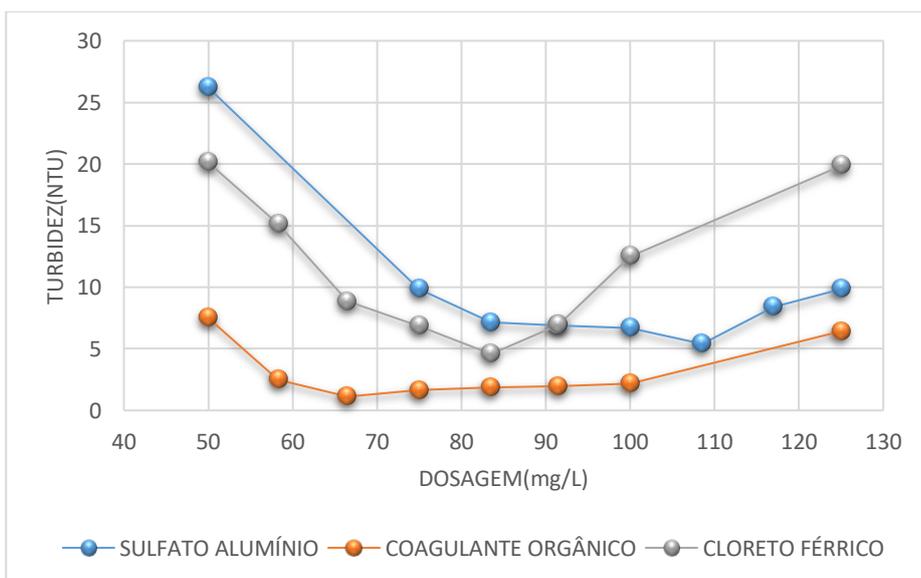


Figura 3 - Resultados de turbidez em função da dosagem.



4.2 TRATABILIDADE DOS COAGULANTES

Nos ensaios para verificar a tratabilidade de cada coagulante, obteve-se os seguintes resultados que são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultado de tratabilidade dos coagulantes.

Tipo de Coagulante	Dosagem (mg/L)	Cor (mg Pt/L)	Turbidez (NTU)	DQO (mg O ₂ /L)	DBO (mg O ₂ /L)	SST (mg/L)
Sulfato de Alumínio	108,5	60,0	5,4	98,0	35,0	16,0
Coagulante Orgânico	66,5	50,3	1,1	125,0	10,0	5,0
Cloreto Férrico	83,5	50,0	4,6	285,0	40,0	30,0

No efluente todos os parâmetros foram analisados, conforme resultados na Tabela 4, onde foi identificado o percentual de remoção de cada parâmetro nos coagulantes (Tabela 5).

Tabela 4- Caracterização Efluente Sanitário.

Cor (mgPt/L)	Turbidez (NTU)	DQO (mgO ₂ /L)	DBO (mgO ₂ /L)	SST (mg/L)
300,0	70,1	298,0	115,0	132,0

Tabela 5- Percentual de remoção para cada coagulante.

Tipo de Coagulante	Cor (%)	Turbidez (%)	DQO (%)	DBO (%)	SST (%)
Sulfato de Alumínio	80,0	92,3	67,1	68,7	87,9

Coagulante					
Orgânico	83,3	98,4	58,2	91,3	96,2
Cloreto Férrico	83,3	93,5	4,6	65,2	77,3

4.3 MÉTODOS COMPARATIVOS

4.3.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio

Através do método ANOVA verificou-se que para o parâmetro de DBO, houve diferença entre os tratamentos utilizados. O método Tukey's confirmou que a diferença se encontra no coagulante orgânico. Pode-se perceber um tratamento mais eficaz para DBO, em comparação com os outros coagulantes para este parâmetro.

Todos os coagulantes atenderam as exigências ambientais para o parâmetro de DBO, quando comparados com a resolução CONSEMA 355/2017.

4.3.2. Demanda Química de Oxigênio

Através do método ANOVA, para o parâmetro DQO, verificou-se que houve diferença entre os tratamentos utilizados. Pelo método Tukey's, foi constatado que todos os tratamentos de coagulantes são diferentes entre si.

O sulfato de alumínio obteve o melhor resultado, como esperado, porém o coagulante orgânico quando comparado com a resolução CONSEMA 355/2017, também atendeu as exigências. Já com cloreto férrico os resultados somente atende o limite estabelecido para determinadas vazões de lançamento.

4.3.3. Sólidos Suspensos

Através do método ANOVA verificou-se que houve diferença entre os tratamentos utilizados para SST. Através de Tukey's constatou-se que todos os tratamentos com os coagulantes são diferentes entre si.

O coagulante orgânico obteve o melhor resultado de remoção de SST, porém todos os coagulantes atenderam as exigências da resolução CONSEMA 355/2017.

5 CONCLUSÕES

Verificou-se através da metodologia utilizada não só a possibilidade da substituição dos coagulantes inorgânicos pelo coagulante orgânico proposto, como o aumento da eficácia no tratamento, tendo em vista que o coagulante orgânico não só atendeu todos os parâmetros ambientais, como obteve resultados mais eficientes nos parâmetros de DBO e SST. Portanto, atendendo todos os parâmetros ambientais realizados, quando comparado com os coagulantes inorgânicos.

Para o coagulante orgânico proposto o percentual de remoção obteve melhores resultados em quatro dos cinco ensaios realizados. Sendo três destes resultados com remoção superior a 90%, tendo em vista que a dosagem utilizada no coagulante orgânico é 38,8% menor que a dosagem de sulfato de alumínio e 24,9% menor que a dosagem de cloreto férrico.

Na realização deste trabalho não foi considerado os parâmetros de remoção de fósforo e nitrogênio amoniacal, devido ao corpo receptor onde será lançado o efluente não haver captação para abastecimento público e registro de floração de ciano bactérias, não sendo necessário o atendimento destes parâmetros. Quanto ao parâmetro de Coliformes Termo tolerantes, o ponto onde foi realizado a coleta localiza-se após o tratamento para coliformes, motivo pelo qual não foi realizado este ensaio.

Para as considerações de próximos trabalhos relacionados a utilização de coagulante orgânico, propõe-se o estudo da utilização das faixas ótimas dos coagulantes com a dosagem de alcalinizante, para comparação do volume do lodo gerado neste tratamento. Também se observa que seria ideal a realização das mesmas verificações para estes coagulantes, com um efluente em condições diferentes do coletado neste trabalho, para a confirmação dos resultados. Visto que as variações climáticas influenciam diretamente na concentração do efluente (infiltração, contribuição parasitária e consumo de água da população), o que pode alterar as dosagens ótimas obtidas em função de uma nova faixa de pH, e, conseqüentemente, alterar a diferença nas eficiências dos coagulantes.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, M. J. H. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável**. 2008. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

FRANCO, E. F. **Avaliação da Influência dos Coagulantes de Alumínio e Cloreto Férrico na Remoção de Turbidez e Cor da Água Brita e Sua Relação com Sólidos na Geração de Lodo**

em Estações de Tratamento de Água. 2009. 187f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-SP. 2013.

MANCUSO, PEDRO C. S.; SANTOS, F. **Reuso da água**. 3 ed. Barueri: Manuelie, 2003.

MARTINS, H. C. **Estudo sobre os processos de coagulação, floculação e decantação em efluentes oriundos de usina canavieira**. UTFP, 2014. p.24.

MB 3227/1990, **Determinação de Turbidez**, ABNT. Rio de Janeiro-RJ, 1990.

NBR 10357/1988 **Determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO) – Métodos de Refluxo Aberto, Refluxo Fechado – Titulométrico e Refluxo Fechado – Colorimétrico**. ABNT, Rio de Janeiro-RJ 1988.

NBR 10664/1989 – **Determinação de resíduos (sólidos) – Método gravimétrico**. ABNT, Rio de Janeiro-RJ, 1989.

NBR 12216/1992, **Projeto de estação de tratamento de águas**, ABNT. Rio de Janeiro-RJ, 1992.

NBR 12614/1992, **Água – Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio**. ABNT. Rio de Janeiro-RJ, 1992.

NBR 13798/1997, **Água – Determinação de cor, Método da comparação visual**. ABNT, Rio de Janeiro-RJ, 1997.

NBR 9648/1986, **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**, ABNT, Rio de Janeiro-RJ, 1986.

Resolução CONSEMA 355/2017. **Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul**. Rio Grande do Sul, CONSEMA 2017.

SILVA, C. V. **Remoção de fósforo em estação de tratamento de esgotos sanitários através de precipitação química**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto.** 1999. 85f. Tese (Mestrado, Área de Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3^a ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.