

RECICLAGEM DO ALUMÍNIO ATRAVÉS DA SÍNTESE DO ALÚMEN E OTIMIZAÇÃO DE SEU USO COMO UM NOVO COAGULANTE NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE PALMITOS - SC

Thuanne Braúlio Hennig^{1*}, Arlindo Cristiano Felipe²

1. Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e Bolsista de iniciação científica pela Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó – SC
2. Professor Doutor em Química e docente na Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó/Orientador.

Resumo:

Como base principal do trabalho tomou-se a fonte da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Palmitos e Caibi e a reciclagem de latinhas de alumínio descartadas. Partindo destes fatores, intuiu-se a produção de um novo coagulante, o Alúmen, a partir da reciclagem de latinhas de alumínio. O Alúmen foi testado em amostras de água do Rio São Domingos, que divide os municípios de Palmitos e Caibi na região oeste de Santa Catarina e fornece água para o tratamento e abastecimento público para ambos municípios. Além disso, outros coagulantes como o Policloreto de Alumínio e o Sulfato de Alumínio também foram testados nas mesmas amostras, possibilitando a realização de um comparativo da eficiência dos coagulantes, bem como um indicativo de viabilidade da utilização do Alúmen como coagulante nas ETA's nas etapas de coagulação e floculação decorrentes do processo de tratamento de água. Considerando aspectos de alcalinidade, turbidez e pH, foi comprovada a eficiência e viabilidade da utilização do Alúmen em ETA's.

Palavras-chave: Resíduos; águas de abastecimento; coagulação e floculação.

Apoio financeiro: PIBIC – CNPq/UFFS

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: UFFS

Introdução:

O organismo humano necessita de uma série de elementos químicos que configuram-se como fundamentais à manutenção da vida. Dentre os principais compostos encontram-se o oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, enxofre, sódio, cloro, magnésio dentre tantos outros que qualificam-se como essenciais em processos metabólicos decorrentes do funcionamento do organismo. Neste sentido, é imprescindível considerar a água como uma das fontes mais ricas em quase todos os elementos químicos recém citados e, além disso, trata-se de uma substância de fácil absorção pelo corpo humano, não é por menos que caracteriza cerca de 70 % do corpo humano. No entanto, considerando a facilidade de absorção, é preciso considerar os perigos eminentes que uma água de má qualidade ou impura pode acarretar ao ser humano e, é neste aspecto que se faz importante a conscientização dos cuidados com a água doce bem como a importância do monitoramento dos processos de tratamento da água de abastecimento.

Um tratamento de água eficiente em conformidade com a legislação vigente de qualidade de água para distribuição, é capaz de evitar contaminações por patógenos. Os primeiros passos no processo de tratamento de água bruta em uma ETA é a coagulação química e a floculação, caracterizando-se como etapas preliminares do processo de tratamento de água, e, com isso, preceitua-se que se as etapas de coagulação e floculação não forem dadas com êxito, todas as etapas subsequentes do tratamento de água estarão comprometidas.

Os principais coagulantes fazem uso do alumínio comercial como matéria prima, sendo o caso do PAC (policloreto de alumínio) e do sulfato de alumínio. Porém, sabendo que o alumínio quando descartado leva de 200 a 500 anos para se decompor na natureza, pensou-se em utilizar resíduos de alumínio para a produção de alúmen, considerado um coagulante em potencial.

O foco do presente trabalho consiste na comparação da eficiência do PAC, sulfato de alumínio e alúmen e verificação da viabilidade da utilização do alúmen nas etapas de coagulação e floculação, quando aplicados a amostras de água do Rio São Domingos que abastece os municípios de Palmitos e Caibi na região oeste de Santa Catarina, levando em consideração os parâmetros de turbidez, alcalinidade e pH.

Como objetivo central tem-se a síntese de um novo coagulante, o alúmen, através da reciclagem de latas de alumínio e a verificação da viabilidade de seu uso nos processos de coagulação e floculação na estação de tratamento de água dos municípios de Palmitos e Caibi (SC).

Metodologia:

O ensaio de coagulação, denominado jar-test, configura um procedimento corriqueiro em estações de tratamento de água e, possibilita a determinação da dosagem ótima de coagulante para a remoção da turbidez da água bruta. Por meio deste ensaio foram determinados os comportamentos dos coagulantes para cada uma das amostras coletadas. E, a eficiência dos coagulantes, sobretudo a do Alúmen, foi determinada considerando características de turbidez, alcalinidade e pH da água bruta e da solução resultante do jar-test.

Para a síntese do alúmen utilizou-se a metodologia imposta por Debacher et al (2005), onde, utilizou-se

uma peça retangular de alumínio que foi retirada de uma lata descartada. A peça foi lixada com palha de aço para a remoção da tinta e em seguida foi subdividida em pequenos pedaços. Em seguida adicionou-se hidróxido de potássio aos pedaços originando uma reação de solubilização. A solução então foi filtrada para remover resíduos e, no conteúdo filtrado adicionou-se ácido sulfúrico. O conteúdo que foi aquecido e filtrado novamente, foi submetido a um banho de gelo e então ocorreu a precipitação do alumínio, que foi colocado num dessecador onde foi feito vácuo para assim obter o alumínio seco.

As amostras de água utilizadas nos experimentos foram coletadas no Rio São Domingos, situado entre os municípios de Palmitos e Caibi, e seguiu-se a metodologia de Lima (2006).

Com relação aos ensaios de coagulação e floculação, dados pelo equipamento jar-test, que inferem à redução dos valores de turbidez, a portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o valor de 5 u.T. como valor máximo permitido para a turbidez. O tempo de agitação e a velocidade de rotação no jar-test foram de 40 segundos em 135 RPM (rotações por minuto) para coagulação, 18 minutos em 45 RPM para a floculação e, para a decantação, 15 minutos.

Cada um dos coagulantes (PAC, alumínio e sulfato de alumínio) foi testado no jar-test para cada amostra de água coletada. A eficiência dos coagulantes foi determinada considerando características de turbidez, alcalinidade e pH da água bruta e da água tratada com o coagulante durante os ensaios de jar-test. A turbidez foi determinada por meio de um turbidímetro digital permitindo a determinação direta através da absorvância de um comprimento de onda de radiação eletromagnética. As amostras in natura, e as soluções provenientes dos ensaios de jar-test foram submetidas a três leituras de turbidez.

A alcalinidade foi determinada por meio do processo de titulação de neutralização ácido-base e, foi realizada antes do jar-test, afim de verificar a necessidade de correção da alcalinidade, que não foi necessária a realização para nenhuma das amostras.

A determinação do pH foi feita por meio de um pH-metro digital, onde as amostras in natura, bem como as soluções provenientes dos ensaios de jar-test, foram coletadas em um becker e nele foi mergulhado o eletrodo que realizou as leituras.

Resultados e Discussão:

O objeto de estudo da presente pesquisa, o Alumínio, depois de sintetizado e submetido a um dessecador contendo sílica permaneceu sob vácuo por cerca de cinco dias, onde obteve-se a massa de 12,71 g e rendimento de 67 % em relação ao rendimento teórico da reação. Com relação ao rendimento da síntese do alumínio, é possível considerar que esta é proveniente de uma série de fatores, as quais contemplam algumas perdas que são decorrentes do processo de síntese, a pensar, sobretudo as impurezas contidas na peça de alumínio que é reciclada.

As soluções dos diferentes coagulantes utilizados neste estudo foram preparadas nas seguintes concentrações: a) para o Alumínio 900 ppm de Al^{3+} ; b) para o Sulfato de Alumínio 10000 ppm e; c) para o PAC 1000 ppm.

Os testes com os coagulantes foram realizados com duas amostras coletadas nos dias 07 de abril e 26 de maio de 2017, cujas datas eram imediatamente posteriores a eventos de chuva, apresentando, por sua vez, características relacionadas a turbidez e pureza da água diferenciadas das condições naturais do corpo hídrico. As coletas foram realizadas no Rio São Domingos, na entrada da estação de tratamento de água responsável pela captação, tratamento e distribuição de água para as populações dos municípios de Palmitos e Caibi (SC), uma vez que o rio caracteriza a divisa entre os dois municípios.

Os testes de eficiência do alumínio como possível coagulante consistiu na comparação da sua eficiência com o PAC (Policloreto de Alumínio), bastante difundido nas estações de tratamento de água regidas pela CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) no Estado de Santa Catarina e, o Sulfato de Alumínio, que já fora o coagulante mais utilizado em ETAs. O procedimento que possibilitou a determinação da eficiência dos coagulantes foi o Jar-test onde, por meio de tal equipamento foi possível determinar os dados que são apresentados na Tabela 1.

Foram realizadas duas análises para amostras de água distintas, em que uma das amostras/análise é referente ao dia 07/04/2017, que apresentou alcalinidade no valor de $33,84 \text{ mg L}^{-1}$ de $CaCO_3$, turbidez na ordem de 59 u.T. e pH de 6,87. A outra amostra, referente ao dia 26/05/2017, apresentou alcalinidade de $34,78 \text{ mg L}^{-1}$ de $CaCO_3$, turbidez de 89 u.T. e pH igual a 6,98. Os dados referentes aos ensaios de jar-test são expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados obtidos para os ensaios

Coagulante	Jarro	Vol. de coagulante (mL)	Concentração de coagulante (ppm)	Concentração de Al^{3+} (ppm)	Ensaio do dia 07/04/2017		Ensaio do dia 26/05/2017	
					Turbidez (u.T.)	pH	Turbidez (u.T.)	pH
S/ coagulante	0	0	0	0	35	7,12	66,0	7,97
PAC	1	3	2,80	1,50	11,6	7,02	6,50	7,41
	2	4	3,80	2,00	1,90	7,07	5,70	7,18
	3	5	4,80	2,50	0,64	7,02	2,10	7,12
	4	6	5,80	3,00	0,47	6,89	1,50	7,07

	5	7	6,80	3,50	0,46	6,84	0,65	7,02
	6	8	7,80	4,00	0,38	6,78	0,56	6,91
Alúmen	1	2	15,80	0,90	29	6,75	19,8	6,95
	2	3	23,70	1,35	1,82	6,62	5,40	6,75
	3	4	31,60	1,80	0,61	6,58	3,40	6,66
	4	5	39,50	2,25	0,49	6,49	3,30	6,55
	5	6	47,40	2,70	0,43	6,28	0,84	6,45
	6	7	55,30	3,15	0,41	6,16	1,02	6,31
Sulfato de alumínio	1	3	15,00	1,35	7,1	6,54	6,80	7,09
	2	4	20,00	1,80	0,8	6,46	3,00	6,78
	3	5	25,00	2,25	0,62	6,37	1,59	6,60
	4	6	30,00	2,70	0,54	6,16	0,80	6,50
	5	7	35,00	3,15	0,51	6,09	0,70	6,44
	6	8	40,00	3,60	0,62	6,00	1,00	6,26

Os melhores resultados para a remoção da turbidez foram bastante similares para os três coagulantes nos ensaios realizados, porém, percebeu-se que o PAC e o alúmen apresentaram eficiências semelhantes, pois os valores de turbidez obtidos no final do tratamento foram similares. A dosagem ótima para o PAC foi de 7,80 ppm com concentração de 4,00 ppm de Al^{3+} , reduzindo a turbidez de 59 u.T. para 0,38 u.T., para o ensaio do dia 07/04 enquanto que para o ensaio do dia 26/05 apresentou para a mesma dosagem de coagulante redução de turbidez de 89 u.T para 0,56 u.T. Para o alúmen, a dosagem ótima foi 55,3 ppm com concentração de Al^{3+} de 3,15 ppm, levando o valor da turbidez para 0,41 u.T., isto para o ensaio do dia 07/04, enquanto que para o ensaio do dia 26/05 a dosagem ótima foi de 47,4 ppm de alúmen e 2,70 ppm de Al^{3+} , conferindo o valor de 0,84 u.T. Já para o sulfato de alumínio, tem-se que o valor de dosagem ótima de coagulante para o ensaio do dia 07/04 foi de 35 ppm com 3,15 ppm de Al^{3+} , compreendendo 0,51 u.T., enquanto que para o ensaio do dia 26/05, para a mesma concentração obteve-se a redução da turbidez para 0,70 u.T.

Considerando os dois ensaios realizados nos dias 07/04 e 26/05 foi possível perceber certa diferença ao que concerne a remoção da turbidez, isto por que a amostra analisada no dia 26/05 apresentava turbidez significativamente maior do que a amostra analisada no dia 07/04 e, por conta disso, foi possível perceber que a eficiência de todos os coagulantes caracterizaram-se como reduzidas para amostra do dia 26/05 quando comparado o seu efeito na amostra analisada no dia 07/04. Na verdade, tal comportamento já era esperado, já que conforme aumenta a turbidez a tendência é que aumente a dificuldade de remoção efetiva dos sólidos e colóides.

Em estudo aos valores de pH obtidos para as análises foi possível constatar uma invariabilidade, haja vista que as amostras in natura, bem como os produtos da sedimentação, adição de PAC, Alúmen e Sulfato de Alumínio apresentaram valores para o pH muito próximos da neutralidade. No entanto, uma pequena variação de pH foi perceptível ao passo com que aumentava as concentrações dos coagulantes. Tais constatações foram observadas para as duas análises, ou seja, a diferença para os valores de turbidez das amostras in natura não acarretaram diferenças significativas no pH quando submetidas ao efeito de coagulantes, ao contrário do que acontece com a turbidez.

Em pHs muito ácido ou muito básico a eficiência do coagulante Alúmen diminui, então, quando a água a ser tratado apresentar estas condições de pH, este deve ser corrigido antes da aplicação do coagulante, haja vista que a alcalinidade da água deve propiciar a formação do gel de hidróxido de alumínio, que desestabiliza os colóides carregados negativamente, possibilitando assim a formação de agregados maiores que acabam precipitando durante a decantação. No caso das amostras estudadas na pesquisa, não necessitou realizar a correção da alcalinidade, favorecendo a atuação do coagulante. Valores de pH ácidos conferem ineficiência da remoção da turbidez, assim como a alcalinidade elevada que leva à ocorrência de precipitados de alumínio que corroboram com a turbidez da água. Por sua vez, a melhor faixa de pH para a eficiente remoção da turbidez é a neutralidade.

Finalmente, a pesquisa apresentou uma similaridade bastante significativa quando compara-se a ação e eficiência dos três coagulantes testados. Em primeiro lugar, os valores do pH na faixa da neutralidade demonstraram que os coagulantes estudados desempenham ação e eficiência favoráveis. Além disso, pensando nos valores de turbidez para os coagulantes testados obteve-se valores de remoção de turbidez bastantes favoráveis e significativos, apresentando valores de turbidez abaixo do que exige o Ministério da Saúde (5 u.T. para águas de abastecimento público).

Alguns estudos indicam que a utilização do PAC apresenta certa vantagem sobre os demais coagulantes existentes e empregados em estações de tratamento de água, isto, devido ao fato de que a sua utilização independe da alcalinidade da água. Além disso, de acordo com o presente estudo foi possível constatar que tal coagulante foi o que mostrou melhor desempenho, já que nas vezes em que seu uso foi submetido, apresentou maiores valores de remoção de turbidez para menores concentrações de coagulante.

No entanto, o presente estudo pode concluir que a utilização dos demais coagulantes (Sulfato de Alumínio e Alúmen), quando aplicados em águas com pH e alcalinidade ajustados, apresentam eficiências muito próximas do que apresenta o PAC e, considerando o viés ambiental por trás da produção do Alúmen, quando pensa-se na utilização de material reciclado na produção de um novo coagulante, caracteriza-se uma vantagem maior e mais significativa do que apresenta o PAC.

Os problemas ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos no Brasil é um problema bastante recorrente que condiciona a ocorrência de diversos outros problemas, a pensar, sobretudo, a contaminação do solo e da água. Ao utilizar um componente reciclado/reciclável na produção de um coagulante passível de utilização e com eficiência comprovada em estações de tratamento de água, tem-se de forma concomitante a solução de duas problemáticas sanitárias.

Comprovada a eficiência do Alúmen e, visto a sua maior vantagem, que é a promoção da sustentabilidade, fica nítida a viabilidade da sua aplicação nas etapas de coagulação e floculação em estações de tratamento de água, caracterizando uma alternativa em potencial para os resíduos de alumínio que são gerados diariamente.

Conclusões:

As etapas de coagulação e floculação, sendo preliminares no processo de tratamento de água para abastecimento e consumo público, se executadas de forma inadequada podem ocasionar uma série de problemas e prejuízos nas etapas subsequentes do tratamento, bem como comprometer a qualidade final da água para distribuição.

Os ensaios permitiram concluir que o Alúmen pode ser utilizado como coagulante nas estações de tratamento de água, porém, foi perceptível que a eficiência do Alúmen diminui quando a turbidez da água a ser tratada aumenta e isso também ocorre para os demais coagulantes testados.

As amostras de água coletadas apresentaram pHs na faixa da neutralidade, o que corroborou com a eficiência na remoção de turbidez pelo coagulante Alúmen. A coagulação não é favorecida em meio muito ácido ou básico para todas as substâncias coagulantes.

Ao se comparar os coagulantes PAC, Alúmen e Sulfato de Alumínio, percebe-se que estes apresentam eficiência semelhantes em termos de redução de turbidez.

A vantagem e viabilidade da utilização do Alúmen como coagulante nas etapas de coagulação e floculação em estações de tratamento de água, ficam evidenciadas quando considera-se o caráter ambiental por trás da produção de tal coagulante. A solução da problemática ambiental da disposição de resíduos faz valorizar ainda mais a iniciativa da utilização do Alúmen, que caracteriza um destino adequado às latinhas de alumínio que são dispostas, muitas vezes, de forma inadequada.

Referências bibliográficas

BRASIL. Agência Nacional da água (ANA). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 2011. 325 p.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 24 nov. 2016.

_____. **Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

_____. **Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

DEBACHER, N. A et al. **Experiências de Química Geral**, 2. ed. FEESC, 2005

DI BERNARDO, L., **Métodos e técnicas de tratamento de água**. ABES, v.1, Rio de Janeiro, 1993.

DI BERNARDO, L.; DANTAS A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005. v. 1 – 2.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 285 p.

LIMA, E.P. **Disciplina de Amostragem de Águas e Resíduos: Planos e Técnicas de Amostragem**. 2006. 36 p. 1. ed. Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas, Pelotas, 2006.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2010. 444 p.

LAURENTI, A., **Qualidade da água I**. Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Imprensa Universitária. Florianópolis-SC, 1997. 89 p.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. Dissertação de mestrado. Escola de engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2001.

PIVELI, R. P. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-químicos**, 2005. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%206%20%20Alcalinidade%20e%20Acidez.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

RICHTER, C. A., **Água: Métodos e tecnologias de tratamento**. São Paulo, Blucher, 2009.

SHIOCHETT, R. D. **Viabilidade do uso do alúmen, sintetizado a partir de alumínio reciclável, na etapa de coagulação e floculação da ETA de Chapecó - SC**. Artigo de conclusão de curso de bacharel em engenharia ambiental pela Universidade Federal da Fronteira Sul. Chapecó, SC. 2015.