

DOUGLAS RODRIGO SCHIOCHETT

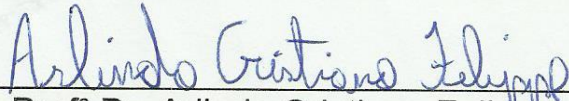
**VIABILIDADE DO USO DO ALÚMEN, SINTETIZADO A PARTIR
DE ALUMÍNIO RECICLÁVEL, NA ETAPA DE COAGULAÇÃO E
FLOCULAÇÃO DA ETA DE CHAPECÓ-SC**

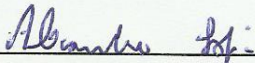
Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como
requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia
Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Profº Dr. Arlindo Cristiano Felipe

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e
aprovado pela banca em: 03 / 12 / 2015

BANCA EXAMINADORA


Profº Dr. Arlindo Cristiano Felipe – UFFS


Profº Dr. Alexandre Augusto Moreira Lapis – UFFS


Profº Me. Leandro Bassani - UFFS

VIABILIDADE DO USO DO ALÚMEN, SINTETIZADO A PARTIR DE ALUMÍNIO RECICLÁVEL, NA ETAPA DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO DA ETA DE CHAPECÓ-SC

Douglas Rodrigo Schiochett*

Arlindo Cristiano Felipe**

Leandro Bassani***

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade da síntese e do uso do alúmen ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) como coagulante na estação de tratamento de água de Chapecó, elemento que pode ser sintetizado a partir de alumínio reciclado. A síntese do alúmen foi feita seguindo a metodologia proposta por Debacher (et. al, 2005), utilizando lata de alumínio. A eficiência da síntese obtida foi de aproximadamente 67 %. Experimento de jar-test foram realizados com o intuito de determinar a dosagem ótima do coagulante para amostras de água da entrada da estação de tratamento com diferentes valores de turbidez. Os resultados mostraram que a eficiência do alúmen decresce com o aumento da turbidez da água, entretanto, ele tem eficiência suficiente de remoção de turbidez para os padrões exigidos pela legislação brasileira (valor máximo permitido igual a 5 NTU) mesmo quando os valores de turbidez das amostras eram elevados. A dosagem ótima determinada variou de 0,90 a 1,35 ppm de Al^{3+} para as amostras analisadas, que tinham valor de turbidez igual a 30, 45 e 79 NTU. Os resultados também indicam que o alúmen perde a eficiência consideravelmente quando o pH da água está fora da faixa de 7,0 a 8,5, o que indica que pode ser necessário o tratamento deste parâmetro para garantir a eficiência deste composto, entretanto, as amostras coletadas possuíam pH próximo de 7,0. Ao comparar a eficiência do alúmen com a do PAC tem-se que o primeiro apresenta melhor eficácia de remoção da turbidez de águas claras, e para águas mais turvas a eficiência é semelhante. Então, a grande vantagem do PAC em relação ao alúmen é que a sua eficiência não depende do pH.

Palavras-chave: Alúmen. Coagulante. PAC. Tratamento de água. Jar-Test.

Introdução

A qualidade de vida está ligada diretamente a quantidade e qualidade da água disponível para o consumo humano. Essa relação é observada em países onde existem precárias condições de saneamento básico e tratamento de água. Devido a isso, nestes locais, os índices de doenças transmitidas pela água são elevados e responsáveis por altas taxas de mortalidade infantil (ALMEIDA, et. al., 2001).

No Brasil, a estimativa é de que 60 % das internações hospitalares são causas da precariedade do saneamento básico, e 90 % destas doenças são consequência da falta de água em quantidade suficiente ou à sua qualidade imprópria para consumo (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

* Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul – douglaschiochett@gmail.com

** Químico, professor Dr. na Universidade Federal da Fronteira Sul – arlindocfelippe@uffs.edu.br

*** Engenheiro Sanitarista e Ambiental, professor Msc na Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Chapecó – SC, Brasil. E-mail: leandrobassani@uffs.edu.br

Portanto, para minimizar os problemas causados por altos índices de doenças e garantir a saúde da população, o monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano deve ser uma atividade rotineira e preventiva, a fim de reduzir as possibilidades de enfermidades transmitidas pela água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

Atualmente, em teoria, não existe água que não possa ser tratada, devido ao grande avanço tecnológico na área de tratamento de água. Entretanto, os custos para o tratamento de águas muito poluídas ainda podem ser elevados. Portanto, é necessário que a busca por novas alternativas de tratamento seja contínua (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Para fornecer água de qualidade adequada para população, cada cidade deve possuir, no mínimo, uma estação de tratamento de água (ETA), que é o local responsável pela captação, tratamento e distribuição.

O tipo de tratamento mais comum nas estações brasileiras é o tratamento de água em ciclo completo, também conhecido como tratamento convencional. Ele é composto pelas seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Em alguns casos, antes de todos estes processos, pode ser feito o tratamento preliminar da água bruta (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Quando a água bruta chega na ETA, possui impurezas que são compostas, basicamente, por partículas coloidais, substâncias húmicas e organismos em geral, que se repelem por possuírem carga negativa. Dessa forma, não se aglomeram, e como separadamente são muito leves, permanecem em suspensão (PAVANELLI, 2001). Quando não existe o tratamento preliminar, a coagulação e a floculação são os primeiros processos que ocorrem em uma ETA, e são responsáveis por possibilitar a retirada destas partículas finas (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

O processo de coagulação procura desestabilizar as matérias em suspensão, facilitando sua aglomeração, pela injeção e a dispersão rápida de produtos químicos (SOARES, 1996). Este processo consiste na adição de sais de alumínio ou ferro na água bruta, fazendo com que o coagulante reaja com a água, formando íons positivos (cátions), que desestabilizam as partículas negativas. Este processo ocorre na unidade de mistura rápida e tem duração muito curta (décimos de segundos até 100 segundos) (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

A floculação consiste na agitação mecânica e relativamente lenta da água, visando promover o contato entre as partículas suspensas já desestabilizadas pela coagulação, fazendo com que estas se aglomerem, formando partículas maiores, as quais poderão ser removidas da água por sedimentação, flotação ou filtração rápida. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Para a eliminação eficiente destas partículas é importante que estes dois processos ocorram de maneira correta, pois a produção de um floco muito pequeno causa uma decantação insuficiente, deixando uma grande quantidade de partículas de floco nos filtros, obstruindo-os, e se o floco for frágil, pode se quebrar em pequenas partículas que podem atravessar o filtro e interferir na qualidade da água (SOARES, 1996).

A etapa de coagulação tem extrema importância, pois, se esta não ocorre de forma adequada a eficiência das etapas posteriores poderá ser prejudicada, a ponto de ser necessário descartar toda a água efluente da ETA. Portanto é necessário que se realizem estudos sobre diferentes tipos de coagulantes para otimizar o processo de tratamento de água (PAVANELLI, 2001).

Como a eficácia do processo de coagulação depende das propriedades químicas e físicas da água, como alcalinidade, pH e condutividade elétrica, e estas características mudam de uma região para outra, cada ETA pode optar por um coagulante específico para otimizar seu processo (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Para a escolha correta de um coagulante, deve-se realizar ensaios preliminares em laboratórios, já que os efeitos provocados pelas interações entre estes fatores são muito complexos (SOARES, 1996).

No processo de coagulação, o pH é o fator mais importante a ser considerado, visto que existe uma faixa de valores onde a coagulação se produz mais rapidamente, em função do coagulante utilizado, da sua concentração e da composição da água a ser tratada. Se a coagulação for realizada fora da zona ideal deve-se aumentar a quantidade de coagulante, o que diminui a eficiência do tratamento da água (SOARES, 1996).

Sabe-se que atualmente a indústria produz latas de alumínio em larga escala. Estes materiais levam de 200 a 500 anos para se decompor na natureza (MAGALHÃES, 2001), e seu descarte incorreto pode acarretar em impactos ambientais relevantes, mesmo quando destinadas a um aterro sanitário, devido ao grande volume ocupado. Dessa forma, se faz necessário encontrar alternativas viáveis para seu reaproveitamento.

Uma alternativa interessante para o reaproveitamento do alumínio (latas de alumínio descartadas) pode ser seu uso na síntese de alúmen. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade da utilização do alúmen (sulfato duplo de alumínio e potássio dodecahidratado ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$)), na ETA de Chapecó, por ser um composto que, devido a suas propriedades químicas, pode ser utilizado como coagulante, e pode ser sintetizado usando latas de alumínio como matéria prima.

O coagulante utilizado no tratamento de água do local de estudo é o policloreto de alumínio (PAC). Neste trabalho a eficiência de remoção de turbidez usando o alúmen foi determinada através da comparação com a eficiência do PAC, utilizando amostras de água da entrada da ETA de Chapecó.

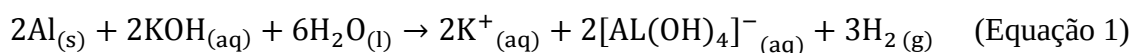
Buscando identificar uma metodologia eficiente de síntese de coagulante a partir de latas de alumínio, todo o alúmen utilizado nos experimentos provém da síntese feita durante a realização deste trabalho.

Materiais e métodos

Síntese do alúmen

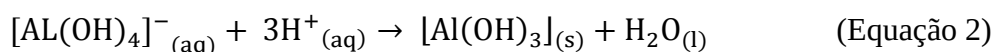
O método utilizado para a síntese do alúmen foi o sugerido por Debacher (et. al, 2005). Utilizou-se uma lata de refrigerante para se obter um retângulo de alumínio de 6 x 7 cm. A tinta foi removida utilizando-se palha de aço e o peso final medido foi de 1,103 g. A peça de alumínio foi cortada em pedaços quadrados de aproximadamente 0,4 cm.

Os pedaços foram colocados em um béquer onde foi adicionado 50 mL de KOH 1,5 mol.L⁻¹. Para acelerar a reação, o béquer foi posicionado em uma chapa de aquecimento localizada dentro de uma capela. A reação ocorrida nesta etapa é representada pela Equação 1.

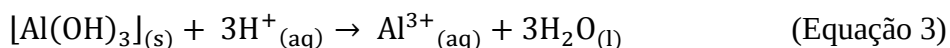


A solução resultante desta reação foi filtrada posteriormente a partir de um aparato montado, utilizando o funil de büchner, papel filtro e bomba vácuo. O conteúdo filtrado foi transferido para um béquer, onde então foi adicionado 20 mL de H₂SO₄ 9,0 mol.L⁻¹ na solução. Como resultado, permaneceram na solução os íons potássio, alumínio e sulfato. As equações 2 e 3 representam estas etapas.

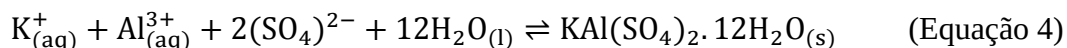
Adição de ácido:



Adição de excesso de ácido sob agitação:



Posteriormente, o béquer foi colocado em banho de gelo, e seu fundo foi friccionado utilizando bastão de vidro para que iniciasse a precipitação e formação de cristais de alumínio. Estes foram filtrados utilizando o funil limpo com papel filtro novo. Para remover todos os cristais do béquer, foi utilizada uma solução de etanol/água 50 % (v/v) previamente resfriada. A Equação 4 representa esta etapa.



A dupla seta indica que este composto é solúvel em água, ou seja, o sal duplo libera seus íons hidratados em solução. Utilizando um bastão de vidro os cristais foram separados do papel filtro e transferidos para uma placa de petri, que foi colocada em um dessecador contendo sílica, o qual ficou sob vácuo por uma semana. Assim, obteve-se o alumínio seco.

Coleta das amostras de água

As coletas das amostras de água foram feitas na entrada de água da ETA de Chapecó-SC, utilizando bombonas de polipropileno de capacidade de armazenamento de 20 L, que foram inseridas a cerca de 20 cm da superfície no sentido contrário a corrente para captar a água. A metodologia de coleta foi baseada na obra “Técnicas gerais de coleta de líquidos para análises físico-químicas” descritas por Lima (2006).

Dosagem ótima de coagulante

Dosagem ótima de coagulante é a menor concentração de coagulante adicionado à água que propicie a diminuição do valor de turbidez até padrões adequados de qualidade. A tabela do anexo X da portaria MS 2.914/2011 estabelece 5 NTU como o valor máximo permitido para a turbidez, para que a água seja considerada dentro dos padrões organolépticos de potabilidade.

Para determinar seu valor foi utilizada a metodologia descrita por Soares (1996). O equipamento utilizado foi o jar-test (Policontrol, modelo Floc Control III), que é composto por 6 jarros de 2 L cada, contendo pás ou agitadores, a fim de otimizar o processo de coagulação e floculação da água contida em seu interior. Este equipamento possui tubos de ensaios interligados que permitem a adição do coagulante simultaneamente em todos os jarros.

O método consistiu em adicionar diferentes concentrações de coagulante na água, e comparar o valor de turbidez anterior e posterior ao processo de coagulação e floculação. Para isto, valores de velocidade de rotação e tempo de duração, de coagulação (mistura rápida) e floculação (mistura lenta), foram determinados de acordo com os dados utilizados na CASAN de Chapecó-SC, que correspondem a 200 s^{-1} durante 30 segundos para mistura rápida, 15 s^{-1} durante 20 minutos para mistura lenta e 10 minutos para tempo de decantação.

Os coagulantes utilizados foram o PAC e o alumínio. Uma solução de PAC contendo 1.000 ppm de Al^{3+} foi preparada diluindo-se a solução fornecida pela CASAN, de 100.000 ppm de Al^{3+} . O alumínio foi diluído em água para uma concentração de 900 ppm de Al^{3+} .

Determinação da turbidez

Para determinação da turbidez foi utilizado um turbidímetro (Policontrol, modelo AP 2000). O método consistiu em transferir a amostra para um frasco transparente, que foi colocado no aparelho para que se efetuasse sua medição. O equipamento possui uma fonte de luz que

incide na amostra, e verifica a turbidez a partir de um detector fotoelétrico, capaz de medir a luz dispersa em um ângulo de 90° em relação a luz incidente (PIVELI, 2005).

A turbidez das amostras foi medida antes e depois de passar pelos processos de coagulação e floculação, para verificar a eficácia dos coagulantes.

Determinação da alcalinidade

A alcalinidade é uma propriedade química da água, que pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH (PIVELI, 2005). A determinação da alcalinidade foi por titulação utilizando alaranjado de metila como indicador.

Para cada amostra de água, foram medidos 100 mL em uma proveta graduada e transferidas para um erlenmeyer, onde receberam quatro gotas do indicador alaranjado de metila, obtendo-se a coloração amarela. Uma solução de ácido sulfúrico 0,0215 N foi adicionada gota a gota, agitando constantemente o erlenmeyer, até a viragem para a cor laranja. Os valores de alcalinidade foram calculados através da Equação 5,

$$\text{Alcalinidade em ppm de CaCO}_3 = \frac{P \times N \times 5 \times 10^4}{v} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde P foi o volume em mL da solução padrão de H₂SO₄ necessário para que ocorresse a mudança de cor do indicador alaranjado de metila, N é a normalidade de H₂SO₄, e v é o volume da amostra de água, em mL.

Medidas de pH

Os valores de pH foram verificados utilizando-se um pHmetro da marca MS TECNOPON, modelo mPA-210. O método de uso deste equipamento consistiu em submergir seu eletrodo nas amostras de água, e o valor do pH referente foi obtido na tela do equipamento. O pH foi medido também após os processos de coagulação e floculação, para verificar se este se encontrava dentro dos padrões para consumo humano.

Efeito do pH na remoção da turbidez

O efeito do pH na eficiência de remoção da turbidez também foi analisado. Para este experimento foi utilizada a amostra de água do dia 27/10/15, da qual o valor de dosagem ótima de alúmen já havia sido obtido.

Este experimento consistiu em variar o pH de amostras desta água, armazenadas em jarros do jar-test, onde se aplicou a dosagem ótima de coagulante e posteriormente mediu-se o valor de turbidez remanescente em cada uma das amostras após a execução do jar-test.

Resultados e Discussão

Rendimento da síntese do alúmen

A massa total de alúmen obtida após secagem foi de 13,000 g, o que correspondeu a um rendimento percentual de aproximadamente 67 %, que foi calculado a partir da Equação 6,

$$\text{Rendimento de alúmen} = \frac{m_{\text{alúmen}}}{\left(\frac{M_{\text{alúmen}} \times m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} \right)} \times 100\% \quad (\text{Equação 6})$$

Onde $m_{\text{alúmen}}$ e $M_{\text{alúmen}}$ correspondem, respectivamente, a massa de alúmen obtida e a massa molar do alúmen (13,000 g e 474,46 g.mol⁻¹), assim como m_{Al} e M_{Al} correspondem respectivamente a massa de alumínio de partida na reação e a massa molar do alumínio (1,103 g e 26,98 g.mol⁻¹).

O rendimento é dado devido a perdas ocorridas durante o processo e à impureza da peça de alumínio. Como a peça de alumínio foi obtida a partir do lixamento de uma lata de refrigerante utilizando esponja de aço é possível que tenham restados vestígios de tinta na lata e de aço aderido.

Eficiência de remoção de turbidez

Os testes foram realizados em águas contendo diferentes valores de turbidez, coletadas na entrada da ETA de Chapecó-SC, nos dias 22 e 29 de setembro e 27 de outubro de 2015, e os resultados obtidos encontram-se nas tabelas 1, 2, 3 e 4. As concentrações de PAC estão expressas em concentração de Al₂O₃.

Os resultados obtidos para as análises do dia 22/09/15 se encontram na tabela 1. A amostra de água coletada apresentou pH igual a 7,05, alcalinidade igual a 25,20 ppm de CaCO₃ e turbidez igual a 26 NTU. Cada 0,09 ppm de Al³⁺ consome 0,45 ppm de alcalinidade, então para este caso, onde usou-se a dosagem máxima de coagulante alúmen de 2,70 ppm de Al³⁺, a amostra precisaria ter 13,50 ppm de alcalinidade, então não foi preciso adicionar alcalinizante, pois a amostra já possuía 25,20 ppm de alcalinidade.

A dosagem ótima do coagulante alúmen obtida para esta amostra de água foi de 23,70 ppm de alúmen, que corresponde a 1,35 ppm de Al³⁺, pois foi onde teve-se a maior redução de turbidez, que passou de 26 NTU para 1 NTU; valor este que satisfaz a portaria MS 2.914/2011, que estabelece um VMP de 5 NTU para a turbidez da água como padrão organoléptico de potabilidade.

Observou-se também na tabela 1, que a dosagem ótima do coagulante PAC foi de 2,40 ppm, que corresponde a 1,25 ppm de Al³⁺. Esta dosagem é semelhante àquela do coagulante alúmen, entretanto, a eficiência de remoção foi menor para este caso, pois o valor de turbidez final foi de 2 NTU.

Tabela 1: Resultados obtidos para os ensaios de jar-test no dia 22/09/15.

Coagulante	Concentração de coagulante, ppm	Concentração de Al ³⁺ , ppm	Turbidez NTU
-	0	0	26
Alúmen	15,80	0,90	2
Alúmen	23,70	1,35	1
Alúmen	31,60	1,80	2
Alúmen	39,50	2,25	1
Alúmen	47,40	2,70	2
PAC	0,90	0,50	20
PAC	1,40	0,75	9
PAC	1,90	1,00	3
PAC	2,40	1,25	2
PAC	2,80	1,50	2

Fonte: Autor

Os resultados obtidos para as análises do dia 27/09/15 se encontram na tabela 2. A amostra de água coletada apresentou pH igual a 6,98, alcalinidade igual a 15,8 ppm de CaCO_3 e turbidez igual a 79 NTU. Neste caso, como a maior dosagem do coagulante alumínio foi de 3,15 ppm de Al^{3+} , o que corresponde a um consumo de 15,75 ppm de alcalinidade, atingiu-se o limite de adição de coagulante.

Mesmo com 79 NTU de turbidez a dosagem ótima do coagulante alumínio foi de 23,70 ppm, ou 1,35 ppm de Al^{3+} . O valor da turbidez residual, igual a 4 NTU, foi maior que o obtido no experimento anterior, mas ainda se encontrou dentro do VMP estabelecido pela portaria MS 2.914/2011. Isso significa que a eficiência diminuiu com o aumento da turbidez da água.

Observou-se também na tabela 2 que a dosagem ótima do coagulante PAC para este caso foi de 3,8 ppm, que corresponde a concentração de 2,00 ppm de Al^{3+} , onde o valor de turbidez residual foi igual a 3 NTU para esta dosagem.

Nesta amostra de água a remoção de turbidez do PAC foi maior em relação ao alumínio, porém, a concentração de coagulante aplicado também foi maior, o que significa que a eficiência dos dois componentes é semelhante para águas mais turvas.

Tabela 2: Resultados obtidos para os ensaios de jar-test no dia 27/09/15.

Coagulante	Concentração de coagulante, ppm	Concentração de Al^{3+} , ppm	Turbidez NTU
-	0	0	79
Alúmen	7,90	0,45	76
Alúmen	15,80	0,90	5
Alúmen	23,70	1,35	4
Alúmen	31,60	1,80	9
Alúmen	39,50	2,25	38
Alúmen	47,40	2,70	66
Alúmen	55,30	3,15	76
PAC	1,90	1,00	12
PAC	2,40	1,25	5
PAC	2,80	1,50	4
PAC	3,30	1,75	4
PAC	3,80	2,00	3

Fonte: Autor.

Os resultados obtidos para as análises do dia 27/10/15 encontram-se na tabela 3. A amostra de água coletada apresentou pH igual a 7,20, alcalinidade igual a 23,1 ppm de CaCO_3 e turbidez igual a 45 NTU. Neste caso a dosagem máxima aplicada do coagulante alumínio foi de 3,15 ppm de Al^{3+} , que corresponde a um consumo de 15,75 ppm de alcalinidade, então não foi preciso adicionar alcalinizante a amostra, pois esta possuía naturalmente 23,10 ppm de alcalinidade.

A dosagem ótima do coagulante alumínio foi de 15,80 ppm, o que equivale a 0,90 ppm de Al^{3+} . A turbidez residual foi de 3 NTU, valor que se encontra dentro das normas de potabilidade estabelecidas pela portaria MS 2.914/2011.

A dosagem ótima do coagulante PAC foi de 2,8 ppm, equivalente a 1,5 ppm de Al^{3+} , e teve redução de turbidez de 45 NTU para 1 NTU. Como pode ser observado, a dosagem de

coagulante PAC aplicado foi maior que a do coagulante alumínio, e a eficiência em termos de redução de turbidez também foi maior.

Tabela 3 - Resultados obtidos para os ensaios de jar-test no dia 27/10/15.

Coagulante	Concentração de coagulante, ppm	Concentração de Al^{3+} , ppm	Turbidez NTU
-	0	0	45
Alúmen	7,90	0,45	38
Alúmen	11,85	0,68	4
Alúmen	15,80	0,90	3
Alúmen	23,70	1,35	3
Alúmen	31,60	1,80	8
Alúmen	39,50	2,25	24
PAC	0,50	0,25	17
PAC	0,90	0,50	8
PAC	1,90	1,00	2
PAC	2,80	1,50	1
PAC	3,80	2,00	1

Fonte: Autor

Efeito do pH na remoção da turbidez

Considerando que o pH é o parâmetro que causa maior interferência na eficiência da maioria dos coagulantes, a eficiência de remoção da turbidez para diferentes valores de pH foi analisada. Para este experimento foi utilizada a amostra de água coletada no dia 27/10/15, onde o valor da dosagem ótima do coagulante alumínio já havia sido obtido, sendo de 15,80 ppm de alumínio, equivalente a 0,90 ppm de Al^{3+} , onde a turbidez residual foi de 3 NTU (tabela 3), valor que se encontra dentro das normas estabelecidas pela portaria MS 2.914/2011.

Para aumentar o pH da amostra foi utilizada uma solução de NaOH (Vetec) 1 mol.L⁻¹. A amostra, que na realização do experimento possuía pH igual a 7,2, teve seu pH elevado a 8,4, 9,0 e 9,8 em três jarros diferentes.

Para diminuir o pH foi utilizada uma solução de HCl 37% v.v⁻¹ (Dinâmica). A amostra teve o pH diminuído de 7,2 para 5,1 e 2,9, em dois jarros diferentes. Os resultados deste experimento estão expressos na tabela 4.

Tabela 4: Efeito do pH na remoção da turbidez utilizando a dosagem ótima do coagulante alumínio de 15,8 ppm obtido para a amostra de água contendo 45 NTU de turbidez.

pH	Turbidez, NTU
2,9	17
5,1	28
7,2	4
8,4	3
9,0	40
9,8	42

Como pode ser observado na tabela 4, ocorre queda de eficiência na remoção de turbidez quando se usa o coagulante alumínio em águas que apresentam valores de pH fora da faixa entre 7,0 e 8,4. A menor eficiência se dá em valores de pH muito alcalino, como por exemplo o pH igual a 9,0, onde a amostra de água teve uma baixa redução de turbidez que passou de 45 NTU para 40 NTU. Em pH igual a 9,8 essa redução de turbidez da água foi ainda menor, passando de 45 NTU para 42 NTU. Este fenômeno acontece porque em pH muito alcalino ocorre a formação de complexos de alumínio que possuem cargas negativas, mesmo caráter iônico apresentado pelos coloides (carga negativa) e assim o coagulante alumínio não consegue desestabilizar estes coloides, e o processo de coagulação não acontece.

Uma das vantagens do uso do PAC em relação ao alumínio é que o valor de pH não interfere em sua eficiência (CONSTANTINO; YAMAMURA, 2009). Este fato tem simplificado esta etapa de tratamento da água.

Conclusões

Através dos experimentos realizados neste estudo conclui-se que é possível utilizar o alumínio como coagulante nas estações de tratamento de água. A eficiência do alumínio diminui quando a turbidez da água a ser tratada aumenta, porém, mesmo para a amostra de água mais turva (79 NTU), com a dosagem de 23,7 ppm do coagulante alumínio, a turbidez residual foi de 4 NTU, valor que se encontra dentro dos padrões de potabilidade estabelecidas pela portaria MS 2.914/2011, que determina que a água deve possuir no máximo 5 NTU de turbidez.

Os resultados também mostraram que a eficiência na remoção de turbidez do coagulante alumínio depende do pH. A coagulação não ocorre em meio muito ácido ou básico. Como em pH muito básico o alumínio forma complexos negativos a desestabilização não acontece porque os coloides também possuem carga negativa.

A portaria MS 2.914/2011 define que o pH da água após o tratamento deve estar entre 6,0 a 9,5. Assim é possível manipular o pH da água a ser tratada para a faixa de pH onde o coagulante alumínio apresenta sua maior eficiência em termos de remoção de turbidez. Entretanto, como pode ser observado durante a realização deste estudo, a água captada pela ETA de Chapecó não possui grandes variações de pH, estando este sempre próximo de 7,0.

Ao se comparar os coagulantes PAC e alumínio, percebe-se que estes apresentam eficiência semelhante em termos de redução de turbidez, assim, com o uso do alumínio, poderia ser dado um destino adequado aos resíduos de alumínio que são gerados todos os dias.

Analysis of the quality of water from tubular wells in the urban region of Chapecó – SC

Abstract

The objective of this study was to assess the feasibility of using alum ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) as a coagulant in water treatment Chapecó, an element that can be synthesized from recycled aluminum. Jar-tests conducted in order to determine the optimal coagulant dosage for input samples with different turbidity values. The results showed that the Alum efficiency decreases while turbidity increases, however, it has enough efficiency turbidity removal to the standards required by Brazilian law (maximum allowed value of 5 NTU), even when the turbidity samples value were high . The particular optimum dosage ranged from 0.9 to 1.35 ppm AL^{3+} for the analyzed samples, which had turbidity value of 30, 45 and 79 NTU. The results also indicate that this compound loses efficiency considerably when the pH of the water is outside the range of 7.0 to 8.5, which indicates that treatment may be required to ensure this parameter the efficiency of the compound. When comparing efficiency of the alum to the PAC has the former has better efficiency of removal of clear water turbidity, and water that is more turbid is similar efficiency. Then, the great advantage of CAP to Alum is compared their efficiency does not depend on pH.

Keywords: Alum. Coagulant. PAC. Water treatment. Jar-Test.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M.; FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, mai./jun. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5762**: Determinação de alcalinidade em água - Método por titulação direta. Rio de Janeiro: ABNT, 1977.

AUSTEN, Peter T; A WILBER, Francis. Report of the purification of drinkin-water by alum. Annual Report Of The State Geologist: for the year 1884, Nova Jersey, v. 1, n. 1, p.141-150, 14 fev. 1885.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Qualidade da água para consumo humano**. Brasília: EDITORA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005.

SZPOGANICZ, Bruno; STADLER, Eduardo; DEBACHER, Nito A. **Experiências em química geral**. 2005. 175 p. 2. ed. Fundação do Ensino de Engenharia em Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2005.

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.

MAGALHÃES, Marcos Alves de. Tempo de Degradação de Materiais Descartados no Meio Ambiente. **Jornal do Centro Mineiro de Conservação da Natureza**, Viçosa, 20 mar. 2001. p. 7 – 8.

OO, Khin Nwe et al. EFFECTIVENESS OF POTASH ALUM IN DECONTAMINATING HOUSEHOLD WATER. **Journal of Diarrhoeal Diseases Research**. Bangladesh, p. 172-174. 3 set. 1993.

PAVANELLI, Gerson. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. 216p. (Hidráulica e saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PIVELI, Roque Passos. **Qualidade das Águas e Poluição**: Aspectos Físico-Químicos. 2005. 285 p. 1. ed. v. 1. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental– ABES, São Paulo, 2005.

SOARES, Sebastião Roberto. **Tratamento de água**. 1996. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 1996.

CONSTANTINO, Arcioni Ferrari; YAMAMURA, Victor Docê. Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 2., 2009, Maringá. **Anais...** . Maringá: Peu, 2009. p. 1 - 10.