

CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA UTILIZAÇÃO DO COAGULANTE ÁCIDO POLIGLUTÂMICO (PG α 21Ca) PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

Andrea Sartori Jabur⁽¹⁾

Engenheira Civil. Doutora Em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná, Pós-doutorado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana, Coordenação de Engenharia Civil.

Cristhiane Michiko Passos Okawa

Engenheira Civil. Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual de Maringá. Professora Adjunta da Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil.

Ana Cláudia Ueda

Engenheira Química. Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana, Coordenação de Engenharia Química.

Alexandra Gomes

Graduanda em Processos químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana.

Endereço⁽¹⁾: Rua Marcílio Dias, 631, Bairro paraíso. Apucarana – Paraná-Brasil. Tel: +55 (43) 32621200. e-mail: jabur@utfpr.edu.br.

RESUMO

Diferentes coagulantes de origem vegetal e mineral são utilizados para o tratamento de água e de efluentes industriais tendo como exemplos: a babosa, o tanino e o quiabo, em contraponto ao uso de coagulantes sintéticos. O objetivo desta pesquisa é avaliar a utilização de polímeros vegetais no processo de coagulação da água *in natura* tendo como estudo de caso o coagulante ácido poliglutâmico (PG α 21Ca), originado na fermentação da soja. Os resultados parciais obtidos apresentaram valores satisfatórios com a redução da turbidez da água em torno de 85%. Foram observados durante o experimento dois fatores importantes: o tempo de floculação foi reduzido, resultando no tempo máximo de 3 min em Jar-Test e outro fator observado foi a formação de um floco único, diferenciando do tratamento de outros coagulantes sintéticos, onde ocorre a formação de vários flocos durante o processo de floculação. Foram observados também redução do pH e aumento nos valores de condutividade elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: coagulação, tratamento de água, coagulante natural, ácido poliglutâmico.

INTRODUÇÃO

O Sistema de Abastecimento de Água pode ser projetado para atender a pequenas áreas rurais ou a megacidades variando nas características de suas instalações. Caracteriza-se o sistema de abastecimento de água desde a captação da água (superficial, subterrânea ou pluvial), adequação de sua qualidade (Estações de Tratamento de água), transporte até os centros urbanos (rede de água potável) e o fornecimento à população conforme o consumo *per capita* estabelecido no projeto.

Os mananciais de águas superficiais sofrem modificações em suas características naturais devido a sua exposição ao ambiente e principalmente pela ação antrópica. O desmatamento da vegetação ciliar e o lançamento de efluentes domésticos e industriais são os principais responsáveis pela degradação e poluição dos recursos hídricos usados para o abastecimento público. Um dos principais problemas gerados pela poluição é a presença de grande quantidade de sólidos em suspensão, tornando-se imprescindível o processo de clarificação da água. Um produto essencial neste processo é o agente coagulante. A escolha de um coagulante depende de alguns fatores como: características da água bruta, oferta do produto no mercado, preço e eficiência no tratamento (CONSTANTINO; YAMAMURA, 2009).

O processo de coagulação utilizado na maioria das estações de tratamento convencional envolve a aplicação de produtos químicos (Figura 1) para a desestabilização de suspensões coloidais e de partículas sólidas e

precipitação das mesmas em solução, que de outra maneira, não poderiam ser removidas por sedimentação, flotação ou filtração, devido à alta turbidez (RICHTER, 2005).



Figura 1: Processo de coagulação, com o uso de vertedor e adição do coagulante PAC (policloreto de alumínio).

Fonte: Autores, 2013.

A etapa de clarificação da água (coagulação, floculação, decantação e filtração) representa 70% de uma estação de tratamento de água, e sua função primordial é a retirada da matéria orgânica natural (MON) presente na água. A utilização de coagulantes sintéticos e também agentes desinfetantes com base em cloro pode promover reações com a matéria orgânica natural (MON), formando subprodutos como os trihalometanos (THM), que são formados durante e após o tratamento, devido ao cloro residual obrigatoriamente presente na rede de distribuição, os quais são tóxicos e potencialmente carcinogênicos (SANTOS et al., 2014).

Conforme pesquisa realizada por Santos et al., 2014, a etapa da coagulação/floculação é de grande importância no processo de tratamento, pois pode auxiliar na redução da MON, de modo a reduzir os THM no processo final do tratamento da água (desinfecção).

O sal de alumínio é considerado o coagulante sintético mais comum e mais utilizado em todo o mundo para o tratamento de água ou de efluentes (DEFREMONT, 1989; BRATBY, 1980 apud NADBIGENGESERE et al., 1995). Estes coagulantes são efetivos na remoção de uma ampla variedade de impurezas da água, principalmente cor e turbidez. Segundo Coral; Bergamasco e Bassetti (2009), o uso extensivo do sulfato de alumínio tem sido discutido devido à presença de alumínio remanescente na água tratada e no lodo gerado ao final do processo, que ocorre muitas vezes em concentrações bastante elevadas, o que dificulta a disposição deste lodo no solo devido à poluição e ao acúmulo deste metal.

Atualmente, diferentes coagulantes de origem natural são pesquisados para o tratamento de água, tendo como exemplos: a babosa, o tanino e o quiabo, ao invés do uso de coagulantes químicos. A semente de moringa tem apresentado excelentes resultados em relação ao uso como coagulante no tratamento de água (BADU, CHAUDHURI, 2005).

Dessa forma, o estudo de novas substâncias que sejam capazes de promover ação efetiva no tratamento de águas, visando uma eficiência igualitária ou até mesmo superior àquela obtida pelo uso de coagulantes químicos torna-se importante, não apenas pelo valor econômico agregado a esta nova alternativa, mas também em relação à saúde da população e à conservação do meio ambiente (CORAL; BERGAMASCO; BASSETTIC, 2009).

Outros trabalhos tem apresentado resultados satisfatórios com o uso de diferentes coagulantes para o processo de clarificação, como a babosa/*aloe vera* (BORRI, FREIRE, BOINA, 2014), o quiabo (ABREU LIMA 2007) e o tanino (CORAL, BERGAMASCO, BASSETTI, 2009; ZOLETT, JABUR, 2012).

A meta principal da pesquisa é avaliar as condições de adotar novos coagulantes naturais pelas Companhias de Saneamento e Abastecimento Público em substituição aos coagulantes sintéticos. Deste modo, ao inserir os coagulantes naturais pode-se reduzir o volume de lodo gerado nas Estações de Tratamento de Água. Atualmente, este lodo, apesar de ser classificado segundo NBR 10004 - Resíduos Sólidos Classe II- A, em alguns casos ainda é lançando em corpos d'água gerando um acúmulo de alumínio na bacia hidrográfica (rural ou urbana) como também o aumento de cor e turbidez das águas superficiais.

OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é avaliar a utilização de polímeros vegetais no processo de coagulação da água *in natura*, tendo como estudo de caso o coagulante ácido poliglutâmico (PG α 21Ca), formado a base de soja. A utilização de produtos de origem vegetal no tratamento de água auxilia no desenvolvimento de estudos que visam à inclusão de novas tecnologias de modo a minimizar a geração de resíduos sólidos (lodos) e promover uma disposição final mais sustentável. O presente trabalho apresenta uma avaliação preliminar da aplicabilidade do coagulante para o processo de tratamento da água. O enfoque principal da pesquisa foi constatar a eficiência de remoção de turbidez em função da dosagem aplicada de coagulante.

MATERIAIS E MÉTODOS

O coagulante utilizado no experimento foi o ácido poliglutâmico (PG α 21Ca). O coagulante foi cedido pela empresa OTM Tecnologia Ambiental, pela sede de Curitiba. Este coagulante já foi utilizado na África e na Ásia, como uma forma de tratamento emergencial.

Segundo o fabricante (informações pessoais), o coagulante é formado pelo ácido poliglutâmico (formado pela fermentação da soja) com compostos inorgânicos de cálcio. Este coagulante apresenta as seguintes vantagens: rápida formação dos flocos e, conseqüentemente, rápida sedimentação, pouca modificação do pH e pode ser utilizado em conjunto com outros coagulantes, como o PAC (policloreto de alumínio).

A água utilizada para os ensaios realizados era preparada em laboratório, com o intuito inicial de analisar o comportamento do coagulante com a mesma faixa de turbidez (100 a 110 UNT). Para o preparo da água bruta em laboratório, foi coletada água pluvial nas cisternas (localizadas dentro da universidade). No laboratório, uma quantidade de argila bentonita (aproximadamente 10g) era adicionada em um béquer com 1 litro de água pluvial, a qual era solubilizada com o uso do agitador mecânico. Após este procedimento, esta solução era diluída para 11 litros com água (pluvial também??), em um recipiente de polietileno. Com a amostra preparada, determinou-se o processo de sedimentação (quanto tempo??), para assim iniciar o experimento, com o uso do sobrenadante. Os parâmetros avaliados foram: turbidez, pH e condutividade elétrica com base nas metodologias de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Para realização dos ensaios foi utilizado o equipamento *Jar Test* (Figura 2) O *Jar Test* compreende em um equipamento com 6 jarros com amostras entre 1 à 2 litros, os quais são dosados com diferentes quantidades de coagulante. Adotou-se amostras de 1 litro e a realização em duplicada, de modo a evitar possíveis erros de leituras ou de procedimento no experimento. O equipamento foi programado com os seguintes parâmetros : mistura rápida de 170 rpm por 30 segundos e mistura lenta de 30 rpm com o tempo de 10 minutos. Após as etapas de coagulação/floculação, estabeleceu-se o tempo de 20 minutos para o processo de decantação da água (tabela 1).



Figura 2: Jar Test utilizado no experimento.

Tabela 1: Condições adotadas para os ensaios.

PROCESSO	VELOCIDADE	TEMPO ESTABELECIDO
Coagulação – Mistura Rápida	170 rpm	30 segundos
Floculação – Mistura Lenta	30 rpm	10 minutos
Decantação	-----	20 minutos

Finalizado todo o processo de clarificação era retirada uma amostra de 200 ml do sobrenadante de cada béquer. Por último, era realizada a medição da turbidez final, pH e condutividade elétrica.

A avaliação da eficiência do tratamento foi calculada por meio da redução de turbidez na água tratada pelo coagulante em estudos. A eficiência do processo foi estimada por meio da Equação 1 (BORRI, FREIRE, BOINA, 2014).

$$E(\%) = ((Turb_i - Turb_f) / Turb_i) \times 100$$

em que:

E (%) corresponde a eficiência de redução de turbidez (%);

Turb_i corresponde ao valor da turbidez da água bruta (NTU);

Turb_f corresponde ao valor da turbidez da água após o Jar test (NTU).

RESULTADOS PARCIAIS

Os resultados parciais do experimento estão apresentados na Tabela 2. Observou-se durante o procedimento que este coagulante difere de outros coagulantes encontrados no mercado. O tempo de formação do floco é menor em comparação aos coagulantes como cloreto férrico ou o sulfato de alumínio. O maior tempo determinado por cronômetro foi 6 minutos, porém já ocorreram casos em formação total do floco em apenas 2 minutos. Outro fator observado foi a formação de um floco único (Figura 3) em alguns casos, diferenciando do tratamento com o sulfato de alumínio ou tanino, no qual ocorre a formação de vários flocos durante a floculação.

Na amostra inicial obteve-se a turbidez de 105 NTU, pH de 7,02 e condutividade elétrica de 121,3 µS/cm. Os resultados obtidos com o coagulante são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Resultados da clarificação utilizando ácido poliglutâmico..

Amostra	QUANTIDADE DE COAGULANTE (g)	TURBIDEZ FINAL (NTU)	pH	Condutividade Elétrica µS/cm	E (%)
1	0,25	5,7	6,13	285,3	94,6
2	0,50	10,4	5,85	438,5	90,1
3	0,75	8,0	5,76	531,0	92,4
4	1,00	8,0	5,61	641,5	92,4
5	1,25	7,7	5,41	708,7	92,7
6	1,50	6,8	5,35	785,1	93,5
1	0,25	11,8	5,76	254,3	88,8
2	0,5	18,5	5,38	394,6	82,4
3	0,75	11,3	5,40	479,5	89,2
4	1,00	15,2	5,47	595,1	85,5
5	1,25	33,0	4,68	582,1	68,6
6	1,50	23,0	4,97	707,3	78,1

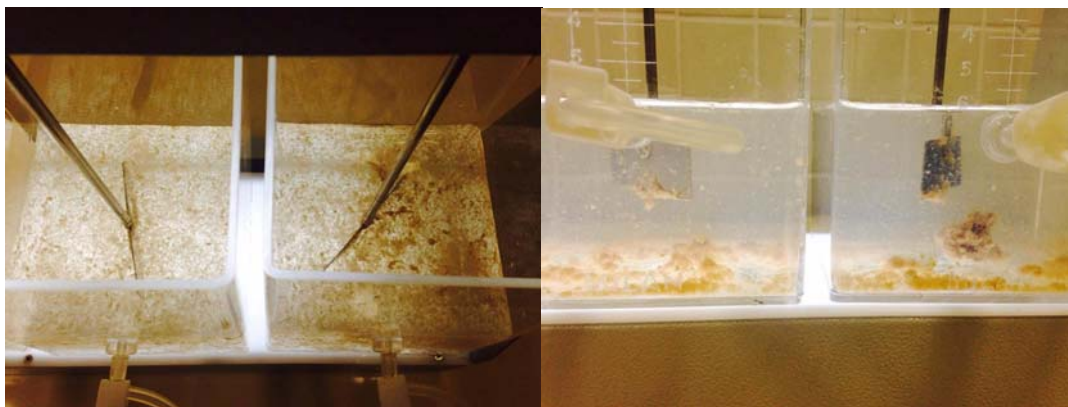


Figura 3: Formação de flocos durante o experimento.

A redução da turbidez ficou entre 68 e 92%. Observou-se que a menor quantidade de coagulante adicionada na amostra gerou os melhores resultados: com uma eficiência superior a 90%, com redução do pH próximo de 6 e manteve uma condutividade elétrica entre 200 e 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Foi constatada a redução do tempo de sedimentação, uma vez que o flocos é único e seu peso próprio é superior em comparação aos flocos de pequenas dimensões. Os processos de floculação mais a decantação não foram superiores a 8 minutos (tempo máximo observado nas 12 amostras), sendo que para alguns coagulantes (quais??? tradicionais) o tempo de sedimentação é de 15 minutos. Este fator de eficiência do coagulante deve ser avaliado, pois o projeto de dimensionamento de ETAs (Estações de Tratamento da Água) é considerado um tempo em média de 2 horas de sedimentação, que poderá ser reduzido.

Porém a adição do coagulante apresentou uma redução do pH da água e aumento da condutividade elétrica, que em alguns casos (dosagem de 1,5 g) foi 6 vezes superior à da amostra inicial. Isto se deve ao fato do coagulante apresentar na fórmula o cálcio, que pode gerar uma água “dura”, isto é, uma água que apresenta a dificuldade de dissolver (fazer espuma) sabão pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos e possui uma concentração maior de íons.

CONCLUSÃO

A utilização do coagulante $\text{PG}\alpha 21\text{Ca}$ para o tratamento de água mostrou-se promissora, uma vez que foram obtidas reduções do parâmetro turbidez nos ensaios experimentais realizados. O tempo de floculação e de decantação é menor em comparação aos outros coagulantes (em alguns casos, o valor ficou entre 1 e no máximo 4 minutos). Porém há algumas questões a serem discutidas com o uso deste coagulante:

- Em caso de adoção do coagulante para a ETA esta deve sofrer modificações em sua estrutura, tendo como exemplo: adotar novos tempos de floculação e de decantação para o dimensionamento destes processos que poderá reduzir as dimensões físicas (Tempo x Volume).
- Outro ponto a ser “avaliado” ou definido é de como deverá ser adicionado o coagulante $\text{PG}\alpha 21\text{Ca}$ em uma ETA tradicional, que foi projetada para coagulantes líquidos e não coagulantes em pó.
- Com a adição do coagulante ocorreu a redução do pH da água, aumento a sua acidez e também ocorreu o aumento da condutividade elétrica, em até 6 vezes o valor inicial, que pode ter advindo do cálcio presente no coagulante.

O estudo está em fase inicial, para o qual foram realizados testes com alta turbidez. A próxima etapa é a realização de mais experimentos com turbidez entre 100 a 110 UNT, para que completar as triplicatas das amostras e posteriormente realizar um tratamento estatístico dos resultados. Os resultados obtidos ainda não permitiram sugerir o emprego do coagulante $\text{PG}\alpha 21\text{Ca}$, pois são necessários mais estudos visando o detalhamento dos mecanismos de clarificação.

RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho apresentou um estudo preliminar sobre a eficiência de redução da turbidez utilizando o coagulante ácido poliglutâmico ($\text{PG}\alpha 21\text{Ca}$). Com os resultados obtidos recomenda-se um estudo aprofundado sobre a interação de diferentes graus de turbidez, para avaliar a capacidade deste coagulante no processo de clarificação da água. Deve-se também avaliar a substituição de coagulantes sintéticos pelos naturais financeiramente.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento para empresa OTM Tecnologia Ambiental por disponibilizar amostras do coagulante para que a pesquisa fosse realizada.

REFERÊNCIAS

1. ABREU LIMA, G. J. DE. Uso de Polímero Natural do Quiabo como Auxiliar de Flocculação e Filtração em Tratamento de Água e Esgoto. [Rio de Janeiro]. 2007. 113 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Saneamento Ambiental Controle da poluição Urbana e Industrial, 2007.) Dissertação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ.
2. APHA; AWWA; WEF. American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21th ed. Washington, 2005.
3. BADU, R., CHAUDHURI, M. Home water treatment by direct filtration with natural coagulant. *Journal of Water and Health*. 03.1, p. 27-30, 2005.
4. Borri, R. B., Welliton, R. F., Boina, L. de Oliveira. REMOÇÃO DA TURBIDEZ DA ÁGUA USANDO ALOE VERA COMO COAGULANTE NATURAL. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 12, 2014, pag. 01-11.
5. CONSTANTINO, A. F.; YAMAMURA, V. D. Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC. Simpósio de Pós-graduação em Engenharia Urbana. 27 a 28 de agosto de 2009, Maringá, Pr. Disponível em: <www.scielo.com.br>. Acesso em: 13/12/2010.
6. CORAL, Lúcia A.; BERGAMASCO, Rosângela; BASSETTI, Fátima. J. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2009, Brasil.
7. L. A. CORAL, R. BERGAMASCO R., F. J. BASSETTI. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo. Em 2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production, São Paulo – Brazil – May 20th-22nd – 2009.
8. NDABIGENDESERE, A., NARASIAH, K. S., TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid Waters using *moringa oleifera*. *Water Res.* Vol. 29, no. 2, p. 703-710. 1995.
9. RICHTER, Carlos A; NETTO, José M. de Azevedo. Tratamento de Água. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2005.
10. SANTOS, T. R. T.; BAZANA, S.; COLDEBELLA, P. F.; ARAKAWA, F. S., SHIMABUKU, Q. L., SILVEIRA, C.; CAMACHO, F. P.; NISHI, L.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, M. F. Avaliação do processo combinado de coagulação/floculação/filtração para remoção da matéria orgânica natural de água de abastecimento utilizando coagulante *moringa oleifera*. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, 19 à 22 de outubro.
11. ZOLETT, E. R. ; JABUR, A. S. Uso De Polímero Natural A Base De Tanino (Tanfloc) Para O Tratamento De Água Para O Consumo Humano. SICITE XVII, Seminário de Iniciação Científica, Curitiba, 2012.