

Da Água Turva à Água Clara: o Papel do Coagulante



Alessandra de Souza Maia, Wanda de Oliveira e Viktoria Klara Lakatos Osório

A água, captada em mananciais, torna-se potável após processamento em estações de tratamento de água. Uma das etapas do tratamento é a de clarificação (remoção de sólidos finos em suspensão causadores de turbidez). Neste experimento demonstrativo, as etapas da clarificação da água são reproduzidas, explorando-se diversos conceitos e ilustrando processos de separação.

► dispersões coloidais, coagulação/floculação, tratamento de água ◀

Recebido em 20/11/02, aceito em 14/5/03

Embara pareça um contra-senso, o nosso planeta, com cerca de 70% de sua superfície coberta por água, dispõe de apenas 0,3% de água doce acessível. Várias formas de poluição afetam essas reservas. O conceito de água pura é, entretanto, relativo, pois depende do uso a que a água se destina (Azevedo, 1999). Nos centros urbanos, as estações de tratamento de água (ETA) são projetadas para fornecer continuamente água para o consumo humano, atendendo a padrões de potabilidade estabelecidos pelo governo e fiscalizados por autoridades sanitárias (Portaria MS nº 1469). A água, captada nos mananciais, se torna potável passando por processos que destroem microorganismos, potenciais causadores de doenças, retiram sedimentos em suspensão e controlam o aspecto e o gosto. As principais operações consistem em decantação, coagulação/floculação, filtração e desinfecção (Grassi, 2001). A ordem das etapas e os reagentes empregados podem variar, dependendo das características iniciais da água, do volume e da finalidade do tratamento.

As etapas do tratamento envolvendo a clarificação da água, ou seja, a remoção de sólidos finos em suspensão que se apresentam como tur-

bidez, podem ser reproduzidas num experimento demonstrativo, em sala de aula. O procedimento é simples, porém permite explorar conceitos sobre colóides, solubilidade, pH e reações químicas, além de ilustrar processos de separação.

Material e reagentes

- 2 béqueres de 1000 mL (ou jarros transparentes de boca larga)
- 1 bastão de vidro (ou espeto de madeira para churrasco)
- 2 funis
- 2 papéis de filtro qualitativos (ou filtro de papel para coar café)
- 2 béqueres de 600 mL (ou copos de vidro)
- 1 pipeta de 1 mL (ou seringa descartável)
- 1 proveta de 50 mL (ou copinho de café descartável)
- Água a ser clarificada, obtida dispersando terra em água da torneira e filtrando em papel qualitativo (visando evitar acidentes e/ou contaminações, não se recomenda o emprego de água turva natural de rio ou represa)
- Água de cal (solução 0,02 mol/L de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, vide preparação em *Química Nova na Escola* n. 10, p. 52)
- Solução de sulfato de alumínio (0,9 mol de Al/L) ou de alumínio

- de potássio (0,18 mol de Al/L)
- Retroprojektor

Procedimento

Coloque a água a ser clarificada, que simula uma água de represa, nos dois béqueres de 1 L até cerca da metade de sua capacidade e disponha os mesmos sobre um retroprojektor ligado, para serem iluminados de baixo para cima. Reserve um dos béqueres para comparação e adicione ao outro 1 mL de solução de sulfato de alumínio ou, alternativamente, 5 mL de solução de alúmen. Agite e em seguida acrescente aos poucos 50 mL de água de cal. Agite brandamente e deixe em repouso, observando os dois sistemas. Após cerca de 15 minutos, filtre separadamente os conteúdos dos dois béqueres e compare os dois filtrados, iluminados no retroprojektor.

Discussão

Conforme o experimento é demonstrado e enquanto se aguarda o tempo de repouso, um paralelismo com os processos correspondentes que ocorrem nas ETA pode ser efetuado, utilizando esquemas e fotos das instalações (disponíveis em sítios da Internet). Outras operações, como desinfecção e fluoretação, não abordadas neste experimento, também

podem ser comentadas.

A água a ser clarificada recebe o sulfato de alumínio e a água de cal e ingressa nos floculadores, onde é submetida à agitação mecânica (uso do bastão de vidro na demonstração). A seguir, dirige-se aos decantadores, onde permanece por 3 a 4 horas, tempo necessário para que as partículas maiores depositem-se no fundo dos tanques. A Figura 1 ilustra o que ocorre. A água contendo as partículas que não se depositaram extravasa para canaletas, no topo dos decantadores, e é enviada aos filtros, constituídos por camadas sucessivas de antracito e areia de várias granulometrias, suportadas sobre cascalho (uso de papel de filtro, no experimento).

Algumas informações auxiliam a interpretação do experimento. A conceitualização de colóide e a influência do tamanho das partículas na velocidade de sedimentação mostram a impossibilidade de remoção de partículas coloidais por decantação direta. Por exemplo, uma partícula esférica de um material com densidade 2,65 g/mL, cujo raio é 100 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), levaria 230 h para sedimentar, num percurso de 30 cm, em água a 20 °C (Singley, 1998).

A propriedade de dispersões coloidais de espalharem a luz (efeito Tyndall) permite constatar a presença de partículas coloidais nos líquidos, em várias etapas do procedimento. A comparação entre os dois filtrados obtidos no final do experimento (Figura 2) também se baseia nisso.

A informação de que o hidróxido de alumínio é um sólido gelatinoso pouco solúvel é importante para o

reconhecimento das funções dos reagentes, sulfato de alumínio como coagulante e hidróxido de cálcio para corrigir o pH.

A química da coagulação é relativamente complexa, conforme discutido por Grassi (2001) e Singley (1998). As partículas coloidais de argilominerais, presentes em águas naturais turvas, apresentam cargas negativas e se repelem. Para serem removidas, essas impurezas coloidais devem se aglomerar previamente à decantação e à filtração. O termo coagulação refere-se à desestabilização dos colóides, provocada por agente químico adicionado, enquanto a floculação é o processo em que a agitação lenta proporciona condições para as partículas se aglutinarem, produzindo flocos suficientemente grandes. Nas ETA utilizam-se como coagulante sais de alumínio ou de ferro(III). Nas condições do processo de tratamento de água (pH 5 a 9), esses cátions produzem hidróxidos gelatinosos pouco solúveis, $\text{Al}(\text{OH})_3$ e $\text{Fe}(\text{OH})_3$. As espécies reativas que atuam sobre os colóides formam-se nos primeiros instantes após a adição do coagulante. São espécies catiônicas, com proporção hidroxila/metálica inferior a 3, por isso interagem com as impurezas coloidais, carregadas negativamente.



Figura 2: Comparação entre a água bruta apenas filtrada e a água tratada e filtrada.

Se houver tempo disponível, o experimento pode ser efetuado pelos próprios alunos, divididos em grupos. Cada grupo pode utilizar diferentes quantidades e proporções do coagulante e do alcalinizante. É o que se faz diariamente nas ETA, através dos testes de jarra ("jar-test"), para definir, conforme as condições da água bruta, a dosagem ideal dos reagentes para se obter água tratada de boa qualidade.

Após esta aula e uma visita à ETA da cidade, os alunos seguramente terão outra compreensão do que está envolvido no simples fato de abrir uma torneira.

Questões propostas

1. Apresente as suas observações sobre o aspecto visual da água de represa e o aspecto visual da água tratada.
2. O que se forma quando sulfato de alumínio e hidróxido de cálcio são misturados? Escreva a equação da

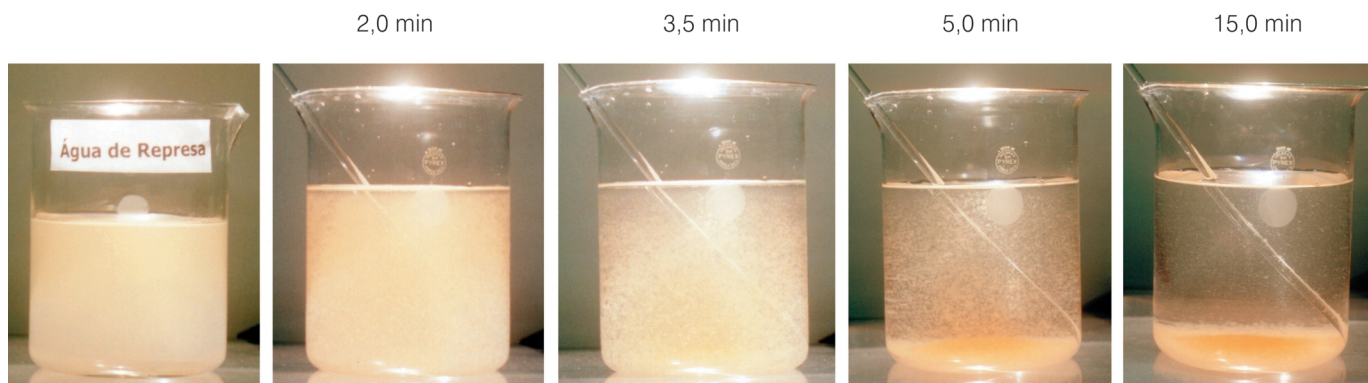


Figura 1: Etapas da decantação, após a coagulação/floculação, no tratamento de uma água bruta que apresenta turbidez elevada.

reação.

3. Comparando os dois filtrados obtidos (sem e com tratamento), proponha uma explicação para os fatos observados.

Nota

O experimento foi demonstrado

para estudantes do 2º e 3º anos do Ensino Médio, durante a fase final da Olimpíada de Química SP-2002, realizada no Instituto de Química da USP, em junho de 2002.

Alessandra de Souza Maia (asmaia@iq.usp.br), bacharel em Química pela USP, é mestre e doutoranda

em Ciências (Química Inorgânica) pela USP. **Wanda de Oliveira** (wdolivei@iq.usp.br), bacharel com atribuições tecnológicas e licenciada em Química, mestre em Físico-Química e doutora em Química Inorgânica pela USP, é docente do Instituto de Química da USP. **Viktoria Klara Lakatos Osorio** (vklosori@iq.usp.br), bacharel com atribuições tecnológicas e licenciada em Química, doutora em Ciências (Química Inorgânica) pela USP, é docente do Instituto de Química da USP.

Referências bibliográficas

AZEVEDO, E.B. Poluição vs. tratamento de água. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 21-25, 1999.

GRASSI, M.T. As águas do planeta Terra. Em: Giordan, M. e Jardim, W.F. (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Meio Ambiente)*, n. 1, p. 31-40, 2001.

PORTARIA MS n. 1469. Ministério da Saúde, 20/12/2000. Disponível em <http://www.funasa.gov.br/amb/pdfs/>

portaria_1469.pdf.

SINGLEY, J.E. Municipal water treatment. Em: *The Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*, 4ª ed., Nova Iorque: John Wiley & Sons, v. 25, p. 526-540, 1998.

Para saber mais

GUIMARÃES, J.R. e NOUR, E.A.A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. Em: Giordan, M. e Jardim, W.F. (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Meio Ambiente)*, n.

1, p. 19-30, 2001.

JAFELICCI JR., M. e VARANDA, L.C. O mundo dos colóides. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 9-13, 1999.

Na Internet

<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo>.

<http://www.ocaminhodaagua.hpg.ig.com.br>.

<http://www.tratamentodeagua.com.br/agua>.

Abstract: *From Murky to Clear Water: The Role of the Coagulant* – Natural water becomes potable after processing in water-treatment plants. One of the water purification steps is clarification (removal of finely divided particles responsible for turbidity). In this demonstrative experiment, the steps involving water clarification are reproduced, exploiting several concepts and illustrating separation processes.

Keywords: colloidal dispersions, coagulation/flocculation, water treatment

Evento

XII Encontro Nacional de Ensino de Química

O ENEQ é um evento que há 22 anos reúne professores, pesquisadores, alunos de graduação, pós-graduação e pessoas interessadas em discutir questões relativas à Educação Química.

O primeiro ENEQ ocorreu em 1982, no Instituto de Química da UNICAMP. Desde então, a cada dois anos e em diferentes regiões, representantes da comunidade de educadores químicos de todo o país têm se reunido; esses encontros muito contribuíram para a consolidação dessa comunidade e dos trabalhos e pesquisas por ela desenvolvidos. Temáticas diversificadas e geradoras de debates cada vez mais amadurecidos demonstram a consolidação desta área no Brasil.

O XII ENEQ acontecerá em Goiânia, no Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás, nos dias 27 a 30 de julho de 2004, tendo como tema central "As Novas Políticas Educacionais e seus Impactos no Ensino de Química". A estrutura preliminar do evento prevê minicursos, sessões de painéis, conferências, mesas redondas, palestras, e sessões coordenadas.

Juntamente com o XII ENEQ acontecerão o XIII Encontro Centro-Oeste de Debates sobre Ensino de Química e o III Encontro Centro-Oeste de Química.

Para maiores informações visite a página da UFG no endereço <http://www.quimica.ufg.br/eneq/eneq.htm>.

XII ENEQ
Encontro Nacional de Ensino de Química

III ECOQ
Encontro Centro-Oeste de Química

XIII ECODEQ
Encontro Centro-Oeste de Debates e Ensino de Química

DE 27 A 30 DE JULHO / 2004
INSTITUTO DE QUÍMICA - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

REALIZAÇÃO APOIO SECRETARIA EXECUTIVA

Evento **UFU**
Programa de Pós-Graduação em Física - UFU - 2014-01-21-8-01-018
Av. Parádeba s/nº - 1314-900 - 13.115 - Engenheiro Paulo de Frontin - Uberlândia - MG
E-mail: eneq@ufu.br