

Tratamento de águas residuais por métodos eletroquímicos: Uma possibilidade de experimentação para o ensino de química na Educação Básica.

Daniele C. Silva (IC)*, Fernanda Rechothnek (IC), Adriano L. Romero (PQ) e Rafaelle B. Romero (PQ). *danicris2006@hotmail.com

Departamento Acadêmico de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Via Rosalina Maria dos Santos 1233, 87301-006, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Palavras-Chave: Ensino de Química, Experimentação, Tratamento de Efluentes.

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma possibilidade de experimentação, baseada no tratamento de água residuais utilizando métodos eletroquímicos, para o ensino de Química na Educação Básica. Trata-se de uma atividade desenvolvida dentro da disciplina de Físico-Química 3 do curso de Licenciatura em Química da UTFPR/Campo Mourão, que procura desenvolver projetos no qual o licenciando deve trabalhar com os conceitos estudados na disciplina e propor novos experimentos, utilizando materiais alternativos e de baixo custo, passíveis de serem desenvolvidos na Educação Básica. A atividade ora apresentada consiste na montagem de uma microcélula eletroquímica para remoção de corantes em águas residuais simuladas, que pode ser utilizada na disciplina de Química na Educação Básica, independente da existência de laboratórios. Trata-se de uma atividade que explora diferentes conceitos químicos, em um contexto atual e de interesse global, que permite mostrar as perturbações e modificações causadas pela ação humana e alertar para a prevenção e tratamento adequado.

INTRODUÇÃO

As atividades experimentais têm sido pouco utilizadas na educação básica, principalmente nas instituições públicas (GONÇALVES, 2005), seja pela inexistência ou precariedade de laboratórios ou de equipamentos. Diante desta realidade, a experimentação com materiais alternativos e de baixo custo torna-se uma alternativa para o ensino de Química nas escolas públicas.

A importância da experimentação no ensino de Ciências é antiga, porém só recebeu impulso em 1960. A experimentação segundo uma linha epistemológica empirista e indutivista, geralmente é realizada por meio de roteiros em que as atividades são sequenciadas linearmente (BARATIERI et al., 2008), de maneira que o aluno é induzido a uma resposta final e não há uma investigação na experimentação.

Segundo Guimarães (2009), se as informações trabalhadas em sala de aula não fazem análise ao conhecimento prévio do aluno, este torna-se mero ouvinte do que o professor expõe e a aprendizagem não se dá de maneira significativa. Nesta fase é relatado que vários alunos não sentem-se motivados para os estudos, então o professor, que possui o papel de mediador em sala de aula, deve buscar diferentes alternativas para contextualizar o conteúdo e aproximar-se da realidade do aluno. No entanto, não deve permanecer apenas nesta realidade.

Para Giordan (1999) a experimentação desperta um forte interesse entre os alunos, atribuindo um caráter motivador, lúdico e essencialmente vinculado aos sentidos. Além da contribuição para a aprendizagem colaborativa por meio da realização de experimentos em equipe e a colaboração entre as equipes, ou seja, pressupõe uma contextualização socialmente significativa para a aprendizagem (MERÇON, 2003).

Para Fonseca (2011) o trabalho experimental deve estimular o desenvolvimento conceitual, de modo que os estudantes explorem, elaborem e

supervisionem suas ideias, para que possam comparar com a ideia científica, pois só assim elas terão importância no desenvolvimento cognitivo.

Mesmo que as atividades experimentais aconteçam pouco, tanto em espaços destinados para este fim ou mesmo nas salas de aula, esta pode ser a solução que auxiliaria na tão esperada melhoria do ensino de Química (SCHWAHN, OAIGEN, 2009) pois quando o aluno vê sentido no que está estudando tem maior interesse e assim, se apropriará do conhecimento mediado pelo professor e será capaz de transformar a realidade em que vive.

Neste contexto, a disciplina de Físico-Química 3 do curso de Licenciatura em Química da UTFPR - câmpus Campo Mourão, procura desenvolver projetos teórico-experimentais no qual o aluno deve trabalhar conceitos estudados na disciplina e propor novos experimentos utilizando materiais alternativos e de baixo custo, passíveis de serem desenvolvidos na educação básica. Na presente comunicação reportamos um desses projetos desenvolvidos, que visou o uso da eletroquímica no tratamento de efluentes utilizando materiais alternativos e de baixo custo. Para isto, tomamos a liberdade de incluir uma pequena seção sobre tratamento de água residuais, em especial por métodos eletroquímicos, e como adaptar as metodologias utilizadas pelas indústrias para o contexto educacional.

Tratamento de água residuais

A ação humana tem contribuído de diferentes maneiras para a geração de resíduos, como corantes, óleos, graxas, entre outros. Isto acarreta diversas transformações ao meio ambiente devido à contaminação geralmente por indústrias químicas, têxteis e farmacêuticas, além da agricultura, esgotos sanitários e resíduos domésticos. As indústrias têxteis, por exemplo, produzem grande quantidade de resíduos que se não forem tratados antes de serem despejados ao meio ambiente causarão perturbações principalmente a vida aquática. Logo, a remoção destes produtos na água é necessária para se ter um ambiente limpo e saudável (NETO et al., 2011).

Estamos vivendo em um período de consciência verde, onde nos damos conta de que é preciso cuidar do meio ambiente em que vivemos. Esses cuidados começam com a preservação e recuperação das águas superficiais disponíveis para consumo humano. Para efeito de legislação as fontes poluidoras são classificadas como pontual ou difusa. Fontes pontuais compreendem a descarga de efluentes a partir de indústrias e tratamentos de esgotos. Estas fontes são fáceis de identificar e de determinar a composição dos resíduos cabendo assim a legislação aplicar sanções para tratamentos, além de possibilitar a responsabilização do agente poluidor. Já as fontes difusas estão espalhadas por inúmeros locais e são difíceis de serem determinadas devido as características intermitentes de suas descargas e também da abrangência sobre extensas áreas (GRASSI, 2001).

Duas estratégias podem ser adotadas para o controle da poluição das águas. A primeira é a redução na fonte poluidora. E a segunda, que pode ser aplicada tanto para fontes pontuais, quanto para fontes difusas, seria o tratamento dos resíduos, de modo a se remover os contaminantes ou pelo menos de reduzi-los a uma forma menos nociva (GRASSI, 2001).

Atualmente existe uma grande variedade de métodos físicos, químicos e biológicos disponíveis para o tratamento de águas residuais. Dentre eles estão a adsorção em carvão ativado, coagulação e flotação. São métodos eficientes na remoção de compostos de interesse de matrizes complexas e se enquadram como

uma tecnologia não destrutiva ou de transferência de fase, e que necessitam de uma disposição final para o poluente. Existe também o método de incineração de resíduos sólidos, mas é uma técnica de manutenção e operação de alto custo e que pode gerar componentes tóxicos que são lançados na atmosfera. Quanto ao tratamento biológico, é um método muito utilizado para a remoção de resíduos devido o seu baixo custo, porém é um processo lento e que muitas vezes encontra uma barreira em compostos de alta toxicidade o que limita sua eficácia a concentrações baixas de contaminantes (NETO, 2011).

Assim, o tratamento eletroquímico surge como uma alternativa a estas técnicas, realizando a oxidação e não apenas a transferência de fase do material orgânico de interesse. É possível alcançar uma elevada eficácia de degradação de compostos com esta técnica (NETO, 2011). Este método baseia-se no fato que a maioria das substâncias poluentes são suscetíveis a reações de redução e oxidação, alterando seu estado de oxidação, sua estrutura e propriedades, assim como o grau de toxicidade (IBANEZ, 2002).

Diante disto, define-se eletroquímica como o estudo das reações de oxirredução que produzem ou são produzidas pela corrente elétrica. Ou seja, estuda os fenômenos existentes entre fenômenos elétricos e reações químicas (ATKINS, 2002). Podemos observar o uso da eletroquímica no nosso dia-a-dia, ao utilizar um rádio portátil (pilha) ou até mesmo ao andar de carro (bateria). Nesses dois casos há reações químicas que produzem corrente elétrica. Podemos também produzir reações químicas através de correntes elétricas, tal como ocorre na fabricação do alumínio e na cromação de objetos.

A eletro-floculação está baseada nos princípios eletroquímicos utilizados nas indústrias galvânicas. A base do tratamento são fenômenos de eletrólise que ocorrem ao passar o efluente a ser tratado entre dois eletrodos (Fe ou Al), dispostos paralelamente, alimentadas por corrente elétrica contínua. As reações acontecem ao nível do eletrodo, reduzindo os poluentes por dissociação, oxidação, coagulação, floculação, sedimentação ou flotação. No ânodo são gerados íons de ferro ou alumínio, que se hidrolisa, formando o agente de coagulação, hidróxidos insolúveis como o $\text{Al}(\text{OH})_3$ ou $\text{Fe}(\text{OH})_2$, adsorvendo os fragmentos insolubilizados dos poluentes, produzindo assim os flocos e clarificando o efluente (FLECK, 2011; LOUREIRO, 2008).

A eletro-floculação ocorre em três etapas. A primeira é a geração eletroquímica do agente coagulante pela oxidação de um ânodo metálico de sacrifício. Cátions serão gerados na fase anódica e reagirão com a água para a formação de hidróxidos metálicos. Os materiais mais utilizados como ânodo de sacrifício são o ferro e o alumínio por serem baratos, acessíveis e eficazes (NETO, 2011). Na segunda etapa ocorre a coagulação das partículas, ou seja, o metal carregado positivamente pode reagir com partículas de cargas negativas (FORNARI, 2007).

Na terceira etapa, que é a eletro-floculação, ocorre a agregação da fase desestabilizada para formar os flocos. Os complexos formados na etapa de geração eletroquímica adsorvem-se em partículas coloidais, originando partículas maiores, que podem ser removidas por decantação, filtração ou flotação (CRESPILHO & REZENDE, 2004).

Considerando as informações apresentadas nesta seção verifica-se que o método de eletro-floculação, por envolver conceitos que são trabalhados na disciplina de Química na Educação Básica, pode ser facilmente explorado para trabalhar conceitos inerentes à eletroquímica. Além disso, o método em si pode ser facilmente adaptado para a realidade escolar, possibilitando trabalhar conhecimentos químicos dentro de um contexto ambiental, permitindo ainda, desenvolver no aluno uma postura

crítica e cidadã em relação as indústrias que poluem o meio ambiente com matérias orgânicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades com projetos foram desenvolvidas na disciplina de Físico-Química 3 do curso de Licenciatura em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - câmpus Campo Mourão, durante no ano de 2015. A disciplina de Físico-Química 3 do curso de Licenciatura em Química da UTFPR possui regime semestral e carga horária de 72 horas/aula. A ementa desta disciplina envolve os conceitos teórico-prático de: (1) Eletroquímica de equilíbrio; (2) Cinética eletroquímica; (3) Técnicas eletroquímicas; (4) Eletrólise e (5) Corrosão.

Parte da disciplina consiste no desenvolvimento de um projeto teórico-experimental no qual o aluno deve trabalhar conceitos trabalhados na disciplina e em outras disciplinas estudadas anteriormente no curso. Neste caso particular, este tipo de atividade está prevista no plano de ensino da disciplina, assim como no projeto de abertura do curso, o qual prevê a destinação de uma parte da carga horária das disciplinas da Matriz Curricular para o desenvolvimento de Atividades Práticas como Componente Curricular (APCC).

Na disciplina de Físico-Química 3, em especial, as APCC são trabalhadas a partir de diferentes atividades nas quais os alunos podem suprir, com auxílio do professor e/ou do monitor da disciplina, sua deficiência em relação a conteúdos que deveriam ter sido estudados na educação básica, por meio do desenvolvimento de atividades teóricas ou práticas. O trabalho com projetos enquadra-se em uma dessas ações realizadas ao longo da disciplina, que permitem que o próprio aluno verifique sua deficiência e busque a superação da mesma.

Desta forma, buscou-se trabalhar com projetos cujo foco fosse a atividade experimental, visando propiciar uma aprendizagem significativa dos conceitos estudados durante a disciplina e permitir uma abordagem didática diferenciada, sem a necessidade de abrir mão de tópicos de conteúdos importantes. Os alunos, individualmente, devem propor experimentos utilizando materiais alternativos, de baixo custo, passíveis de serem trabalhos na educação básica.

O projeto foi desenvolvido em 10 horas/aulas, sendo 8 horas/aula para realização das atividades práticas e 2 horas/aula para apresentação do seminário. Durante a execução do projeto a professora assumiu a figura de mediadora do conhecimento - norteando a aluna nas atividades desenvolvidas, estabelecendo uma relação dialogada para troca de saberes -, buscando detectar e corrigir possíveis erros conceituais ou de utilização de técnicas ou equipamentos. Como instrumento de avaliação da aprendizagem utilizou-se a produção de um artigo e apresentação/socialização dos resultados na forma de seminário.

O experimento ora apresentado é uma adaptação de IBANEZ (2002). Inicialmente montou-se uma microcélula eletroquímica introduzindo dois cliques de papel em lados opostos de uma pipeta de Pasteur, de modo que os cliques não se toquem a fim de impedir que ocorra um curto circuito. A Figura 1 mostra a imagem da microcélula montada.

Em um béquer de 50 mL adicionou-se cerca de 100 mg de sulfato de sódio (Na_2SO_4) e 4 mL de água destilada e algumas gotas do indicador azul de bromotimol (utilizado como modelo de corante presente em efluentes e por possuir colorações em diferentes pH: coloração amarela em solução ácida, coloração azul em solução básica

e coloração verde em solução neutra). No mesmo béquer adicionou-se uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,01 mol/L, gota a gota, até atingir coloração amarela. Esta solução foi introduzida dentro da microcélula e ficou sob agitação magnética. Para dar início há reação os cliques da microcélula, com auxílio de jacarés, foram conectados em uma bateria de 9 V.

O procedimento foi realizado por mais duas vezes substituindo o indicador azul de bromotimol por solução de repolho roxo ou solução do indicador vermelho de metila.

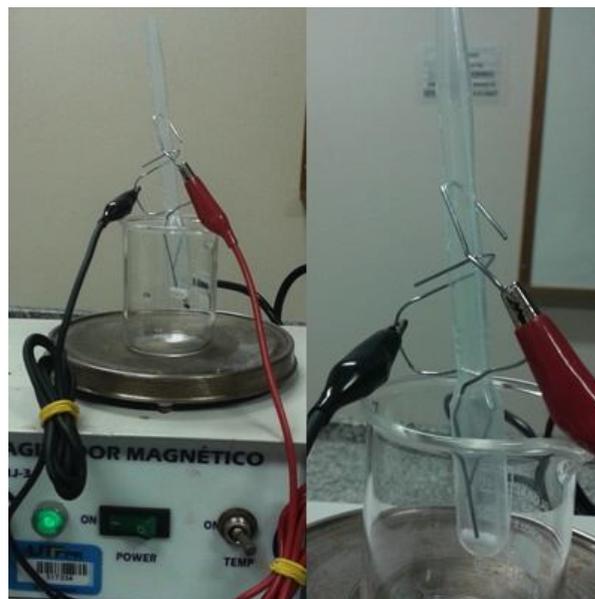


Figura 1: Microcélula eletroquímica para a remoção de corantes em águas residuais.

RESULTADOS

A solução ácida contendo azul de bromotimol apresentou, como esperado, coloração amarela, Figura 2(a), logo que conectou os cliques à bateria e iniciou a reação, a solução adquiriu instantaneamente a coloração azul, Figura 2(b), indicando que a solução tornou-se básica.

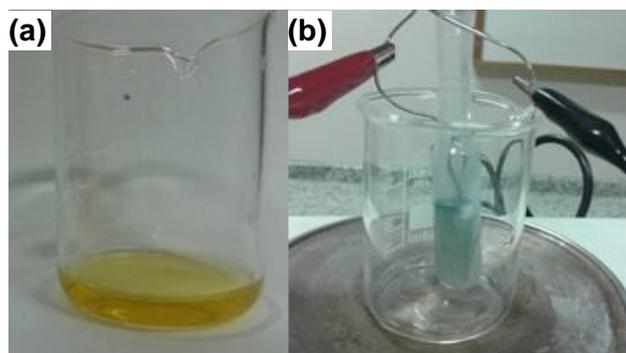
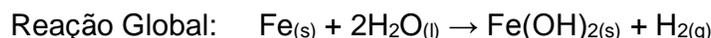
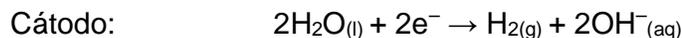


Figura 2: (a) Aspectos visuais observados no início da eletro-floculação e (b) aspectos visuais observados no final da eletrofloculação, utilizando azul de bromotimol.

Essa mudança na coloração ocorre porque ao iniciar o processo eletroquímico, no ânodo, o ferro (clipes) se dissolve lentamente por oxidação formando íons Fe^{2+} , enquanto que no cátodo, ocorre redução da água formando gás hidrogênio (H_2) e íons hidroxila (OH^-), aumentando o pH ao seu redor.

As reações que ocorrem no ânodo e no cátodo na microcélula são apresentadas a seguir:



Após essa mudança drástica na coloração da solução, pode ser observado a formação de um lodo que se forma acima da solução. Esse lodo contém hidróxido de ferro ($\text{Fe}(\text{OH})_2$), que adsorve os fragmentos insolubilizados dos corantes ou poluentes, produzindo assim os flocos e clarificando o efluente, resultando em uma solução limpa.

As mesmas reações foram observadas para os outros dois indicadores utilizados. Na Figura 3 é mostrado uma sequência de fotos tiradas durante a eletrofloculação, onde foi utilizado uma solução de repolho roxo como corante e sua escala de pH.

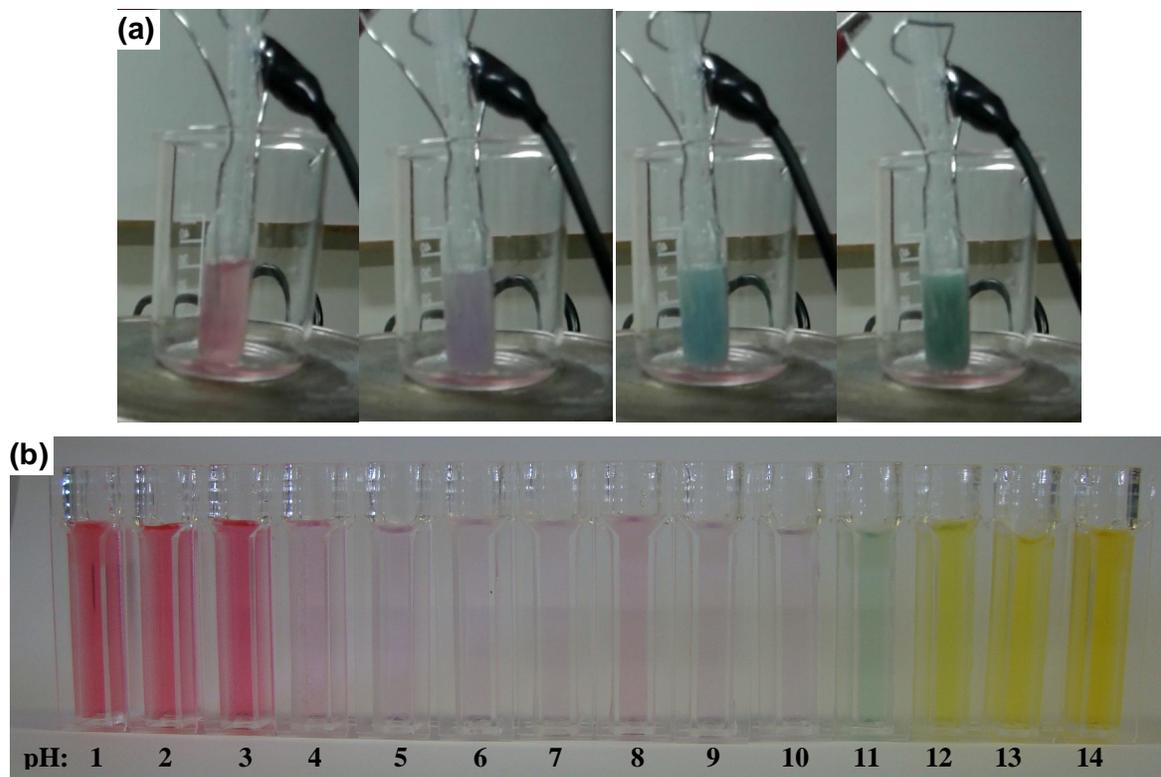


Figura 3: (a) Aspectos visuais observados durante a eletro-floculação e (b) escala de pH obtidos pelo uso de extrato aquoso de repolho roxo.

Neste caso, a solução ácida apresenta coloração rosa, Figura 3(a), após o processo de eletro-floculação a solução tornou-se verde, Figura 3(a), indicando um caráter básico. Estas mudanças no pH da solução podem ser visualizadas na escala de pH obtido do extrato aquoso de repolho roxo, Figura 3(b).

DISCUSSÃO

O experimento de remoção de corantes de águas residuais ocorre por meio de uma reação de eletro-floculação. Em sua forma mais simples um reator utilizado para eletrofloculação é composto de um ânodo e um cátodo. Quando um potencial é aplicado, por uma fonte externa, o material do ânodo é oxidado, da mesma forma o cátodo estará sujeito à redução ou deposição redutiva do elemento metálico (FORNARI, 2007). O esquema de um reator de eletrofloculação pode ser observado na Figura 4.

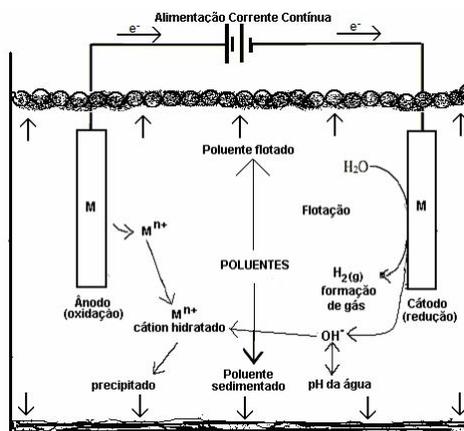


Figura 4: Diagrama esquemático de um equipamento de eletro-floculação (Fornari, 2007).

No experimento ora apresentado utilizou-se como reator uma pipeta de Pasteur, onde os cliques de ferro atuam como eletrodos (cátodo e ânodo) e fornecem os íons metálicos para a formação de um hidróxido de ferro (II ou III) pouco solúvel, responsável por absorver o corante presente na solução. A corrente de alimentação contínua é obtida com a utilização de uma bateria de 9 V. Em função do potencial aplicado, o ânodo da célula começa a ser lentamente dissolvido por oxidação, enquanto o cátodo produzirá gás hidrogênio que ajudarão no processo de separação, pois vão arrastar os flocos formados pelo hidróxido. Conseqüentemente, o corante indicador imediatamente começará a mudar de cor ao redor do cátodo e um lodo contendo hidróxido de ferro começará a se formar. Dentro de poucos minutos haverá lodo suficiente para absorver a maior parte do corante e o experimento poderá ser encerrado (IBANEZ, 2002).

As principais vantagens de utilizar o experimento de eletro-floculação no Ensino de Química deve-se: ao custo acessível dos materiais utilizados na experimentação; a sua possível contribuição ao processo de ensino e de aprendizagem de conhecimentos químicos; ao fato de ser relativamente simples, cujas mudanças de coloração ou formação de entidades químicas podem ser facilmente observadas, de forma visual, e correlacionadas às equações químicas que ocorrem durante a reação;

as diferentes possibilidades de discussões, tais como a poluição gerada pelas indústrias têxteis e suas consequências para o meio ambiente, pessoas e sociedade; a sua contribuição para discussões sobre as relações existentes em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Além disso, a atividade proposta pode servir como um experimento de feira de ciências, para os próprios alunos socializarem para a sua comunidade os efeitos que a poluição trazem para o meio ambiente, em especial a água, e os métodos de tratamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento atingiu o objetivo proposto de remoção de corantes de águas residuais simuladas utilizando materiais alternativos e de baixo custo. Tais características permitem que a atividade experimental apresentada possa ser utilizada na disciplina de Química na Educação Básica, independente da existente de laboratórios. Trata-se de uma atividade explora diferentes conceitos químicos, em um contexto atual e de interesse global, que permite mostrar as perturbações e modificações causadas pela ação humana e alertar para a prevenção e tratamento adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARATIERI, S. M. et al. Opinião do estudantes sobre a experimentação em química no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, 2008, p.19-31.

CRESPILHO, F. N., REZENDE, M.O.O., **Eletroflotação: Princípios e Aplicações**. Ed. Rima. São Carlos, 1ª Ed. 2004. 96 p.

ATKINS, P. W.; PAULA, J. de, **Físico-Química**, 7. ed.,vol. 1, Rio de Janeiro, LTC, 2002.

FLECK, L. **Aplicação do Controle Estatístico de Processos ao Tratamento de um Efluente Têxtil por Eletrofloculação**. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, 2011.

FONSECA, M.R.M. **Completamente química: química geral**. Ed. Ftd. São Paulo, 2001

FORNARI, M. M. T. **Aplicação da Técnica de Eletro-Floculação do Tratamento de Efluentes de Curtume**. UNIOESTE, Toledo, 2007.

GIORDAN, M. O papel da Experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, 1999, p. 43-49.

GONÇALVES, F. P. **O Texto de Experimentação na Educação em Química: Discursos Pedagógicos e Epistemológicos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

GRASSI, Marco Tadeu. As águas do planeta Terra. **Química Nova na Escola**, Edição Especial, 2001, p. 31-40.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, 2009, p.198-202.

IBANEZ, J. G. Saneamento Ambiental por Métodos Eletroquímicos: I- Tratamento de Soluções Aquosas. **Química Nova na Escola**, n. 15, 2002, p. 45-48.

LOUREIRO, L. R. **Caracterização do chorume segundo alguns parâmetros e aplicação do método de eletrofloculação**. Monografia de Conclusão de Curso. Curso de Química pela Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. 21 p.

MERÇON, F. **A experimentação no ensino de química**. Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, UERJ. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003. 1-4 p.

MONTHEO, A. J. **Eletroquímica Ambiental: Oxidação de Substâncias Orgânicas**. Instituto de Química de São Carlos, USP, julho 2003.

NETO, S. A.; MAGRI, T.C.; SILVA, G. M.; ANDRADE, A. R. Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de graduação em química. **Química Nova**, v. 34, n. 8, 2011, p. 1468-1471.

SCHWAHN, M. C. A.; OAIGEN, E. R. **Objetivos para o uso da experimentação no ensino de química: a visão de um grupo de licenciandos**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em educação em Ciências.