

Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais

Vanessa Hafemann Fragal, Silvia Mara Maeda, Elisangela Pacheco da Palma, Maria Bernadete Pimenta Buzatto, Maria Aparecida Rodrigues e Expedito Leite Silva

Este artigo apresenta os resultados do desenvolvimento de uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica, aplicada a alunos do ensino médio. Construída coletivamente no contexto de um grupo de estudos, essa proposta didática contempla a problematização e a experimentação investigativa, visando à construção e reconstrução de conhecimentos científicos relacionados ao tema. Dados, coletados por meio de filmagens, questionários e outros registros escritos durante a aplicação desse material por duas participantes do grupo a 67 alunos da 2ª série desse nível de ensino, foram avaliados pelo grupo. Os resultados encontrados, tanto no processo de elaboração da proposta como no seu desenvolvimento com os estudantes, foram bastante relevantes, uma vez que foi visível o crescimento dos diferentes atores envolvidos: professores, licenciandos e estudantes do ensino médio em termos de compreensão dos conceitos científicos abordados.

► eletroquímica, cotidiano, aprendizagem significativa ◀

Recebido em 25/10/2010, aceito em 18/10/2011

Este trabalho resultou das discussões realizadas no contexto do Grupo de Estudos em Ensino de Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Tal grupo surgiu no início de 2007, por meio de uma parceria estabelecida entre os docentes de Estágio Supervisionado do Departamento de Química e alguns professores de química do ensino médio que atuam como parceiros no recebimento de alunos estagiários do curso de Licenciatura.

Nesse contexto, esses professores, tanto os do ensino médio como os da universidade, bem como os alunos da Licenciatura, consensualmente, perceberam a necessidade de estabelecer um vínculo mais efetivo para discutir as necessidades relacionadas à realidade do ensino de química na escola básica. Esse grupo, desde a sua criação, vem se reunindo quinzenalmente para

estudar, discutir e elaborar situações de aprendizagem que contribuam para a formação inicial e continuada, atingindo indiretamente alunos do ensino médio.

Dessa forma, os objetivos desse grupo de profissionais e acadêmicos envolvem o aprofundamento teórico e a elaboração de propostas de ensino coerentes com as atuais tendências sinalizadas pela pesquisa em Educação Química e recomendadas pelas Diretrizes Curriculares de Química do Paraná (Paraná, 2006), ou seja, o que se pretende é buscar contribuições para a melhoria do ensino de química.

[...] os participantes do grupo de estudos decidiram elaborar uma proposta de ensino-aprendizagem com o tema eletroquímica. A escolha desse tema ocorreu em função das dificuldades que a maioria dos participantes apresentava para trabalhar o tema de acordo com os objetivos estabelecidos inicialmente.

No ano de 2008, coletivamente, os participantes do grupo de estudos decidiram elaborar uma proposta de ensino-aprendizagem com o tema eletroquímica. A escolha deste ocorreu em função das dificuldades que

a maioria dos participantes apresentava para trabalhar o tema de acordo com os objetivos estabelecidos inicialmente. Outra razão para a abordagem deste é a possibilidade de abranger vários assuntos de interesse social e econômico, relacionados ao dia a dia dos alunos. Na literatura, encontram-se muitos trabalhos

que reportam dificuldades a respeito do processo ensino-aprendizagem vinculadas ao tema eletroquímica, sendo que os tópicos mais apontados nesses trabalhos contemplam

A seção "Relatos de sala de aula" socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

conceitos, tais como: oxidação, redução, corrente elétrica (Garnet e Treadgust, 1992; Posada, 1994; Sanger e Greenbove, 1997; Lima e Marcondes, 2005).

Assim, neste trabalho, apresentamos, como relato de experiência, uma sequência didática sobre eletroquímica, elaborada por alguns participantes do grupo de estudos, com base na experimentação investigativa. Além disso, apresentamos os resultados obtidos no desenvolvimento desse material didático com alunos do ensino médio.

Consideramos que o material produzido é de fácil acessibilidade para o professor e para os alunos, e que seu desenvolvimento possibilita a participação dos alunos no processo de construção dos conhecimentos científicos e, conseqüentemente, a formação de cidadãos críticos.

O atual ensino de química na escola básica

Se nos debruçarmos sobre a história da disciplina de Química, observamos que, desde a Reforma Francisco Campos, decretada em 1931, propõe-se um ensino de química que priorize a formação de indivíduos críticos integrados à sociedade (Airies, 2006). No entanto, até o presente, mesmo com as orientações preconizadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), esses objetivos ainda não foram alcançados (Brasil, 1999).

Dessa forma, na química praticada no ensino médio, ainda se dá muita ênfase a um número excessivo de conteúdos, desenvolvidos de forma fragmentada, não se estabelecendo relações de um conteúdo com outro nem com o contexto social dos alunos. Esse tipo de ensino não lhes possibilita uma formação humana nem o desenvolvimento do raciocínio científico e, menos ainda, o exercício da cidadania. No entanto, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN⁺) do ensino médio propõem que o aprendizado de química

[...] na química praticada no ensino médio, ainda se dá muita ênfase a um número excessivo de conteúdos, desenvolvidos de forma fragmentada, não se estabelecendo relações de um conteúdo com outro nem com o contexto social dos alunos.

[...] deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e

suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. (Brasil, 2002, p. 87)

Um aprendizado que contemple essas recomendações dos PCN⁺ só acontecerá à medida que os educadores se distanciarem do ensino tradicional, que não consegue atingir tais objetivos, ou seja, é preciso que eles busquem alternativas que propiciem a construção dos conhecimentos, vinculando-a às implicações sociais. No entanto, para que ocorra esse tipo de ensino, o professor necessita redimensionar a própria concepção a respeito do que é aprender ciências. Nesse sentido, Driver e colaboradores (*apud* Machado e Mortimer, 2007, p. 23) argumentam:

Aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez denominada mais apropriadamente como estudo da natureza – nem de desenvolver ou organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as idéias anteriores dos alunos, através de eventos discrepantes. Aprender ciências requer que crianças e adolescentes sejam introduzidos numa forma diferente de pensar sobre o mundo natural e explicá-lo.

Essa citação nos remete às propostas de ensino construtivistas, as quais valorizam ideias preconcebidas dos alunos, privilegiando situações de ensino que lhes permitam reconstruir o próprio conhecimento.

No bojo dessas questões, ressaltamos a importância da contextualização dos conhecimentos químicos no processo de ensino-aprendizagem, de forma que estes sejam mais significativos e menos fragmentados. Assim, de acordo com os PCNEM (Brasil, 1999, p. 241), uma forma de superar o atual ensino praticado é dar prioridade à “construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação”.

Quanto à contextualização no ensino de ciências, são vários os autores – entre eles, destacamos Wartha e Faljoni-Alário (2005) e Santos (2007) – que defendem a sua inserção como uma forma de imprimir significado ao conhecimento escolar. De acordo com tais autores, contextualizar não significa simplesmente promover uma ligação artificial entre o conhecimento científico e o cotidiano do aluno, pensamento ainda adotado por muitos professores. Ao contrário, o que almejamos é uma contextualização, na qual situações problemáticas reais são propostas, buscando-se o conhecimento científico necessário para o seu entendimento e solução (Santos, 2007).

A experimentação no ensino de química

Sabe-se que a experimentação ainda é pouco contemplada nas aulas de química do ensino médio e, quando utilizada, os professores, em geral, inserem-na em sua prática de uma maneira reducionista, com o intuito de comprovar ou ilustrar a teoria. Dentro dessa perspectiva, os alunos apenas reproduzem os roteiros, ficando com a ideia de que a ciência é verdadeira e inquestionável. No entanto, o uso da experimentação no ensino não deve ter essa conotação, pois nesse processo, o aluno se torna sujeito passivo na sua aprendizagem e o conhecimento não é construído (Paraná, 2006; Guimarães, 2009).

Em oposição a essa forma de trabalhar com os experimentos, as Diretrizes Curriculares do Paraná recomendam que estes sejam

utilizados para construir o conhecimento do aluno. Dessa forma, as atividades experimentais devem ser ponto de partida para a apreensão de conceitos e de suas relações com as ideias a serem discutidas em aula, estabelecendo uma relação entre a teoria e a prática.

Nesse contexto, são vários os trabalhos que ressaltam a importância da experimentação com caráter investigativo: entre eles, há o estudo de Carvalho et al. (1999, p. 42), no qual se afirma:

Utilizar o experimento como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações.

Para conseguir resultados significativos, a experimentação investigativa precisa conduzir o aluno para um mundo real e palpável, permitindo a contextualização e o estímulo de questionamentos (Guimarães, 2009). Como complemento a essa visão, Carvalho et al. (2004, p. 20) discutem que “as atividades devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo, portanto, a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos”.

A literatura aponta a importância da problematização no ensino de ciências e destaca as diferentes possibilidades para trazê-la para a sala de aula. Paulo Freire (2006) argumenta, com muita propriedade, que o aluno deve ser desafiado a pensar e não apenas memorizar o conhecimento. Esclarecemos que não cabe aqui discutir as diferentes maneiras por meio das quais o conhecimento científico pode ser problematizado com os estudantes. No entanto,

quando mencionamos situações problematizadoras, fazemos referência à problematização inicial, destacada como o primeiro passo da metodologia educacional dos três momentos pedagógicos (Delizoicov, 1991 *apud* Chaves e Pimentel, 1997).

Dessa forma, a sequência didática discutida no contexto deste trabalho contemplou três momentos pedagógicos. O primeiro, denominado Problematização Inicial (PI), consiste em apresentar questões problematizadoras com o intuito de discutir os conhecimentos prévios dos alunos. A Organização do Conhecimento (OC) é o momento pedagógico em que as propostas apresentadas durante a problematização inicial começam a ser decifradas por meio dos conhecimentos científicos. Por fim, a Aplicação do Conhecimento (AC) trata da reinterpretação da PI e da transposição para situações do cotidiano (Chaves e Pimentel, 1997).

Descrição das atividades desenvolvidas

A sequência didática construída pelo grupo foi desenvolvida com alunos do ensino médio por uma das professoras da escola parceira e por uma estagiária do curso de Licenciatura em Química, ambas participantes do grupo.

As atividades foram aplicadas a 67 alunos da segunda série do período matutino de dois colégios públicos do município de Maringá. A sequência didática se constituiu de três etapas: *i.* Investigando a formação da ferrugem; *ii.* Investigando a reatividade dos metais; *iii.* Diferenças de reatividade.

Com o intuito de acompanhar o exercício de reflexão dos alunos e a compreensão deles em relação aos fenômenos abordados, ao final de cada etapa, eles foram avaliados, visto que a etapa seguinte complementava a anterior. Assim, se

os educandos não conseguissem atingir o objetivo, que consistia em responder com conhecimentos científicos à problematização inicial de cada etapa, não seria possível

prosseguir com a proposta. A elaboração das atividades de ensino baseou-se nos trabalhos do GEPEQ (1999), Santos (2006), Krüger (1997) e Chaves e Pimentel (1997).

Os resultados foram obtidos por diversos meios: questionários, comentários dos alunos, análise de algumas aulas filmadas, observações do professor regente e de uma graduanda

do curso de Licenciatura em Química, que acompanhou o desenvolvimento da proposta com os alunos. A análise se baseou na pesquisa qualitativa, tendo como suporte teórico os pressupostos de Alves-Mazzoti e Gewandzadner (1998). Estes afirmam que

[...] à medida que os dados vão sendo coletados, [...] é possível identificar temas e relações, construindo interpretações e gerando novas questões e/ou aperfeiçoando as anteriores, o que por sua vez o leva a buscar novos dados, complementares ou mais específicos. (p. 170)

I. Investigando a formação da ferrugem

A abordagem inicial do tema foi feita por meio da seguinte pergunta: *Por que normalmente se pintam os portões e as cercas de ferro com tinta a óleo?* Para responder a essa pergunta, os alunos foram organizados em grupos de quatro pessoas com o intuito de promover o diálogo e a defesa de opiniões de cada um deles. Em suas respostas, a maioria dos alunos conseguiu relacionar a pintura dos portões de ferro com tinta a óleo à proteção contra a formação da ferrugem. Acreditamos que esse conhecimento apresentado pelos

Um aprendizado que contemple essas recomendações dos PCN+ só acontecerá à medida que os educadores se distanciarem do ensino tradicional, que não consegue atingir tais objetivos, ou seja, é preciso que eles busquem alternativas que propiciem a construção dos conhecimentos, vinculando-a às implicações sociais.

estudantes esteja atrelado ao senso comum. Isso porque, ao serem questionados sobre o que influencia o processo de formação da ferrugem, obtivemos respostas, tais como:

Aluno 1) "poeira, umidade, sol e chuva"

Aluno 2) "Oxidação do metal em contato com o ar"

Pela resposta do Aluno 1, podemos inferir que alguns acreditam que todos os fatores do meio podem influenciar na formação da ferrugem, porém a resposta do Aluno 2 demonstra que há também aqueles que conhecem o termo oxidação, apesar de este ainda não ter sido inserido nos conteúdos e consequentes discussões em sala de aula. Depois desses questionamentos, os alunos ficaram motivados a descobrir a resposta da questão inicial. No sentido de fornecer subsídios para que compreendessem a capacidade de a tinta a óleo proteger os materiais metálicos da oxidação e também para que entendessem como o fenômeno da ferrugem acontece, foi promovida uma sequência de três experimentos, sendo os dois primeiros desenvolvidos como demonstração investigativa e o último envolvendo a participação efetiva dos alunos.

Primeiro experimento: Adicionou-se, respectivamente, tinta a óleo e guache em dois béqueres, A e B, contendo 50 mililitros de água. Em seguida, perguntamos aos alunos: *Qual a diferença que vocês observam entre o béquer A e o B? A maior parte dos alunos respondeu que "a tinta a óleo não se mistura com a água e a guache se mistura"*. A partir dessa resposta, foi possível discutir com os alunos o conceito de solubilidade dos compostos. Assim, eles puderam compreender que as tintas utilizadas no experimento possuem diferentes solubilidades em água.

Segundo experimento: Em dois

béqueres com água, foram submersos pregos. Um deles pintado com tinta a óleo e o outro sem pintura. Após 24 horas, os alunos foram convidados a observar o que havia acontecido nos dois sistemas. Com a intenção de estimular o pensamento crítico e o diálogo entre os alunos, foram feitos os seguintes questionamentos: *O que vocês observam de diferente entre os dois béqueres? Por que existe diferença de coloração da água nos béqueres? Vocês sabem dizer do que a tinta está protegendo o prego? Será que é somente da água ou de algo mais?* Os alunos puderam observar que o prego sem nenhuma pintura estava enferrujado e o com pintura não apresentava mudança em relação ao seu estado inicial. A partir das discussões, vários alunos argumentaram que a tinta a óleo protege o ferro da água e que, para acontecer a formação da ferrugem, somente ferro e água são necessários.

Para possibilitar que os alunos compreendessem a necessidade do terceiro componente (o oxigênio), substância fundamental para a ocorrência da ferrugem, foi proposto um terceiro experimento, adaptado do GEPEQ (1999). Nessa atividade, os alunos umedeceram uma palha de aço com água, colocaram-na, com o auxílio de um bastão de vidro, no fundo de um tubo de ensaio. Neste, foi fixada uma escala construída com papel milimetrado, a qual permitiu o acompanhamento das mudanças ocorridas na reação. O referido tubo foi invertido em uma placa de Petri contendo água, de modo que ficasse submerso mais ou menos 2,0 cm. O sistema montado para esse experimento pode ser observado na Figura 1.

Esse experimento foi acompanhado periodicamente pelos alunos durante três dias. Assim, puderam observar o enferrujamento da palha de aço e a elevação do nível da água no tubo de ensaio. Para que os alunos manifestassem suas ideias sobre as



Figura 1. Esquema referente ao Experimento 3.

mudanças ocorridas, foram abordados os seguintes questionamentos: *O que vocês observaram no experimento? Vocês sabem dizer o porquê de a água ter subido no tubo de ensaio?* Para facilitar a compreensão do fenômeno ocorrido, foi utilizada a seguinte estratégia: Com o auxílio de um béquer com água e um conta-gotas, foram feitas demonstrações do processo de sucção e escoamento da água, ao mesmo tempo em que os alunos eram instigados com as questões: *Por que a água subiu no conta-gotas? Reparem no mecanismo utilizado para sugar a água. Havia algo no conta-gotas antes de sugarmos a água?* A partir desses questionamentos e das comparações com o experimento da palha de aço, os alunos refletiram a respeito e chegaram à conclusão de que a água subiu no tubo de ensaio porque o ar que inicialmente existia no tubo foi consumido na reação de enferrujamento da palha de aço.

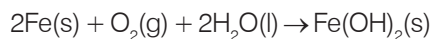
Dando continuidade ao processo de construção do conhecimento com os alunos, apresentamos novos questionamentos, explorando ainda mais o potencial do experimento: *Vocês sabem dizer do que o ar é composto? Será que tem como saber que componente do ar foi consumido no experimento?*

Em seguida, foi apresentada a percentagem de alguns gases existentes na atmosfera e discutiu-se com eles a composição do ar. Na sequência, retomamos o experimento em questão, fazendo a leitura do deslocamento da água na escala utilizada, fixada no tubo. A partir dessa medida, pode-se fazer uma relação diretamente

[...] as atividades experimentais devem ser ponto de partida para a apreensão de conceitos e de suas relações com as ideias a serem discutidas em aula, estabelecendo uma relação entre a teoria e a prática.

proporcional com a quantidade de ar consumido e relacioná-la com a percentagem dos gases existentes na atmosfera. Com isso, foi possível que os alunos concluíssem que o componente consumido na reação foi o oxigênio. Na sequência, buscamos realizar com os alunos a organização do conhecimento, segundo momento proposto por Delizoicov (1991 *apud* Chaves e Pimentel, 1997), no qual a problematização inicial começa a ser interpretada por meio dos conhecimentos científicos. Assim, as perguntas do Experimento 2 foram retomadas: *Vocês sabem dizer do que a tinta está protegendo o prego? Será que é somente da água ou de algo mais?* Para que os alunos conseguissem organizar seus conhecimentos, instigamo-los a refletir sobre os resultados encontrados no terceiro experimento. A partir daí, eles foram capazes de responder, de forma convincente, à questão inicialmente proposta: *Por que normalmente se pintam os portões e as cercas de ferro com tinta a óleo?* Ou seja, eles compreenderam que o oxigênio do ar é um dos componentes responsáveis pela formação da ferrugem.

A partir das discussões dos experimentos e com a mediação dos professores, os alunos conseguiram representar quimicamente a reação de formação da ferrugem como demonstrado a seguir. No entanto, tiveram dificuldades em considerar os coeficientes estequiométricos, assim como chegar ao produto da reação.



Dessa forma, pudemos constatar que a maioria dos alunos conseguiu responder às questões propostas

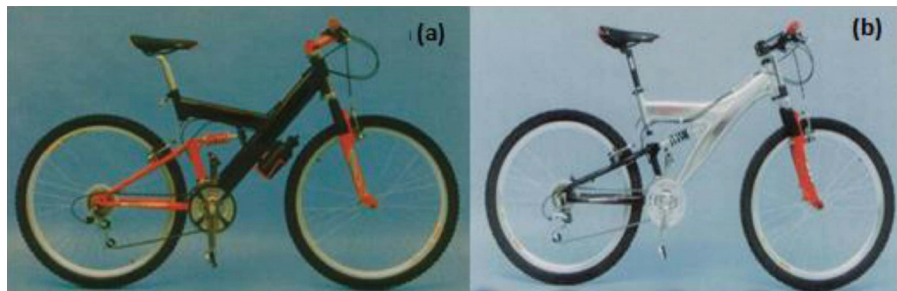


Figura 2. (a) Bicicleta de ferro; (b) Bicicleta de alumínio.
Fonte: Costa, 2011.

inicialmente, agora com a compreensão dos fenômenos envolvidos. Isso porque boa parte deles afirmou que os portões e as cercas de ferro devem ser pintados com tinta a óleo para serem protegidos da ferrugem, a qual é causada pela água e pelo oxigênio.

II. Investigando a reatividade dos metais

Considerando a importância e a frequência com que o processo de corrosão acontece no nosso dia a dia, iniciamos essa atividade mostrando a Figura 2 e perguntando-lhes: *Por que a bicicleta sem pintura parece não estar sendo corroída? Quais características possuem essas duas bicicletas? Vocês saberiam me dizer se elas foram feitas de materiais diferentes?*

Os alunos, em sua maioria, conseguiram diferenciar os materiais de que são feitas as duas bicicletas, ferro e alumínio respectivamente, com base no senso comum e também nos aspectos visuais.

Dessa forma, pudemos discutir com eles como a diferença de reatividade dos metais frente ao meio influencia na sua proteção. Para organizar o conhecimento dos alunos, foi proposta uma atividade experimental, na qual puderam observar e comparar a reatividade de alguns metais. Essa atividade foi realizada imergindo os metais: ferro (Fe), alumínio (Al), zinco (Zn), magnésio (Mg), estanho (Sn), cobre (Cu), ouro (Au) e prata (Ag) em solução aquosa de ácido clorídrico 3 mol/L. Após essa atividade, foi pro-

posta a seguinte questão: *O que vocês observaram no experimento?* Na maioria das respostas, foi observado que, quando adicionaram alguns metais no ácido, formaram-se bolhinhas. Para que os alunos compreendessem que as bolhinhas formadas eram um gás, fizemos uma analogia com o gás carbônico (CO_2) liberado pelos refrigerantes quando abertos. *Vocês já observaram os refrigerantes? Eles também possuem bolhinhas. O que seriam essas bolhinhas? Então, o que vocês acham que seriam essas bolhinhas que se formaram nos tubos de ensaio? Vocês sabem o porquê de isso ter acontecido?*

A partir das discussões mediadas pelo professor, os alunos puderam compreender que as bolhinhas eram um gás que estava sendo evoluído e que a quantidade de gás formado era proporcional à reatividade dos metais, ou seja, quanto mais gás o sistema liberasse, mais reativo seria o metal. Quando perguntado a eles qual era o gás que estava sendo evoluído, eles disseram que era o oxigênio, uma concepção errônea, pois não havia esse gás no meio reacional. Essa atividade foi relevante porque os alunos construíram a fila de reatividade dos metais: $\text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Sn} > \text{Cu} > \text{Ag} > \text{Au}$ e a compararam com a dos potenciais padrões de oxidação da literatura. Além disso, puderam compreender, por meio das reações de oxidação desses metais, que o gás que estava sendo evoluído era o hidrogênio.

Com o objetivo de relacionar a obtenção e as propriedades dos metais no meio ambiente com o custo-benefício, foi perguntado a eles: *Vocês acham que o metal que é mais reativo é o que possui menor preço?*

A partir de pesquisas em sites da internet e em livros didáticos, os alunos puderam perceber que a estabilidade relativa dos metais sempre favoreceu sua aplicação em

Para conseguir resultados significativos, a experimentação investigativa precisa conduzir o aluno para um mundo real e palpável, permitindo a contextualização e o estímulo de questionamentos (Guimarães, 2009).

diferentes situações. Constataram, além disso, que alguns metais não apresentam qualquer tipo de transformação, mesmo expostos a condições extremas, como o ouro e a prata, motivo pelo qual são considerados de grande valor. Já alguns sofrem facilmente corrosão por um processo espontâneo acarretado pelo oxigênio do ar. Esse processo de ferrugem é considerado um retorno a substâncias mais estáveis. Dessa forma, os alunos puderam perceber, por meio da pesquisa, que o preço dos metais está intimamente relacionado com os custos de sua obtenção e com a sua estabilidade.

Após ampla discussão sobre o assunto com os alunos, retomamos à questão inicial, introduzindo o conceito aprendido por meio do experimento realizado nessa etapa: *Por que o alumínio, que é um metal mais reativo do que o ferro, não precisa receber pintura?* A maioria dos alunos não conseguiu chegar a um consenso sobre a camada passivadora ocasionada pela oxidação do alumínio. Dessa forma, foi introduzido esse conceito, relacionando os metais de sacrifício utilizados no dia a dia.

Alguns metais que são facilmente corroídos, como o ferro, por exemplo, necessitam de mecanismos protetores, caso contrário, ter-se-ia a destruição completa da maioria dos materiais metálicos ao longo do tempo. Apesar desses mecanismos protetores, uma quantidade significativa desse metal é desperdiçada devido à ferrugem. No caso do alumínio, ele se oxida mais facilmente que o ferro. Entretanto, seu óxido forma camadas coesas que impedem que o oxigênio entre em contato com o metal, evitando que a corrosão se estenda material adentro.

Assim, mediante os experimentos realizados, essa parte da atividade priorizou a construção de alguns conceitos da eletroquímica, tais como: a

reatividade dos metais, a formação da camada passivadora e o processo de corrosão.

III. Explorando as diferenças de reatividade

As atividades foram aplicadas a 67 alunos da segunda série do período matutino de dois colégios públicos do município de Maringá. A sequência didática se constituiu de três etapas: i. Investigando a formação da ferrugem; ii. Investigando a reatividade dos metais; iii. Diferenças de reatividade.

A continuidade da unidade didática ocorreu com a exploração da diferença de reatividade dos metais, verificando como essa diferença pode ser utilizada para proteger os materiais e gerar fonte de energia em diversos equipamentos. Para dar prosseguimento às discussões, utilizou-se um experimento adaptado

(Krüger, 1997), o qual possibilita a discussão da corrosão em latas de alimentos. Para a realização dessa atividade experimental, foram utilizadas quatro latas de leite em pó, as quais foram enumeradas de 1 a 4. As latas 2, 3 e 4 foram arranhadas em suas superfícies internas com um saca-rolhas. As latas 1 e 2 foram preenchidas com água e as latas 3 e 4 foram preenchidas com solução de cloreto de sódio (NaCl) a 3,5% (p/v). Na lata número 4, foi colocada uma placa de zinco metálico próximo da ranhura. Os alunos fizeram observações durante três dias em intervalos de 24 horas.

Ao final das observações, os alunos perceberam que, na lata 1, não houve mudança, enquanto nas latas 2 e 3, ocorreu oxidação na superfície da ranhura. No entanto, a oxidação da lata 2 foi de menor intensidade em relação à lata 3, que continha a solução de NaCl. Os alunos observaram também

que, na lata 4, ocorreu menor oxidação em comparação à lata 3, devido à presença do metal de sacrifício, zinco. Após as observações, as seguintes questões foram propostas e posteriormente discutidas: *Quais*

latas sofreram corrosão? (colocar em ordem crescente de corrosão). Quais fatores provocaram maior corrosão em uma lata do que em outra? Por que o arranhão favoreceu o desenvolvimento da corrosão na lata 2? Por que a presença de cloreto de sódio (NaCl) aumentou a corrosão na lata 3? Procure justificar o que ocorreu na lata 4. Por meio das observações, os alunos puderam compreender que existem compostos capazes de acelerar a velocidade das reações, como o cloreto de sódio, por exemplo, que acelera o processo de corrosão dos materiais, e que existem alguns metais (nesse caso, o zinco) que protegem outros da corrosão, motivo pelo qual são denominados metais de sacrifício. Esse fenômeno pode ser observado também na proteção de cascos de navios. Pelo fato de estar em constante contato com águas salinas, o processo de corrosão é acelerado, daí a necessidade de o casco ser substituído quando comprometido pela corrosão. Assim, para que se tenha um maior aproveitamento do material e conseqüentemente economia, utilizam-se algumas placas de metais que funcionam como material de sacrifício, podendo ser trocadas sem custos elevados.

Para finalizar a proposta, solicitamos aos alunos a resolução do seguinte problema: *As latas utilizadas pela indústria de alimentos são revestidas por uma fina camada de estanho (Sn), denominada folha de flandres. Consulte uma tabela de potenciais de redução ou de reatividade de metais e justifique esse procedimento.* Em geral, as respostas dos alunos para o problema proposto foram parecidas com o exemplo em destaque: *O Sn tem menor potencial de oxidação do que o aço*

(liga de ferro com carbono) – material do qual as latas são feitas, por isso o Sn é escolhido para o revestimento das latas, pois não deixa os alimentos serem contaminados pelo aço, de fácil oxidação.

A partir das discussões, vários alunos argumentaram que a tinta a óleo protege o ferro da água e que, para acontecer a formação da ferrugem, somente ferro e água são necessários.

Considerações finais

Por meio das discussões, das avaliações e dos registros, percebemos que houve compreensão dos estudantes em relação aos temas abordados, especialmente no que diz respeito à corrosão de metais. Pudemos observar, por meio de suas manifestações verbais, que os alunos conseguiram pensar também em relações econômicas e sociais, transcendendo o conhecimento químico. Para ilustrar esse fato, trazemos um comentário expresso por um grupo de alunos: "A corrosão dos metais é influenciada pelo meio em que o metal está inserido, sabendo-se este metal é possível procurar alternativas para minimizar estes efeitos. Assim diminuindo os custos gerados na reposição do metal no local onde este se encontrava anteriormente".

Dessa forma, foi possível constatar que o desenvolvimento da unidade didática contribuiu para o exercício da cidadania e não apenas para a aprendizagem do conhecimento científico.

Embora o ensino centrado numa perspectiva problematizadora e contextualizada seja desafiador, pode-se afirmar que a experiência vivenciada com a aplicação dessa proposta foi muito relevante e produtiva para todos os sujeitos envolvidos: professores e alunos do ensino médio, professores da universidade e acadêmicos do curso de Licenciatura em Química. A proposta elaborada pelos participantes do grupo proporcionou meios de dinamizar e enriquecer o processo ensino-aprendizagem em química dos alunos do ensino médio e dos futuros professores de química.

Os resultados desse trabalho confirmam que a experimentação investi-

gativa e problematizadora defendida por educadores, como Carvalho et al. (1999), configura-se como potencialmente útil para auxiliar os alunos a refletir sobre suas concepções alternativas e a construir concepções mais próximas daquelas relacionadas ao conhecimento científico.

Vanessa Hafemann Fragal (vanessahafe@hotmail.com) é graduanda em Licenciatura em Química na Universidade Estadual de Maringá (UEM). **Silvia Mara Maeda** (silvamaramaeda@yahoo.com.br) é graduanda em Licenciatura em Química na Universidade Estadual de Maringá (UEM). **Elisângela Pacheco da Palma** (elisangela_pp@hotmail.com) é graduanda em Licenciatura em Química na Universidade Estadual de Maringá (UEM). **Maria Bernadete Pimenta Buzatto** (mabbuzatto@yahoo.com.br), formada em Química, é professora do ensino médio do Colégio Estadual Unidade Polo. **Maria Aparecida Rodrigues** (aparecidar@gmail.com), doutora em Ciências, é docente da Universidade Estadual de Maringá (UEM). **Exedito Leite Silva** (elsilva@uem.br), mestre em Química Orgânica, é docente da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Referências

AIRES, J.A. *História da disciplina escolar Química: o caso de uma instituição de ensino secundário de Santa Catarina 1909-1942*. 2006. 265f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ALVES-MAZZOTTI, A.J. e GEWANDSZNAJDER, F. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, 1999.

_____. Ministério da Educação e dos Desportos. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Ensino Médio. Brasília: MEC, 2002.

CARVALHO, A.M.P. et al. *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: FEUSP; CAPES, 1999.

CHAVES, M.H.O. e PIMENTEL, N.L. Uma proposta metodológica para o ensino de ácidos e bases numa abordagem problematizadora. In: ENCONTRO NA-

CIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1, 1997. Águas de Lindóia. *Anais...* Águas de Lindóia, 1997.

COSTA, J.O. *Bicicletas*. Disponível em: <<http://clientes.netvisao.pt/standc/bicicletas.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

FREIRE, P. *Extensão ou comunicação?* 13. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

GARNETT, P.J. e TREAGUST D.F. Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 2, p. 121-142, 1992.

GEPEQ. *Interações e transformações I – Livro de exercícios*. São Paulo, 1999.

GUIMARÃES, C.C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, 2009.

KRÜGER, V. et al. *Eletroquímica para o ensino médio*. Porto Alegre: UFRGS, 1997.

LIMA, V.A. e MARCONDES, M.E.R. Atividades experimentais no ensino de química. Reflexões de um grupo de professores a partir do tema Eletroquímica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. extra, p. 1-4, 2005.

PARANÁ. *Diretrizes Curriculares de Química*. Secretaria de Estado da Educação. Curitiba: SEED, 2006.

POSADA, J.M. Conceptions of high

school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: structure and evolution. *Science Education*, v. 81, n. 4, p. 445-467, Jul. 1997.

SANGER, M.J. e GREENBOWE, T.J. Common student misconceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 4, p. 377-398, Apr. 1997.

SANTOS, W.L.P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v.1, número especial, p.1-12, 2007.

SANTOS, W.L.P. et al. *Química e sociedade*. São Paulo: Nova Geração, 2006.

SCHÜTZ, E. *Reengenharia mental: reeducação de hábitos e programação de metas*. Florianópolis: Insular, 1997.

WARTHA, E.J. e FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização no ensino de química através do livro didático. *Química Nova na Escola*, n. 22, p. 42-47, 2005.

Para saber mais:

BROWN, L.T. et al. *Química: a ciência central*. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P.I.C. e MAINIER, F.B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. *Química Nova na Escola*, n. 19, p. 11-14, 2004.

Abstract: This paper presents the results concerning the development of an alternative approach for teaching electrochemistry to high school students. This didactic proposition was collectively elaborated in a context of a study group and it involved the problematization and the investigative experimentation, aiming the construction and reconstruction of scientific knowledge about this theme. The data were collected by means of filming, questionnaires and other written records during the application of this material to sixty-seven students from second year of this educational level by two group members. After that, the data were evaluated by the group. The results in the elaboration of the proposition as well in its development with the students were quite relevant, since it was visible the growth of the different actors involved: teachers, undergraduates and high school students in terms of comprehension about the scientific concepts studied

Keywords: electrochemistry, day-by-day, meaningful learning.