

Investigando as Concepções Alternativas dos Estudantes sobre Eletroquímica.

Maria Christina Inês Igne¹ (PG)*, José Carmo Lattari Junior¹ (PG), Eliane Branco Haddad¹ (PG), Franciane Zanetti Campanerut¹ (PG), Rosângela Fernandes Velleca¹ (PG), Adelaide Faljoni-Alario¹ (PQ) ¹*cigne@iq.usp.br*

Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 10 superior, sala 1064, Caixa Postal 26077, CEP 05.513–970, Cidade Universitária, IQ – USP, São Paulo – SP.

Palavras Chave: *Ensino, aprendizagem, eletroquímica*.

Introdução

Pesquisas no mundo todo têm sugerido que o ensino de Química é, via de regra, e salvo honrosas exceções, caótico, pouco frutífero e dicotomizado da realidade de professores e alunos. Quanto à linguagem química, o processo escolar parece incapaz de romper com o hermetismo¹ lingüístico que é próprio desta área o que dificulta a compreensão dos fundamentos dos conceitos químicos. Com isto os alunos são mal sucedidos quando submetidos ao treinamento para o uso desta linguagem. Os conceitos abordados no assunto Eletroquímica se encaixam nas características descritas, pois exigem a compreensão de uma linguagem específica da química, além de envolver conceitos como reações de oxidorredução e compreensão de fenômenos elétricos.

Para que o processo de ensino-aprendizagem em Química seja bem organizado algumas reflexões podem fundamentar a tomada de importantes decisões, tais como: o que ensinar? Como ensinar? Por que ensinar? ¹

Ensina-se Química porque esta ciência é uma linguagem e deve ser instrumento para leitura e interação com o mundo, via domínio do método científico. Deve ser um instrumento para a cidadania, a democracia e o livre pensar.

Especialmente no Brasil, a correlação entre ciência e vida cotidiana há muito tempo vem sendo apontada como uma das formas de melhorar os processos de ensino-aprendizagem em Ciências, inclusive por conta da influência de Dewey² no pensamento educacional brasileiro, por intermédio dos pensadores da Escola Nova. Assim, freqüentemente, a legislação educacional aponta para essa questão, na medida em que idéias da Escola Nova influenciaram os elaboradores dos textos legais, mesmo não sendo incorporadas por completo. Essa referência ao cotidiano na legislação, se não representa uma

efetiva incorporação do cotidiano no currículo em ação nas escolas, expressa a existência de um pensamento dominante preocupado com essa temática.

Ao decidir sobre o que ensinar, uma diretriz a ser considerada é que os temas devem estar vinculados à realidade dos alunos e contemplar a preparação para a vida (inclusive a acadêmica). No entanto o que se observa como objetivo do processo educacional é a aprovação ao final do ano letivo ou um bom desempenho no vestibular, para os quais costuma ser suficiente apenas a “mecanização dos conceitos”. Os conteúdos discutidos em sala de aula devem promover cidadania e competência social, para que os alunos possam viver e sobreviver circulando com desenvoltura nesta nossa sociedade científico-tecnológica cada vez mais exigente em conhecimento¹. Por exemplo, ao discutir o assunto pilhas, pode-se começar abordando a importância que este tipo de produção de energia elétrica teve no desenvolvimento de tecnologias muito usadas atualmente, isto é “compreender a magia da energia empacotada”. É preciso também compreender as consequências do uso desta tecnologia, o que vai desde a exploração dos recursos naturais necessários para a elaboração das pilhas usadas atualmente até o descarte das mesmas. Esta abordagem é uma opção contextualizada, histórica e politizadora, que costuma favorecer a disponibilidade dos alunos para a compreensão dos fenômenos submicroscópicos envolvidos na discussão do assunto.

A reflexão sobre como ensinar Eletroquímica deve considerar se atividades práticas que permitem a observação de fenômenos eletroquímicos podem ou não facilitar a compreensão do nível submicroscópico dos processos envolvidos nas pilhas.

As dificuldades que envolvem Eletroquímica também se estendem para a compreensão que os professores têm sobre este tema. Segundo pesquisa apresentada por LIMA, 2004³, entre os professores não há consenso entre quais são os conteúdos/conceitos que o aluno precisa compreender e, até mesmo, sobre a metodologia mais adequada para discutir o assunto.

¹ doutrina semelhante ao ocultismo, ao esoterismo e à alquimia, que supõe relações íntimas, correspondências misteriosas entre todas as porções do Universo visível e invisível; caráter do que é incompreensível.

A literatura mostra que os alunos costumam apresentar idéias alternativas depois de conhecer o assunto Eletroquímica. Quando os professores têm conhecimento prévio das possíveis concepções, podem orientar de forma mais objetiva as discussões, evitando lacunas que possam levar a estas concepções.

As idéias alternativas mais freqüentes são:

- A identificação de como, na célula eletroquímica, ocorre o fluxo dos elétrons;
- Como ocorre a condução no eletrólito;
- Neutralidade elétrica;
- Compreensão da terminologia e aspectos relativos aos componentes do processo, como ponte salina, cátodo, ânodo, etc. A confusão apresentada pelos estudantes com a terminologia cátodo, ânodo, eletrodo positivo, eletrodo negativo pode levar a uma interpretação errônea dos eventos nos eletrodos;
- A relação entre a deposição e o desgaste do metal com a transferência dos elétrons no processo. Os estudantes assumem a idéia de cargas opostas para determinar o eletrodo positivo e o negativo e que estes seriam o ânodo e o cátodo nas células galvânicas e eletrolíticas;
- O foco na carga dos eletrodos interfere na interpretação da oxidação e da redução. O depósito do metal sobre o eletrodo é freqüentemente associado à idéia de atração entre cargas opostas, o que pode provocar a interpretação equivocada do processo, como o movimento dos íons e o fluxo dos elétrons;

No ensino de química é possível usar as atividades experimentais com diferentes objetivos. Na abordagem desta pesquisa a atividade prática é usada como sugere o projeto Chemical Education Material Study (Química uma Ciência Experimental) 1972³, no qual a atividade experimental é apresentada de forma a desencadear discussões posteriores em sala de aula, ponto de partida para a construção do conhecimento. A atividade prática não foi executada como coleta de dados, nem como constatação de um fenômeno conhecido. Neste caso houve uma preocupação com o pré e pós-laboratório, podendo ser considerado um aspecto relevante na organização das idéias dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

Metodologia

O assunto Eletroquímica foi abordado para alunos com idade entre 16 e 18 anos, da terceira série do Ensino Médio em duas escolas da rede particular de ensino na cidade de São Paulo (SP), período matutino.

O primeiro grupo (Escola A) – considerado grupo experimental, pois a metodologia empregada é o objeto de estudo do nosso trabalho – constituído

por 26 alunos participou, num primeiro momento, de uma atividade que permitiu a observação de fenômenos eletroquímicos no laboratório.

Numa segunda aula foi abordado o assunto de maneira a articular o nível representativo e submicroscópico. Neste momento as transformações químicas ocorridas no laboratório foram trabalhadas no nível simbólico, reforçando os conceitos de cátion, ânion, estado fundamental, caráter metálico dos elementos, oxidação, redução, cátodo, ânodo e tabela de potenciais-padrão de redução.

A atividade seguinte envolveu a resolução de questões, abordando os conceitos trabalhados. Procurou-se, evitar modelos repetitivos e meramente mecânicos, que apelam para a simples reprodução, destituídos de qualquer significado e que não permitem a exploração das concepções alternativas dos estudantes.

O segundo grupo (Escola B) – grupo de controle – constituído de 31 alunos participou de aulas expositivas e atividades propostas no livro de apoio.

Os grupos A e B receberam um instrumento exploratório contendo seis questões com o intuito de identificar as concepções alternativas a respeito de eletroquímica.

O instrumento elaborado pelos pesquisadores reflete a preocupação de oferecer aos professores a possibilidade de identificar as concepções alternativas presentes nos níveis de construção do conceito, representação e interpretação do fenômeno.

As questões elaboradas são do tipo **asserção – razão**, isto é, formadas por uma afirmação seguida de uma justificativa. As alternativas que acompanham cada questão permitem julgar a asserção – razão como:

- a) verdadeiro / verdadeiro e justifica a asserção;
- b) verdadeiro / verdadeiro e não justifica a asserção;
- c) verdadeiro / falso;
- d) falso / verdadeiro;
- e) falso / falso.

Descrição da Atividade Prática Sugerida

Na atividade prática foram utilizados diferentes modelos de pilhas com eletrodos variados que proporcionaram diversas reações de oxidorredução.

Os eletrodos são de materiais presentes no cotidiano, como latas de alumínio (A), tubo de creme dental – de alumínio (B), barra de ferro – utilizada em construção (C), estanho – utilizado em soldas (D), zinco metálico (E), fita de magnésio (F), Fio de solda (mistura Sn e Pb) (G), cobre e alumínio em folhas (H), representados na figura 2.



FIGURA 1 – Materiais utilizados como eletrodos.

Foram utilizados meios que favoreciam reações de oxidação e redução nos eletrodos e a diferença de potencial foi lida no multímetro, de acordo com as figuras abaixo. Fig.2, Fig. 3., Fig. 4, Fig. 5.



FIGURA 2. Pilha de alumínio e cobre com batata



FIGURA 3. Pilha de magnésio e cobre com limão



FIGURA 4. Pilha de zinco e cobre com limão

Para garantir a compreensão de que a energia produzida no processo de oxidorredução pode ser usada em instrumentos que requerem pequenas quantidades de energia, como uma calculadora, foi realizado o experimento ilustrado abaixo:



FIGURA 5 – Calculadora movida pela pilha de magnésio e cobre com limão.

Foi demonstrado também o modelo de pilha com soluções químicas, como sulfato de cobre e sulfato de zinco de concentrações 1 mol/L, separadas por material de cerâmica (vela de filtro de barro) e como eletrodos, os respectivos metais de cobre e zinco.

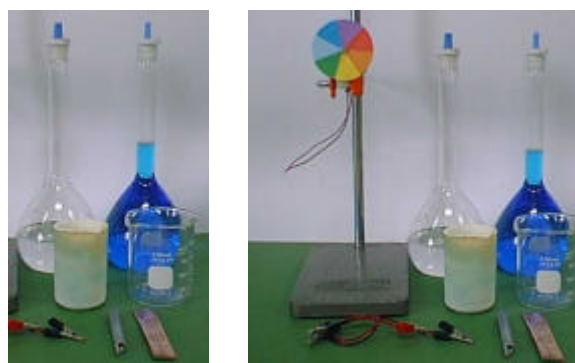


FIGURA 6. Materiais necessários para elaboração de pilha com soluções líquidas.

Os alunos observaram a montagem da pilha que pode ser representada pela figura 7. As soluções foram colocadas no béquer de 250 mL e separadas pela membrana porosa, sendo que a solução de sulfato de zinco foi colocada dentro da membrana e a solução de sulfato de cobre do lado de fora da membrana. Em cada uma delas foi mergulhado o eletrodo. O objetivo foi reproduzir, na prática, o esquema.

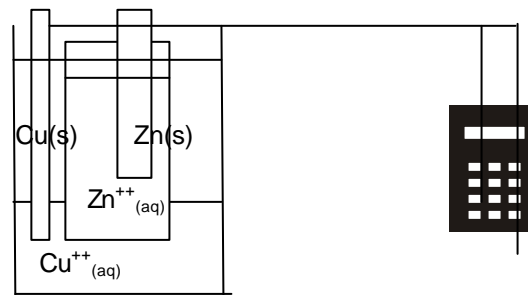


Figura 7. Esquema de um modelo de pilha.



FIGURA 8. Pilha de zinco e cobre com membrana porosa.

A energia da reação de oxidorredução entre as soluções foi suficiente para o funcionamento de equipamentos como das figuras 9, 10 e 11:



FIGURAS 9 E 10: Funcionamento do relógio e da calculadora

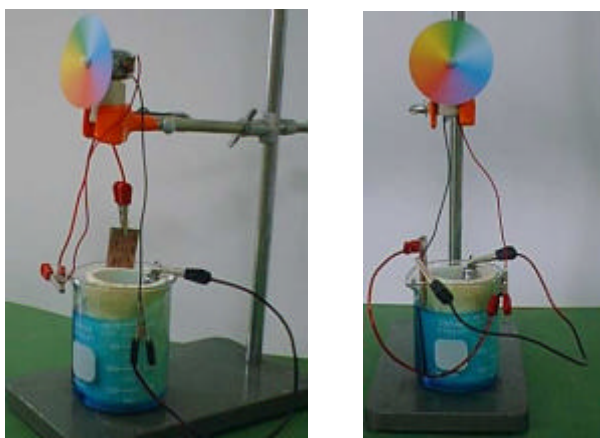


FIGURA 11: Movimentação do disco de Newton

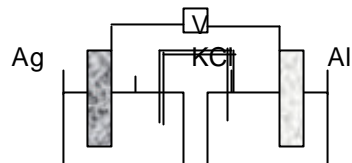
Instrumento de Investigação das Concepções Alternativas

Questões

1. Em uma pilha ocorre reação de oxidação e de redução PORQUE os elétrons são transferidos de uma região de potencial padrão de redução mais alto para uma região de potencial padrão de redução mais baixo.

2. Na pilha formada pelos eletrodos de Mg e Al, elétrons migram do pólo de magnésio para o pólo de alumínio PORQUE o alumínio sofre redução enquanto o magnésio sofre oxidação.

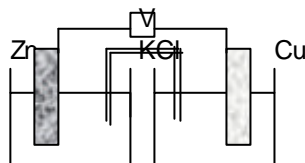
3. A pilha esquematizada abaixo:



Pode ser representada por $\text{Ag}^0_{(\text{s})} / \text{Ag}^+_{(\text{aq})} // \text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} / \text{Al}^0_{(\text{s})}$ PORQUE a prata sofre redução e o alumínio, oxidação.

Questões						
Alternativas	1	2	3	4	5	6
a	11	13	9	10*	5	3*
b	12	8*	6	5	7	6
c	6*	2	4	12	8*	9
d	2	7	9*	2	8	8
e	0	1	3	2	3	5

4. Ao mergulhar um fio de cobre em uma solução de nitrato de prata 1 mol/L, observa-se a formação de um depósito metálico sobre o fio PORQUE trata-se de uma reação semelhante à que ocorre em uma pilha, em que a espécie oxidante é o $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$.
5. Na pilha esquematizada abaixo, o voltímetro indica uma ddp igual a +1,10V PORQUE há um fluxo contínuo de elétrons entre as soluções através da solução de cloreto de potássio.



6. A ddp da pilha formada entre cobre e prata é igual a +0,46V PORQUE a reação global da pilha é a soma das semi-reações que ocorrem nas semi-células.
7. Anote o número das questões para as quais você utilizou os dados tabelados para resolução.

Resultados e Discussão

As tabelas 1 e 2 apresentam o número de alternativas assinaladas pelos alunos das Escolas A e B, respectivamente.

Tabela 1. Resultado da tabulação dos dados obtidos na Escola A

*alternativa correta

Tabela 2. Resultado da tabulação dos dados obtidos na Escola B

*alternativa correta

Visa a aplicação/transferência dos conceitos envolvidos em uma pilha específica. É importante levar em consideração que o aluno pode resolver esta questão usando a tabela de potencial padrão de redução ou pelos seus conhecimentos prévios das propriedades dos elementos químicos utilizadas na

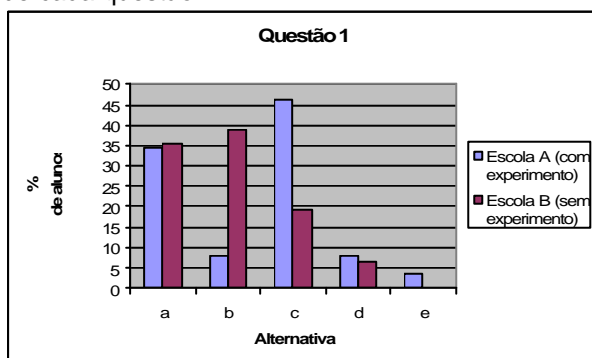
Questões						
Alternativas	1	2	3	4	5	6
a	9	12	6	12*	6	6*
b	2	7*	1	4	7	9
c	12*	4	5	3	10*	3
d	2	3	9	3	1	4
e	1	0	5	4	1	4

Questão 1 - alternativa c.

Permite a identificação do tipo de reação química que ocorre na pilha associada às condições que proporcionam a transferência de elétrons. Se o aluno reconhece a transferência de elétrons e a aplicação do potencial padrão de redução, ele conclui que na **razão** o sentido do fluxo de elétrons está invertido.

O potencial padrão de redução evidencia a tendência de receber elétrons. Na pilha é necessário identificar que o fluxo de elétrons ocorre da substância com menor potencial padrão de redução – perda de elétrons – para a substância com maior potencial padrão de redução.

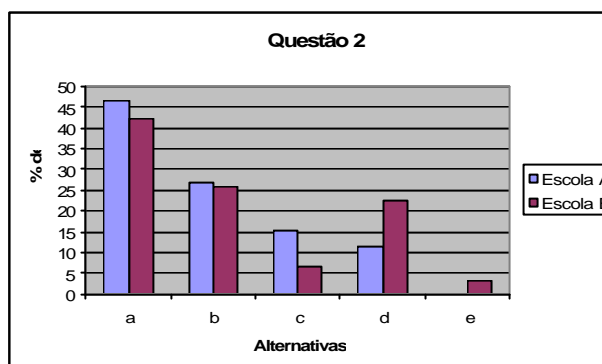
Gráfico 1: Porcentagem de alunos nas alternativas de cada questão



Na turma A, experimental, embora a maioria dos alunos (46 %) tenha optado pela alternativa correta (c), um número significativo de alunos (35 %) assinalou a alternativa (a) provavelmente porque consideram potencial de redução maior como maior tendência a doar elétrons. Já a turma B, controle, apresentou um baixo índice de acerto. 74% dos estudantes dessa turma optou por *verdadeiro/verdadeiro*. Consideram a tendência, como no senso comum, *do maior para o menor*, o que pode caracterizar compreensão inadequada do conceito.

Questão 2 - alternativa b.

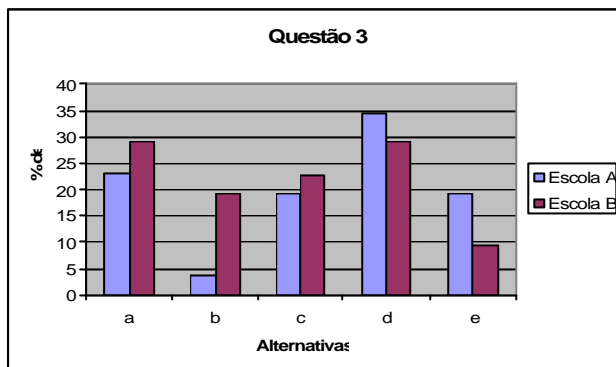
organização da tabela periódica.



A grande maioria dos estudantes das duas turmas, ao assinalar *verdadeiro/verdadeiro* -46%, alternativa (a) e 27 %, alternativa (b) - turma A; 42 %, alternativa (a) e 26 % alternativa (b) - turma B, reconhecem a tendência de cada metal a oxidar-se ou reduzir-se, porém não reconhecem a causa e efeito do processo.

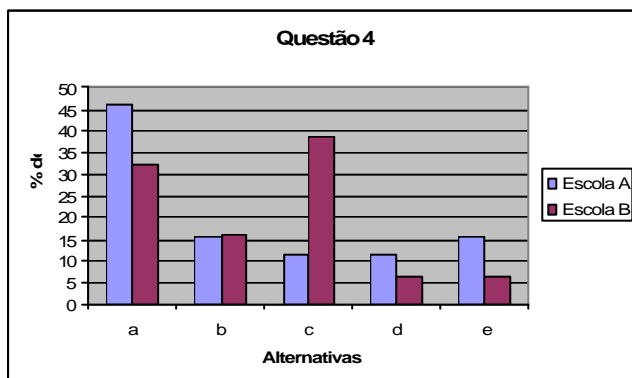
Questão 3 - alternativa d.

Verifica a compreensão do nível representativo da pilha segundo a notação IUPAC. Se o aluno examina a tabela de potencial padrão de redução (E^0 red) para decidir o sentido do fluxo de elétrons ou se simplesmente mecaniza a identificação das espécies oxidantes e redutoras comparando-as com a escrita ocidental, ou seja, da esquerda para a direita, o que fica evidenciado nos resultados.



Questão 4 - alternativa a.

Reconhecer na situação proposta a ocorrência de uma reação espontânea de oxidorredução e relacionar o fenômeno de deposição do metal com a formação de prata metálica a partir do $\text{Ag}^+(\text{aq})$, pelo recebimento de elétrons, favorecido pela oxidação do cobre.



O bom desempenho pode ser reflexo da maior facilidade de compreensão dos fenômenos observáveis ligados à eletroquímica. Alunos da turma A e B reconhecem a reação ocorrida, relacionando-a com o depósito de prata metálica no fio de cobre. Verifica-se, entretanto, que na turma B 39 % dos alunos, ao assinalarem alternativa (c) – *verdadeiro/falso* – podem ter interpretado a expressão “espécie oxidante” como “espécie que se oxida”.

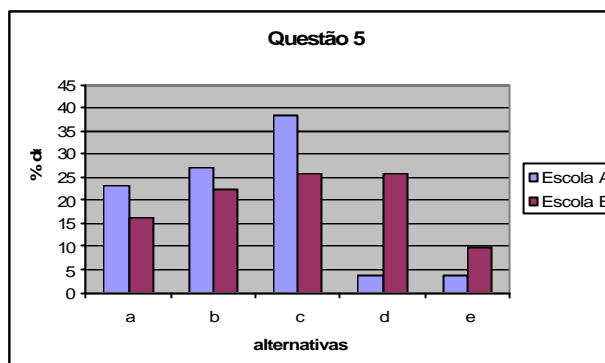
Questão 5 – alternativa c

Esta questão permite investigar o cálculo da diferença de potencial (ddp), a previsão da espontaneidade da reação e a articulação entre o nível do fenômeno e o da representação.

Quanto ao aspecto quantitativo, o aluno deve fazer o cálculo da ddp, utilizando a tabela de potenciais padrão de redução.

No aspecto conceitual, há espaço para que o aluno manifeste conceitos não fixados ou não compreendidos ou então, dificuldade na transferência do conceito em um novo contexto, no que se refere a

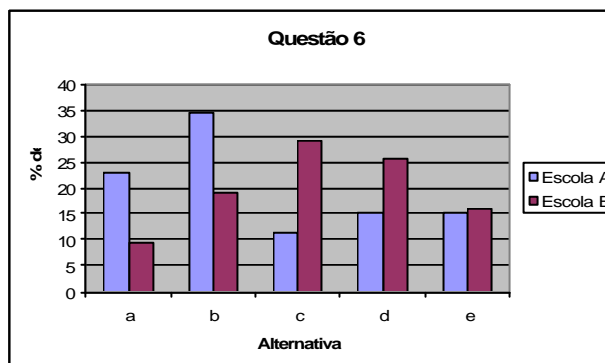
íons, cargas elétricas e ligação metálica, bem como a idéia do fluxo de elétrons pela ponte salina.



Embora a maior porcentagem dos alunos da turma A tenha acertado a questão, um número significativo deles assinalou as alternativas a e b, o que pode evidenciar a concepção alternativa de que os elétrons fluem através da ponte salina independente da espécie química correspondente. Na turma de controle os resultados evidenciam falha na interpretação do fenômeno.

Questão 6 - alternativa a.

Esta questão verifica se o aluno compreende o processo de uso das semi-reações ou se apenas realiza o cálculo da diferença de potencial através do algoritmo.



A pulverização na escolha das alternativas nas duas turmas sugere o fato dos alunos não relacionarem a somatória das semi-reações ocorridas na pilha com a somatória dos potenciais de redução e oxidação, evidenciando a falta de conexão entre os aspectos qualitativo e quantitativo do processo. Esse resultado pode ser consequência da síntese feita pelo professor, utilizando o algoritmo $ddp = E^0_{\text{cátodo}} - E^0_{\text{ânodo}}$ no cálculo da diferença de potencial da pilha.

Questão 7

Objetiva verificar se nas questões 2, 3, 4, 5 e 6 o aluno consultou os dados tabelados, ou seja, potenciais padrão de redução, ou relacionou com

seus conhecimentos prévios das propriedades dos elementos químicos na organização periódica dos elementos.

As tabelas 3 e 4 apresentam o número de alunos que consultou os potenciais padrão de redução na resolução do instrumento.

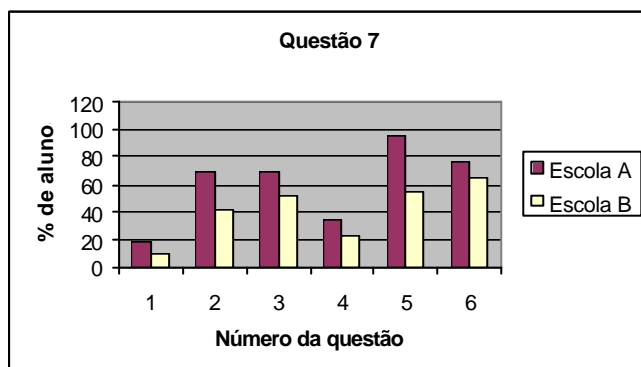
A maioria dos alunos prefere utilizar a tabela de potenciais de redução. Não relacionam os processos apresentados nas questões aos conhecimentos prévios das propriedades químicas dos metais segundo a classificação periódica dos elementos. Pode-se inferir que há insegurança dos estudantes em usar os conhecimentos prévios, ou que a consulta à tabela permite um julgamento rápido das alternativas propostas.

Tabela 3: Resultados da questão 7 na escola A.

Obs: Um estudante (4 %) não respondeu.

Tabela 4: Resultados da questão 7 na escola B.

Obs: 07 alunos (19,4%) não responderam.



Segundo os dados acima, a maioria dos alunos das turmas A e B preferiu utilizar a tabela de potenciais padrão de redução para a resolução do instrumento. Não relacionaram os processos apresentados nas questões aos conhecimentos prévios das propriedades químicas dos metais segundo a classificação periódica dos elementos. Pode-se inferir que há insegurança dos estudantes em usar os conhecimentos prévios, ou que a consulta à tabela permite um julgamento rápido das alternativas propostas.

Conclusões

A aprendizagem da química envolve a utilização de fórmulas, equações e símbolos. Por isso, desde o início da discussão do assunto Eletroquímica, o professor deve trabalhar de forma a articular os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico^{4,5}, sem priorizar a memorização, mas procurando mostrar seu significado, tanto pela ótica do observável, quanto do não observável, isto é, do modelo. Na questão

seis, que pretendia verificar se o aluno compreendeu o processo do uso das semi-reações ou se apenas realizou o cálculo da diferença de potencial através do algoritmo, houve dispersão na escolha das alternativas. A análise deste resultado evidenciou o fato dos alunos não relacionarem os aspectos quantitativos e qualitativos do processo eletroquímico, o que pode ser consequência da síntese feita pelo professor, utilizando o algoritmo que determina a diferença de potencial da pilha, a partir da subtração entre o potencial padrão de redução do cátodo e do ânodo. Comparando o desempenho dos alunos das turmas A e B é possível verificar maior dispersão na escolha das respostas na turma B, evidenciando menor compreensão do conceito.

Embora tenha se verificado também pulverização na escolha das alternativas da questão três, os resultados evidenciam uma boa compreensão do nível representativo segundo a notação IUPAC, porém

Questão	Número de alunos	Porcentagem %
01	05	19,2
02	18	69,2
03	18	69,2
04	09	34,6
Questão	Número de alunos	Porcentagem %
01	08	30,9
02	13	41,9
03	16	51,6
04	07	22,5
05	17	54,8
06	20	64,5

compreensão inadequada do conceito, especialmente na turma B.

O resultado da aplicação do instrumento demonstra que o número de alunos que escolheu nas questões um, quatro e cinco a resposta correta, representa a maioria. No entanto, o fato de um número significativo de estudantes terem assinalado *verdadeiro/verdadeiro* nas questões um e cinco, sugere: o reconhecimento da tendência de cada metal a oxidação ou redução, mas não a identificação de causa e efeito do processo; a concepção alternativa de que os elétrons fluem através da ponte salina independente da espécie química correspondente. Vale ressaltar também a importância do nível observável – deposição da prata no fio de cobre – como facilitador no reconhecimento da espontaneidade de uma reação de oxidorredução.

Embora as questões um e dois explorassem o mesmo conceito, a diferença dos resultados revela que os alunos, mesmo reconhecendo o processo, apresentam dificuldade em justificá-lo.

A proficiência do instrumento está em permitir ao professor não só a identificação das idéias alternativas apresentadas pelos estudantes, bem como a possibilidade de uma nova abordagem mais focada nas idéias apresentadas.

Devido à coerência e persistência das concepções alternativas que os alunos demonstram em eletroquímica, há necessidade de uma nova

abordagem conceitual e metodológica, cujo processo deve ser precedido de uma adequada formação de professores, centrada nas teorias e metodologias mais atualizadas do ensino e da aprendizagem.

É importante também, que o professor não se prenda na seqüência apresentada nos livros didáticos disponíveis, permitindo-se uma maleabilidade e adequação dos conteúdos e seus conceitos de forma que os estudantes percebam que o material é fonte de pesquisa, fator de enriquecimento de seus conhecimentos, mas que não constitui verdade absoluta e incontestável.

Agradecimentos

Aos alunos, direção e orientação pedagógica do Instituto Nossa Senhora Auxiliadora (Rede Salesiana de Ensino)

¹Machado, J. R. C.; Considerações sobre o ensino de química.;
<http://www.ufpa.br/eduquim/consideracoes.htm>;
acessado em Outubro **2005**.

²Dewey, J.; Democracia e educação: Introdução à filosofia da educação. São Paulo: Nacional, **1959**.

³Lima, V. A.; Atividades Experimentais no Ensino Médio – Reflexão de um grupo de professores a partir do tema Eletroquímica, Dissertação de Mestrado para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, **2004**.

⁴Johnstone, A.H.; Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 64 **1982** (227), pp. 377-379.

⁵Johnstone, A.H.; Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *J. Computer Assisted Learning*, **1991**, 7, pp 75-83.