



Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise

Gabriel S. Arini, Isis V. S. Santos e Bayardo B. Torres

A expansão exponencial do conhecimento e o dinamismo do mundo contemporâneo impõem alterações curriculares que privilegiem o desenvolvimento de competências e habilidades capazes conduzir o estudante ao autodidatismo. A estratégia de ensino ativo atende aos objetivos da mudança de foco da informação para a formação dos alunos. Abordagem dessa natureza foi adotada para ensinar conceitos de eletrólise a alunos do último ano de bacharelado em Química. A intervenção pedagógica consistiu exclusivamente em experimentação, guiada por um protocolo com instruções apenas procedimentais. A avaliação do aprendizado foi feita por questões dissertativas em testes pré e pós a atividade, com resultados estatisticamente superiores no teste pós. A receptividade dos estudantes foi avaliada por um questionário de dez itens com escala tipo Likert e revelou, em conjunto com os dados da observação participante, a adesão e o entusiasmo dos estudantes com a nova abordagem.

► ensino de eletrólise, aprendizado ativo, experimentação em ensino ◀

Recebido em 31/05/2020, aceito em 31/08/2020

A expansão do Ensino Médio e Superior no Brasil é acompanhada de uma nova demanda formativa, pautada por documentos normativos da Federação (Brasil, 1999), que exigem mudanças qualitativas visando garantir a promoção humana em sua completude. Conforme esta base normativa, diante do dinamismo do mundo contemporâneo, em que as mudanças ocorrem com frequência e de maneira muito rápida, é fundamental que o preparo dos estudantes não se restrinja ao período escolar, mas se estruture de tal forma que lhes propicie um desenvolvimento para toda a vida (Brasil, 1999). O dinamismo apontado no documento abrange uma série de setores da sociedade, desde a economia, as corporações e as empresas até os indivíduos de um modo geral (Salajan, 2008). O sistema educacional, como parte integrante da sociedade, também é afetado por estas transformações em todos os seus níveis, acrescido do reconhecimento de que, na sociedade moderna, o conhecimento ganha crescente importância econômica (Sene, 2012) e aumenta em velocidade alarmante. A área da Química ilustra esse crescimento, como mostra a Figura 1.

Apesar do aumento exponencial do conhecimento, o tempo de permanência dos estudantes nos cursos de graduação tem sido o mesmo. As já citadas bases normativas da Federação (Brasil, 1999) apontam, como diretriz para

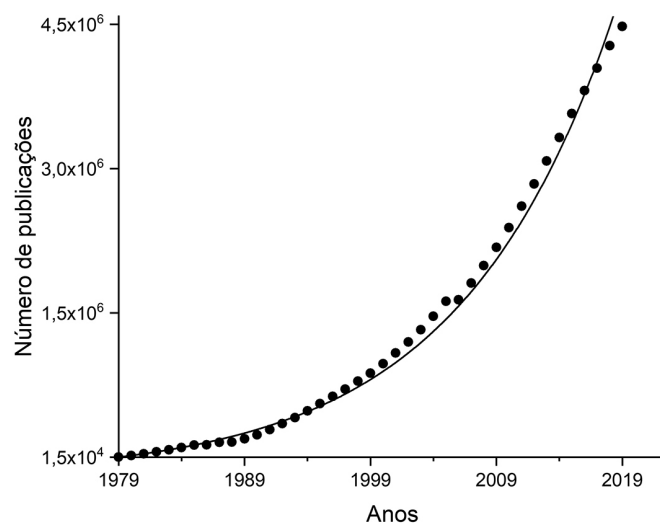


Figura 1: Número de publicações acumuladas na grande área da Química entre 1979 e 2019. Dados obtidos na base de dados PubMed, usando Chemistry como termo de busca. O valor para cada ano é o resultado do número de publicações daquele ano somado ao do ano anterior.

solucionar ou atenuar o impasse, a substituição do foco do ensino: melhor do que privilegiar o conteúdo é propiciar os meios para que os indivíduos desenvolvam competências e

habilidades como a capacidade de resolver problemas, o pensamento crítico, a capacidade argumentativa e a metacrítica. O desenvolvimento dessas habilidades capacita os estudantes a aprender não apenas durante o período escolar, mas ao longo da vida, permitindo que se adaptem às mudanças contínuas (Jarvis, 2007). As indicações dos PCN (Brasil, 1999) encontram respaldo na literatura, sendo amplamente aceitas como um novo paradigma a ser buscado (Kuhn, 2016).

A sugerida mudança do foco curricular, entretanto, depende de alteração equivalente nas estratégias de ensino. De fato, os métodos tradicionais de ensino têm sido criticados pelos limites que apresentam (Wood, 2003; Hughes e Wood, 2003; Powell, 2003; Lujan e DiCarlo, 2006). O uso exclusivo da aula expositiva tradicional, ainda o recurso didático mais utilizado, expressa um modelo de ensino compatível com o tipo de aprendizagem conhecida como *aprendizagem mecânica* (Ausubel, 2000; Moreira, 2011). Nesse modelo, o foco das estratégias é o conteúdo e o aluno é receptor das informações transmitidas pelo professor. Além de estabelecer uma relação de dependência com o professor, o estudante não é estimulado a conferir significado ao que aprende, não se vê como construtor de conhecimentos (Aglen, 2016) e, ainda, alimenta a ideia de que aprendizagem é sinônimo de memorização (Wood, 2003).

Em contrapartida, as estratégias de ensino ativo vêm ao encontro das necessidades supracitadas (Lujan e DiCarlo, 2006). O foco deste modelo de ensino/aprendizagem desloca-se do conteúdo para a formação. O aluno assume o papel de protagonista do próprio aprendizado (Prince, 2004), cabendo ao professor o papel de condutor/orientador dos estudantes tanto no que diz respeito à aquisição do conhecimento quanto, principalmente, no desenvolvimento de competências e habilidades, como o pensar e agir criticamente. Essa abordagem cria as condições necessárias para os estudantes se adaptarem ao crescimento contínuo do conhecimento (Kuhn, 2016) por enfatizar o já clássico “aprender a aprender”.

A eficiência de métodos ativos de ensino/aprendizagem está bem estabelecida e seus efeitos benéficos, bem descritos (Michael, 2006; Freeman *et al.*, 2014; Theobald *et al.*, 2020). Na área das Ciências Experimentais, que incluem a Química, uma das estratégias de aprendizado ativo mais eficientes é obviamente a experimentação (Galiazzi; Gonçalves, 2004; Reid e Shah, 2007; Guimarães, 2009; Osbourne, 2015). De fato, sendo o método científico o cerne do conhecimento químico, o exercício de formulação e teste de hipóteses via experimentação constitui a base da boa formação química. A utilização dessa estratégia de ensino não se restringe ao aprendizado da Química, mas propicia o entendimento da lógica e dos meios pelos quais a Ciência é construída (Kuhn, 2005; Osbourne, 2015). Para além das habilidades de alta ordem cognitiva (Zoller, 1993), a experimentação permite que os estudantes desenvolvam habilidades psicomotoras,

como o manuseio fino de instrumentos, e capacidade organizacional e procedimental, atributos imprescindíveis do bom profissional.

A Físico-química apresenta dificuldades de ensino peculiares (Mammino, 2009), por frequentemente descrever os fenômenos químicos por meio de equações matemáticas. O seu aprendizado constitui um desafio para os estudantes e as tentativas de apreensão de conceitos já prontos (e não construídos ou deduzidos) levam, frequentemente, à mera memorização ou à instalação de concepções alternativas. As dificuldades para dominar os conceitos só são verdadeiramente superadas quando se integram os diferentes níveis representacionais dos conceitos químicos: macroscópico, submicroscópico e simbólico (Marson e Torres, 2011; Ferreira e Lawrie, 2019). É próprio desta área do conhecimento químico valer-se amplamente da representação simbólica para a explicação dos fenômenos, demandando desenvoltura matemática para a apreensão dos conceitos e a interpretação dos fenômenos.

A dimensão macroscópica dos fenômenos pode ser bem explorada pela experimentação, mas as aulas experimentais tradicionais muitas vezes se reduzem ao papel de mero instrumento de comprovação de informações descritas previamente em aulas expositivas, resumindo-se à execução de protocolos. Ou seja, o estudante deve seguir a “receita do bolo” (Guimarães, 2009). Tal conduta, além de pouco educativa, pode descaracterizar os

objetivos do recurso experimental como instrumento didático e distorcer os princípios do método científico.

Entre os temas estudados pela Físico-química, os fenômenos relacionados à eletrólise destacam-se como muito importantes, por suas aplicações nas indústrias de extração de minerais, na obtenção de vários elementos químicos, na galvanoplastia, etc. O próprio conceito de eletrólise é paradigmático das dificuldades já analisadas: não raro observa-se, entre os estudantes, a dificuldade de distinguir parâmetros cinéticos dos termodinâmicos (Agostinho *et al.*, 2019). Para enfrentar esse obstáculo epistemológico, a literatura especializada registra sugestões de sequências didáticas de duração média (Martins e Soares, 2020), requerendo um tempo em geral não disponível na estrutura curricular. A alternativa aqui apresentada pode ser implementada em tempo curto. Esse artigo relata a experiência de sua aplicação e seus resultados.

O objetivo da intervenção pedagógica foi criar, aplicar e avaliar uma sequência didática com abordagem de ensino ativo prático para o ensino/aprendizagem do conceito de eletrólise. Tal objetivo desdobra-se em uma pergunta sobre a aquisição de conhecimento e uma questão sobre a apreciação da estratégia: (i) uma experimentação é capaz de conduzir o aluno à apreensão do conceito de eletrólise? (ii) qual é a percepção dos estudantes sobre a eficácia desta estratégia?

De fato, sendo o método científico o cerne do conhecimento químico, o exercício de formulação e teste de hipóteses via experimentação constitui a base da boa formação química.

Sequência Didática

A intervenção pedagógica foi realizada em uma disciplina de Físico-química, em uma instituição particular de ensino superior da cidade de São Paulo, com 46 estudantes do último ano do curso de Bacharelado em Química. Essa intervenção consistiu de uma sequência didática aplicada em dois blocos de 100 minutos. No primeiro bloco, os estudantes responderam individualmente ao pré-teste (Quadro 1) e, na sequência, em grupos de 4~5 participantes realizaram um experimento sobre eletrólise da água, com base em um protocolo (Figura 2) disponibilizado com uma semana de antecedência. O protocolo era uma adaptação do descrito por Agostinho e colaboradores (2019), contendo unicamente instruções procedimentais, sem explicações de conceitos e antecipação de resultados.

Quadro 1: Questões a serem respondidas antes e depois da sequência didática.

Pré-teste
1) Qual o potencial de redução de $2H^+/H_2$ e de oxidação da H_2O ? Para fazer a eletrólise da H_2O , usa-se esse mesmo potencial? Por quê?
2) Do que depende o potencial para que ocorra a eletrólise?
Pós-teste
1) A diferença de potencial encontrada foi a esperada?
2) O que havia de diferente no experimento em relação às condições padrão?
3) A diferença de potencial em que começou a se desprender hidrogênio foi a mesma em que começou a se desprender oxigênio?
4) Que outra reação de oxidação pode ter ocorrido? Baseie-se nas suas observações experimentais para responder e justificar.
5) O pH influencia o potencial prático que deve ser aplicado para realização da eletrólise? Justifique.
6) O tipo de eletrodo influencia o potencial da eletrólise? Por quê?

No laboratório, os estudantes deveriam construir as células eletrolíticas a serem utilizadas no experimento e responder à questão norteadora: qual o efeito do meio e do tipo de eletrodo no processo de eletrólise da água? Os estudantes deveriam avaliar o desprendimento de hidrogênio primeiro com um eletrodo de cobre e, depois, com eletrodo de aço inoxidável em meio ácido. O professor e o monitor atuaram de forma a orientar os estudantes, discutindo suas eventuais dúvidas, mas sem oferecer respostas prontas e completas. Os estudantes foram instruídos a tomar notas e coletar o maior número de informações sobre o que estavam experimentando. No segundo bloco, os estudantes realizaram o mesmo procedimento em meio básico e no final responderam ao pós-teste e ao questionário de avaliação da estratégia. A seguir, em conjunto, apresentaram e discutiram os dados

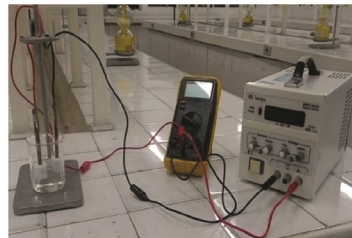
Eletrólise da água

Materiais

- Fonte de corrente contínua - Multímetro - 2 placas de cobre - 2 placas de aço inoxidável - Solução de H_2SO_4 1,0 mol/L - Solução de NaOH 1,0 mol/L - Béquér de 150 mL - 4 fios com jacarés - Lixas d'água de 600 mesh e 1200 mesh.

Procedimento experimental

- Lixar os eletrodos com a lixa de 600 mesh e depois com a de 1200 mesh, sempre molhando as lixas.
- Lavar os eletrodos e secá-los com papel toalha procurando não encostar os dedos na superfície para não ficar marcas de digital.
- Colocar por volta de 100 mL de solução de H_2SO_4 1,0 mol/L no béquer.
- Montar o circuito conforme foto abaixo com eletrodos de cobre. Obs. O multímetro deve estar ligado em paralelo com a fonte.



- Não deixar que os eletrodos de cobre encostem um no outro.
- Ligar o multímetro e acertar a escala para 2 V corrente contínua.
- Ligar a fonte e aumentar gradativamente (0,1 em 0,1 V) o potencial (ler sempre o valor no multímetro e não na fonte). A cada potencial aplicado verificar se está havendo desprendimento de hidrogênio no cátodo (eletrodo negativo). Observar também mudanças no ânodo.
- Quando se verificar desprendimento de hidrogênio no cátodo anotar o potencial em que isto ocorreu.
- Repetir o procedimento com a solução de NaOH e depois com os eletrodos de aço inoxidável e H_2SO_4 .

Figura 2: Protocolo do experimento a ser executado.

obtidos, estabelecendo o compromisso de que a discussão não se encerraria sem que todos os participantes obtivessem o entendimento devido. A interpretação dos resultados e a própria condução da discussão estiveram sob a coordenação do docente, que respaldava as conclusões corretas. A etapa final da discussão foi uma síntese das conclusões com as devidas justificativas.

Coleta de Dados

Tanto a coleta quanto a análise de dados foram realizadas pelas vias qualitativa e quantitativa, caracterizando uma pesquisa de caráter misto (Creswell, 2010; Schram, 2014) e inserindo-se na corrente atualmente referida como *mixed methods* (Johnson e Onwuegbuzie, 2004; Castro *et al.*, 2010). Justifica-se a opção por esta abordagem metodológica lançar luz por diversos ângulos sobre um mesmo fenômeno, fugaz e de difícil apreensão por natureza, e porque a complementariedade entre as diversas abordagens favorece uma análise mais fina sobre o tema em questão (Creswell, 2010).

Foram utilizados dois tipos de instrumentos para a coleta de dados: testes sobre o conteúdo e um questionário para avaliação da intervenção. Para verificação da aprendizagem foi aplicado um pré-teste antes da intervenção e um pós-teste, imediatamente depois (Quadro 1). Ambos os testes eram compostos por questões de caráter dissertativo, versando sobre o conceito de eletrólise – duas para o pré-teste e seis para o pós-teste. As questões foram desenvolvidas em conjunto por dois especialistas, um na área de Físico-química e outro na área de Ensino de Ciências, e se inseriam nos níveis

de baixa e alta ordem cognitiva, segundo a taxonomia de Zoller (1993). Para colher a opinião dos estudantes, aplicou-se um questionário com dez afirmativas que deveriam ser julgadas por uma escala de concordância do tipo Likert de cinco pontos (Quadro 2).

Quadro 2: Instrumento para avaliar a apreciação da sequência didática.

Avaliação do recurso experimental como estratégia de ensino

Indique seu grau de concordância com cada afirmação, segundo a escala: DF: Discordo Fortemente; D: Discordo; I: Indiferente; C: Concordo; CF: Concordo Fortemente. Qualquer comentário será muito bem recebido e útil para o projeto.
Muito obrigado pela colaboração.

	DF	D	I	C	CF
1. A estratégia foi eficiente para ensinar o conceito.					
2. Consegui ter um melhor entendimento do fenômeno com este tipo de abordagem.					
3. Gostaria que mais aulas fossem ministradas nestes moldes.					
4. Não gostei do uso deste tipo de estratégia.					
5. O uso deste tipo de estratégia foi muito estimulante.					
6. O uso desta estratégia deixou a desejar.					
7. Consegui manter-me mais atento nesta estratégia se comparado à aula expositiva.					
8. Gostaria de que mais aulas utilizassem estratégias semelhantes.					
9. Acredito que este tipo de recurso é melhor para solidificar um determinado conceito.					
10. O uso desta estratégia contribuiu para o meu aprendizado.					

Confiabilidade dos Instrumentos de Coleta

A confiabilidade do questionário foi aferida pelo *Coefficiente Alfa de Cronbach* (Cronbach; Shavelson, 2004). Este índice, variando entre zero e um avalia a consistência interna de questionários. Quanto mais próximo à unidade, maior é a confiabilidade do instrumento utilizado - valores maiores ou iguais a 0,7 são considerados satisfatórios (Marsh, 1987; Moreira e Silveira, 1993). O questionário foi também validado pelo cálculo do *Índice de Correlação Item-Total* (Pallant, 2005). Este parâmetro indica quanto uma dada afirmação se relaciona com o conjunto delas. Valores de *Índice de Correlação Item-Total* maiores ou iguais a 0,2 para as afirmativas do questionário são

suficientes para a sua validação. Os valores do Coeficiente Alfa de Cronbach e do *Índice de Correlação Item-Total* foram calculados com auxílio do software *Statistical Package for the Social Sciences*.

A validação do conteúdo das questões dos testes (Moreira e Silveira, 1993) foi feita na sua elaboração por especialistas, como já descrito. Os testes foram compostos por questões com alguma redundância no conteúdo. Essa é uma estratégia para aferir a coerência das respostas dos estudantes.

Notas de Campo

As Notas de Campo são ferramentas imprescindíveis para a apreensão de uma realidade que não pode ser compreendida, em sua totalidade, pelos métodos quantitativos. As notas de campo foram obtidas pela observação participante dos pesquisadores ao longo da intervenção pedagógica (Bogdan e Biklen, 2010), esperando conseguir, do objeto em análise, uma perspectiva “de dentro” (Mayring, 2002). O ruído causado pela presença do observador foi atenuado pela sua atuação concomitante como monitor.

Análise dos Dados

Para o exame dos resultados do questionário foi utilizada a análise descritiva univariada. As respostas aos testes foram avaliadas por um especialista em Físico-química, atribuindo uma nota no intervalo de zero a dez. A comparação entre as médias de pré e pós-testes foi feita pelo teste-T de Student, com um valor de $p<0,05$ considerado estatisticamente significativo.

Resultados e Discussão

Os 46 estudantes matriculados na disciplina responderam os pré e pós-testes e o questionário.

Assimilação do conteúdo

O desempenho dos estudantes no pós-teste foi significativamente maior do que no pré-teste (Figura 3).

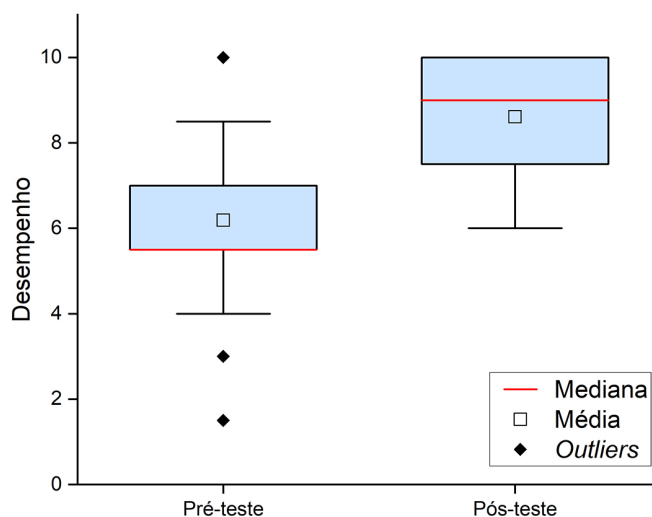


Figura 3 - Desempenho dos estudantes no pré- e pós-teste; * $p<0.05$ no pós-teste vs. pré-teste.

A importância desse resultado está mais no alto valor médio das notas do pós-teste (8,61) do que na comparação entre as notas do pré e pós-teste. As duas questões do pré-teste foram propostas apenas como balizamento para a intervenção, uma vez que, em se tratando de estudantes veteranos, era importante aferir o grau de conhecimento sobre o assunto a ser ensinado. O resultado médio (6,19) indicou, como era esperado para alunos do último ano da graduação, familiaridade com o (mas não domínio do) tema em estudo. As seis questões do pós-teste são abrangentes e verificam virtualmente tudo o que se esperava que os estudantes aprendessem sobre eletrólise no tempo e nas condições da intervenção, tendo sido avaliadas com a exigência compatível.

Apreciação sobre a estratégia didática

Para obter a percepção dos estudantes sobre a estratégia experimental, foi aplicado o questionário já mencionado (Quadro 2). A sua confiabilidade foi estimada pelos valores de Alfa de Cronbach e do Índice de Correlação Item-Total (Tabela 1).

Tabela 1: Valores de Alfa de Cronbach e Índice de Correlação Item-Total para os itens integrantes do questionário.

Afirmativas	Alfa de Cronbach	Índice de Correlação Item-Total
	0,865	
1		0,635
2		0,728
3		0,641
4		0,524
5		0,731
6		0,540
7		0,371
8		0,522
9		0,739
10		0,656

Os valores do Alfa de Cronbach e dos Índices de Correlação Item - Total estão muito acima do valor mínimo recomendado pela literatura, 0,7 e 0,2, respectivamente (Pallant, 2005). Logo, o instrumento construído mostrou-se apropriado para a apreensão da realidade estudada, estando assim validado. As afirmativas 4 e 6 do questionário são simétricas às demais, ou seja, estavam em um sentido inverso em relações às outras. A inclusão desse tipo de afirmativa tem um fim estratégico: visa verificar a coerência das respostas – a discordância delas deve ser equivalente à concordância com as outras. O resultado das respostas dos estudantes ao questionário pode ser visto na Figura 4.

Os resultados revelam que os estudantes apreciaram francamente a estratégia e viram-na como eficiente e capaz de manter a atenção, concordando com as afirmações de números 1, 2, 5, 7, 9 e 10. Por coerência, discordaram

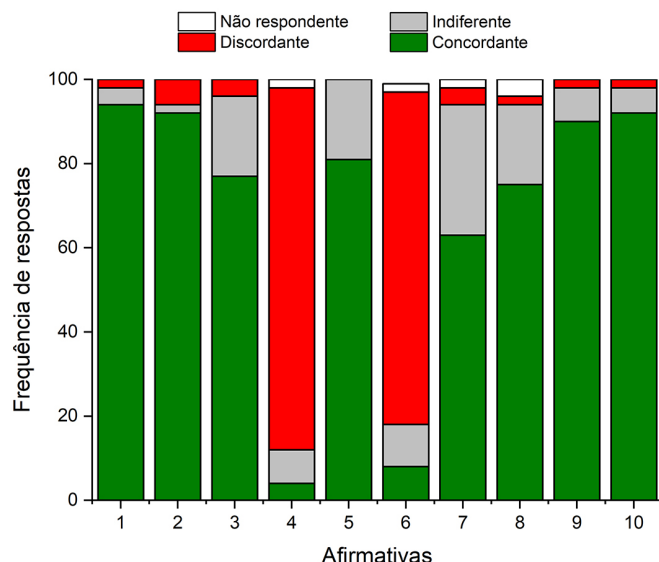


Figura 4 - Avaliação dos estudantes quanto à eficácia da estratégia de ensino. A categoria Concordante corresponde à soma das respostas Concordo e Concordo Fortemente e a categoria Discordante, à soma de Discordo e Discordo Fortemente.

enfaticamente das afirmações de número 4 e 6. Em grande maioria, declararam que gostariam que este tipo de abordagem fosse mais frequentemente utilizado (itens 3 e 8).

Como parte da pesquisa qualitativa, os dados obtidos pelas Notas de Campo foram apreciados e valorizados pela triangulação com os dados quantitativos. A observação participante gerou dados que ratificam os demais dados apresentados.

De fato, era evidente o entusiasmo com a nova abordagem e, ao longo da execução, foram frequentes os sinais de adesão à nova estratégia e as manifestações espontâneas de sua aprovação. Merece destaque o engajamento dos estudantes na discussão dos resultados obtidos nos experimentos, com a formulação espontânea de hipóteses sobre a variação dos potenciais de redução medidos por diferentes grupos. Ao confrontar seus dados com dados diferentes obtidos pelos colegas, os estudantes empenharam-se em debater e conferir sentido às variações observadas, fugindo da dicotomia certo ou errado, tão frequente no julgamento do resultado de experimentos. O entusiasmo criado a partir do confronto de ideias, como resultado da busca de explicações que abarcassem explicações plausíveis e consistentes mostrou-se uma força motriz que permeou todo o andamento da discussão. Permitiu também a identificação de conceitos alternativos persistentes nos estudantes, possibilitando a intervenção esclarecedora do professor.

Considerações Finais

Nesta intervenção pedagógica pretendeu-se ir além dos métodos convencionais empregados na experimentação, invertendo a sequência didática clássica de aulas experimentais e, assim, tornar o ensino de eletrólise de fato ativo. Apresentar primeiro o fenômeno de eletrólise no laboratório atende ao nível representacional macroscópico; abordar a

seguir os níveis mais abstratos e simbólicos permite integrar as diferentes formas de representação do fenômeno químico. O procedimento permitiu que os estudantes construíssem conceitos sobre o assunto estudado com base nos resultados dos experimentos e na discussão com os colegas. De fato, um dos papéis intrínsecos da ciência é explicar os fenômenos naturais; oferecendo o fato experimental antes de sua explicação ou teorização, o professor reproduz didaticamente o fazer científico. Essa abordagem muda o papel do professor tanto quanto o dos alunos. Os estudantes precisam abandonar o papel de receptores passivos de informações para acionar a curiosidade investigativa; o professor baliza a discussão, monitora os raciocínios e avaliza as conclusões. O resultado do pós-teste mostra que a construção de conhecimento sobre o assunto foi adequada e abrangente.

Ao privilegiar o debate direcionado entre os estudantes, em vez da exposição clássica, faz-se uma contribuição para o desenvolvimento da autonomia e da autoconfiança, tendo como alvo o aprendizado significativo (Ausubel, 2000; Moreira, 2011).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que deduzir os conceitos a partir dos experimentos pelo trabalho

colaborativo em pequenos grupos (Linton *et al.*, 2014; Fung *et al.*, 2016) teve impacto significativo tanto no desempenho dos estudantes quanto no componente motivacional da estratégia. Tais resultados indicam que usar o experimento como forma de apresentação do fenômeno a ser estudado, e não como recurso comprobatório do arcabouço teórico discutido previamente, é uma forma eficiente de promoção da aprendizagem. Cumprem-se, assim, os requisitos claramente apontados por Galiazzi e Gonçalves (2004) para favorecer o processo de aprendizagem: a recuperação do conhecimento prévio dos estudantes, a mediação pelos pares, o debate, a validação dos argumentos e a discussão sobre o contexto.

Gabriel Santos Arini (gabrielbio19@gmail.com), bacharel em Ciências Farmacêuticas e licenciado em Química pelas Faculdades Osvaldo Cruz, mestre em Bioquímica pela Universidade de São Paulo. Estagiário no Departamento de Bioquímica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP – BR. **Isis Valença de Sousa Santos** (isisvalenca@yahoo.com.br), bacharel e licenciada em Química, mestre em Química. Colaboradora do Grupo de Pesquisa em Educação Química e professora de Química no Colégio Augusto. Guarulhos, SP – BR. **Bayardo Baptista Torres** (bayardo@iq.usp.br), bacharel e licenciado em Ciências Biológicas e doutor em Bioquímica pela Universidade de São Paulo, é professor Sênior do Departamento de Bioquímica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP – BR.

Referências

AGLEN, B. Pedagogical strategies to teach bachelor students evidence-based practice: A systematic review. *Nurse Education Today*, v. 36, p. 255 – 263, 2016.

AGOSTINHO, S. M. L.; JAIMESEB, R. F. V. L.; VAIOLETTEC, L. e SANTOS, I. V. S. Effect of the nature of the electrolyte and the nature of the interface on the hydrogen evolution potential: experiments for chemistry students. *Química Nova*, v. 42, n. 4, p. 453-457, 2019.

AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000.

BOGDAN, R. C. e BIKLEN, S. K. *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora, 2010.

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

CASTRO, F. G.; KELLISON, J. G.; BOYD, S. J. e KOPAK, A. A methodology for conducting integrative mixed methods research and data analyses. *Journal of Mixed Methods*, v. 4, n. 4, p. 342-360, 2010.

CRESWELL, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERREIRA, J. E. V. e LAWRIE, G. A. Profiling the combinations of multiple representations used in large-class teaching: Pathways to inclusive practices. *Chemical Education Research and Practice*, v. 20, p. 902-923, 2019.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; McDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H. e WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

FUNG, D. C. L.; TO, H. e LEUNG, K. The influence of collaborative group work on students' development of critical thinking: the teacher's role in facilitating group discussions.

Pedagogies: An International Journal, v. 11, n. 2, p. 146–166, 2016.

GALIAZZI, M. C. e GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova*, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

HUGHES, I. E. e WOOD, E. J. Does problem-based learning work? And whose fault is it if it doesn't? *Biochemistry and Molecular Biology Education*, v. 31, n. 4, p. 257–259, 2003.

JARVIS, P. *Globalization, lifelong learning and the learning society: Sociological perspectives*, v. 2. New York: Routledge, 2007.

JOHNSON, R. B. e ONWUEGBUZIE, A. J. Mixed methods research: a research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, v. 33, n. 7, p. 14–26, 2004.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. B. V. Boeira e N. Boeira. 9ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

KUHN, D. What do young science students need to learn about variables? *Science Education*, v. 100, n. 2, p. 392–403, 2016.

LINTON, D. L.; FARMER, J. K. e PETERSON, E. Is peer interaction necessary for optimal active learning? *CBE – Life Sciences Education*, v. 13, n. 2, p. 243–252, 2014.

LUJAN, H. L. e DICARLO, S. E. Too much teaching, not enough learning: what is the solution? *Advances in Physiology Education*, v. 30, n. 1, p. 17–22, 2006.

MAMMINO, L. Teaching physical chemistry in disadvantaged contexts: challenges, strategies and responses. In: GUPTA-BHOWON, M.; JHAMUMEER-LAULLOO, S.; LI KAM WAH, H. e RAMASAMI, P. (eds) *Chemistry Education in the ICT Age*. Dordrecht: Springer, 2009.

MARSH, H. B. Students' evaluations of university teaching: research findings, methodological issues, and directions for future research. *International Journal of Educational Research*, v. 11, n. 3, p. 253–388, 1987.

MARSON, G. A. e TORRES, B. B. Fostering multi-representational levels of chemical concepts: a framework to

develop educational software. *Journal of Chemical Education*, v. 88, n. 12, p. 1616–1622, 2011.

MAYRING, P. *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. 5ª ed. Weinheim: Beltz, 2002.

MICHAEL, J. Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, v. 30, n. 4, p. 159–167, 2006.

MOREIRA, M. A. e SILVEIRA, F. L. *Instrumentos de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem: a entrevista clínica e a avaliação de testes de papel e lápis*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

OSBORNE, J. Practical work in science: misunderstood and badly used? *School Science Review*, v. 96, n. 357, p. 16–24, 2015.

PALLANT, J. *SPSS survival manual: a step by step guide to data analysis using SPSS for Windows (version 12)*. London: Open University Press, 2005.

POWELL, K. Spare me the lecture. *Nature*, v. 425, p. 234–236, 2003.

PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, v. 93, n.3, p.223–231, 2004.

REID, N.; SHAH, I. The role of laboratory work in university chemistry. *Chemical Education Research and Practice*, v. 8, n. 2, p. 172–185, 2007.

SALAJAN, F. D. The rise of the information society amongst European academics. *European Journal of Education*, v. 43, n. 4, p. 457–475, 2008.

SENE, J. E. A. Sociedade do conhecimento e as reformas educacionais. *GEOTemas*, v. 2, n.1, p.129–143, 2012.

SCHRAM, A. B. A Mixed Methods Content Analysis of the Research Literature in Science Education. *International Journal of Science Education*, v. 36, p. 2619–2638, 2014.

THEOBALD, E. J.; HILL, M. J.; TRAN, E.; AGRAWAL, S.; ARROYO, E. N.; BEHLING, S.; CHAMBWE, N.; CINTRÓN, D. L.; COOPER, J. D.; DUNSTER, G.; GRUMMER, J. A.; HENNESSEY, K.; HSIAO, J.; IRANON, N.; JONES 2nd, L.; JORDT, H.; KELLER, M.; LACEY, M. E.; LITTLEFIELD, C. E.; LOWE, A.; NWEMAN, S.; OKOLO, V.; OLROYD, S.; PEECOOK, B. R.; PICKETT, S. B.; SLAGER, D. L.; CAVIEDES-SOLIS, I. W.; STANCHAK, K. E.; SUNDARAVARDAN, V.; VALDEBENITO, C.; WILLIAMS, C. R.; ZINSLI, K. e FREEMAN, S. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, v. 117, n. 12, p. 6476–6483, 2020.

WOOD, W. B. Inquiry-Based Undergraduate Teaching in the Life Sciences at Large Research Universities: A Perspective on the Boyer Commission Report. *Cell Biology Education*, v. 2, p. 112–116, 2003.

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 3, p. 195, 1993.

Para saber mais

CARMEL, N. J. C. e PACCA, J. L. A. Conceções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, n. 28, p. 7–26, 2011.

MARTINS, A. L. S. e SOARES, E. C. Ensino de eletrólise – Sequência didática, <https://docplayer.com.br/81515678-Ensino-de-eletrolise.html>, acesso em mai. 2020.

SARTORI, E. R.; SANTOS, V. B.; TRENCH, A. B. e FATIBELLO-FILHO, O. Construção de uma célula eletrolítica para o ensino de eletrólise a partir de materiais de baixo custo. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 107–111, 2012.

Abstract: *An active practical approach to teach electrolysis.* The exponential expansion of knowledge and the dynamism of the contemporary world impose curricular modifications that privilege the development of competences and skills capable of conducting the students to lifelong learning. The active teaching strategy reaches the objective of shifting the focus from information to the formation of students. An approach of this nature was adopted to teach chemistry students in their senior year the main concepts of electrolysis. The pedagogic intervention consisted exclusively in experimentation, guided by a protocol containing only procedural instructions. The assessment of learning was made by essay questions in tests before and after the activity, with statistically superior results in the post-activity test. The receptivity of the students was assessed by their answers to a 10-question questionnaire, with a Likert scale, and revealed, combined with the data from the participant observation, the adhesion and enthusiasm of the students with the new approach.

Keywords: electrolysis teaching; active teaching; experimentation method