

Uma análise de conhecimentos mal concebidos sobre o tema Eletroquímica a partir de uma revisão sistemática da literatura

An analysis of misconceived knowledge on the topic of Electrochemistry based on a systematic literature review

Bárbara Mulè Gonçalves

Universidade Federal Fluminense (UFF)
barbaragoncalves@id.uff.br

Joana Guilares de Aguiar

Universidade Federal Fluminense (UFF)
joana_aguiar@id.uff.br

Resumo

A aprendizagem significativa não necessariamente implica em uma aprendizagem “correta”. Esta falta de entendimento conceitual dos discentes vem sendo pauta de estudos na Educação, tais como os conhecimentos mal concebidos conforme modelo proposto por Michelene Chi. O objetivo deste trabalho foi analisar os conhecimentos mal concebidos acerca do tema Eletroquímica, assunto complexo e de natureza multirrepresentacional, a partir de artigos da literatura. A metodologia qualitativa-descritiva do estudo se baseou, inicialmente, em uma revisão sistemática da literatura em três periódicos de Ensino de Química, a qual resultou em um universo de 10 artigos para coleta e análise de dados. Em seguida, foram identificados 96 conhecimentos mal concebidos, classificados segundo Chi (2013). Destes, 43,8% são dotados de elevada robustez, o que indica a necessidade de intervenções pedagógicas mais laboriosas para sua transformação. Assim, ressalta-se a importância da constante vigilância do docente ao conhecimento declarativo dos estudantes ao longo do processo de aprendizagem.

Palavras chave: conhecimentos mal concebidos, eletroquímica, aprendizagem significativa.

Abstract

Meaningful learning does not necessarily indicate “correct” learning. The lack of conceptual understanding of students has been the subject of studies in Education such as misconceived knowledge according to the model proposed by Michelene Chi. This study aims to analyze the misconceived knowledge about the topic of Electrochemistry, a complex subject with a multi-representational nature, based on articles in the literature. The qualitative-descriptive methodology was initially centered on a systematic review of the literature in three Chemistry Teaching journals, which resulted in a universe of 10 papers for data collection and analysis. Then, 96 misconceived knowledge were identified and classified according to Chi (2013). Of

these misconceived knowledge, 43.8% were considered highly robust, which indicates the need for more laborious pedagogical interventions for their transformation. Thus, it is also important to highlight the need for constant surveillance by the teacher to the students' declarative knowledge throughout the learning process.

Key words: misconceived knowledge, electrochemistry, meaningful learning.

Introdução

Durante o processo de assimilação e retenção do conhecimento que pode levar à ocorrência da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003), os estudantes constroem suas representações conceituais a partir da aproximação entre o conhecimento prévio e a nova informação por meio de uma atribuição não-litera e não-arbitrária, ou seja, com significado. Entretanto, aprender de modo significativo não implica, necessariamente, em aprender corretamente do ponto de vista científico.

Nesse contexto, a construção mental inadequada dos modelos cientificamente aceitos por parte dos alunos vem sendo pauta de estudos no âmbito educacional dos últimos anos. Na literatura, são reportados diversos termos para se referir a esta falta de entendimento conceitual, dentre eles, as concepções errôneas¹ (CHO; KAHLE; NORDLAND, 1985; GRIFFITHS; GRANT, 1985), as crenças ingênuas² (CARAMAZZA; MCCLOSKEY; GREEN, 1981) e as concepções alternativas ou espontâneas³ (DRIVER; EASLEY, 1978).

Neste trabalho, foi adotada a visão de Michelene Chi (2013), que utiliza a expressão **conhecimentos mal concebidos**. Segundo a autora, limitar a ideia de conhecimento mal concebido à mera incorreção não explica a complexidade em ressignificá-lo. Por isso, instituiu dois tipos distintos de incorreção, (1) a imprecisa, que tem como subtipos: as crenças falsas e os modelos mentais falhos, e (2) a incomensurável, que agrupa os subtipos: erros de categoria e esquemas ausentes.⁴

Os conhecimentos mal concebidos do tipo imprecisos são classificados dessa forma por possuírem imprecisões em relação à informação correta ou à realidade, bem como por apresentarem valores incorretos na mesma dimensão, isto é, no que se refere à propriedade de um conceito em específico. As crenças falsas, por exemplo, correspondem às ideias individuais e ingênuas dos estudantes e estas, por contradizerem a informação correta na mesma dimensão, podem ser mudadas através de refutações, resultando na revisão da crença (CHI, 2013). A autora cita o exemplo da afirmativa “o coração é responsável por reoxigenar o sangue” (p. 51, tradução nossa), onde se obedece a prerrogativa da dimensão, isto é, o fato de existir um órgão responsável pela reoxigenação do sangue, contudo este não é o coração e sim o pulmão.

¹ Do inglês, *misconceptions*.

² Do inglês, *naive beliefs*.

³ Do inglês, *alternative conceptions*.

⁴ Alguns trechos presentes neste parágrafo foram livremente traduzidos do artigo original (CHI, 2013), tais como: misconceived knowledge – conhecimentos mal concebidos; incorreção – *incorrectness*; imprecisa – *innacurate*; incomensurável – *incommensurate*; crenças falsas – *naive beliefs*; modelos mentais falhos – *flawed mental models*; erros de categoria – *category mistakes* e esquemas ausentes – *missing schemas*.

Os modelos mentais falhos, por sua vez, são definidos por Chi (2013) como crenças individuais que são coerentes entre si, mas foram organizadas mentalmente de forma inadequada segundo o modelo correto. Com isso, as premissas centrais do modelo falho não são mutuamente contradizentes, pois apresentam consistência em suas previsões e explicações, todavia contrariam as proposições do modelo correto em uma mesma dimensão. Chi (2013) cita o exemplo do modelo de circuito único da oxigenação do sangue, onde é dito que o sangue vai para o coração para ser oxigenado e, então é bombeado para o resto do corpo para, ao final, retornar ao coração. Este modelo está incorreto, pois, na verdade, o que ocorre é um circuito duplo: o sangue primeiramente vai do coração para os pulmões para ser oxigenado, então retorna ao coração, que por sua vez, o bombeia para o resto do corpo de modo que, por fim, ele regresse ao coração. Diante deste tipo de incorreção, existem três caminhos possíveis para transformação do conhecimento: (1) refutações de cada crença falsa que compõe o modelo de modo que cumulativamente o transforme na versão correta; (2) confrontos de forma holística por meio de comparações visuais e (3) refutação dos pressupostos básicos do modelo.

Enquanto os conhecimentos mal concebidos imprecisos podem ser alterados através de intervenções menos complexas, aqueles do tipo incomensurável apresentam grande robustez e são de difícil mudança (CHI, 2005). Este tipo conflita com as informações corretas por conta de classificações mentais em categorias equivocadas do ponto de vista hierárquico e ontológico. Assim, muitas vezes, experiências cotidianas e o ensino formal se mostram ineficazes na transformação destes conhecimentos por meio de simples confrontos diretos.

Chi (2013) define os conhecimentos mal concebidos do tipo “erros de categoria” como aqueles que não foram atribuídos à categoria adequada. A autora cita como exemplo o caso da atribuição do conceito calor à categoria “entidades” relacionando-o à ideia de “coisas quentes”, quando na verdade ele se refere à velocidade com que as moléculas colidem e, portanto, pertence à categoria “processos”. Deste modo, é necessário que sua transformação seja realizada em duas etapas pelo professor. A primeira é baseada em um confronto das concepções prévias do aluno em um nível categórico para que, em seguida, a categoria correta seja apresentada ao estudante.

Já no caso dos esquemas ausentes, o discente desconhece a categoria alternativa que o conhecimento efetivamente pertence, ou seja, costumeiramente não tem conhecimento da categoria de um processo emergente como se tem daquela de característica sequencial. Por exemplo, quando se assume que a razão pela qual uma esquadrilha de aviões se movimenta no ar adotando uma formação em V também se aplica ao caso do padrão em V realizado no voo migratório de gansos. Enquanto no primeiro caso, tem-se um processo sequencial, onde a escolha pela forma de perfilação é intencional e guiada por um líder, no segundo, a formação em V é adotada de forma instintiva e individual por cada animal para se obter menor resistência do ar e esforço mínimo no voo, caracterizando-se como um processo emergente. Uma intervenção direta não funcionaria entre processos sequenciais e emergentes, por isso, neste caso a mudança consiste em primeiramente ensinar aos alunos as características do esquema alternativo/emergente, o qual é distinto daquele para o qual eles equivocadamente atribuíram o conceito. Dessa forma é possível começar a assimilar novas informações no esquema construído e, por fim, realizar a reatribuição do conhecimento (CHI, 2013).

A construção mental de conceitos científicos e a dificuldade de aprendizado na Química de modo geral podem advir de diversas causas, sendo uma delas a natureza multirrepresentacional do conhecimento químico (MARSON; TORRES, 2011). Segundo Johnstone (2009), existem três níveis representacionais: (1) macroscópico/fenomenológico, (2) submicroscópico/atômico/molecular, e (3) simbólico/representacional. O primeiro nível

corresponde ao âmbito sensorial da Química e está relacionado a propriedades como cor, odor, densidade. Já o nível submicroscópico alude às explicações do que foi observado no campo macroscópico através de conceitos como átomos, íons, ligações químicas, de modo a construir imagens e modelos mentais. O terceiro e último nível, por sua vez, diz respeito às representações dos fenômenos por meio da simbologia característica da linguagem matemática e científica, em particular, do vocabulário químico (MELO, 2015; MORTIMER, MACHADO; ROMANELLI, 2000; OSMAN; LEE, 2014).

Para algumas subáreas em específico os problemas ao transitar entre os três níveis representacionais são ainda mais evidentes. Por exemplo, a Físico-Química apresenta particularidades como a massiva utilização de representações simbólicas em seu arcabouço teórico, as quais acabam “demandando desenvoltura matemática para a apreensão dos conceitos e a interpretação dos fenômenos” (ARINI; SANTOS; TORRES, 2021, p. 177) por parte dos alunos. O discurso físico-químico se mostra diferente dos demais, pois requer grande capacidade de abstração e articulação, e essas características remetem à própria natureza desta subárea como ponto de interface entre a Química e a Física (MAMMINO, 2009). Este trabalho tecerá sobre um dos temas mais desafiadores de serem ensinados e aprendidos na Físico-Química, tanto em nível básico quanto superior: a Eletroquímica (DE JONG; TREAGUST, 2002).

A Eletroquímica trata-se de um assunto cujo conhecimento científico envolve uma complexa estrutura com múltiplos níveis de representação do conhecimento. Além disso, é um tema passível de mobilizar conhecimentos tecnológicos, sociais e ambientais. Ao longo do estudo eletroquímico, o estudante precisa compreender as diferenças entre eletrólitos e não-eletrólitos, o processo da eletrólise e as células voltaicas no nível macroscópico, por exemplo. Já no âmbito microscópico, será necessário que ele entenda o movimento dos íons e dos elétrons durante a eletrólise. Além disso, o discente também precisará representar o conhecimento de forma simbólica através de fórmulas químicas, equações e semirreações, cálculo de voltagem (DE JONG; TREAGUST, 2002; OSMAN; LEE, 2014). Como consequência, é possível encontrar na literatura relatos de dificuldades de compreensão dos seus conceitos por parte dos alunos, como foi observado, por exemplo, por Caramel e Pacca (2011), que notaram grande defasagem no domínio da relação entre corrente elétrica e as reações químicas pelos estudantes.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar os conhecimentos mal concebidos sobre o tema Eletroquímica obtidos a partir de uma revisão sistemática de artigos da literatura.

Metodologia

A referida pesquisa foi conduzida sob um viés qualitativo-descritivo (CRESWELL, 2013), mais especificamente uma revisão sistemática da literatura seguindo a metodologia PRISMA (GALVÃO; PANSANI; HARRAD, 2015). O procedimento detalhado das etapas de identificação, seleção, elegibilidade, inclusão/exclusão, bem como uma análise dos aspectos pedagógicos e metodológicos dos artigos obtidos na revisão foram anteriormente publicados no trabalho de Gonçalves e Aguiar (2022).

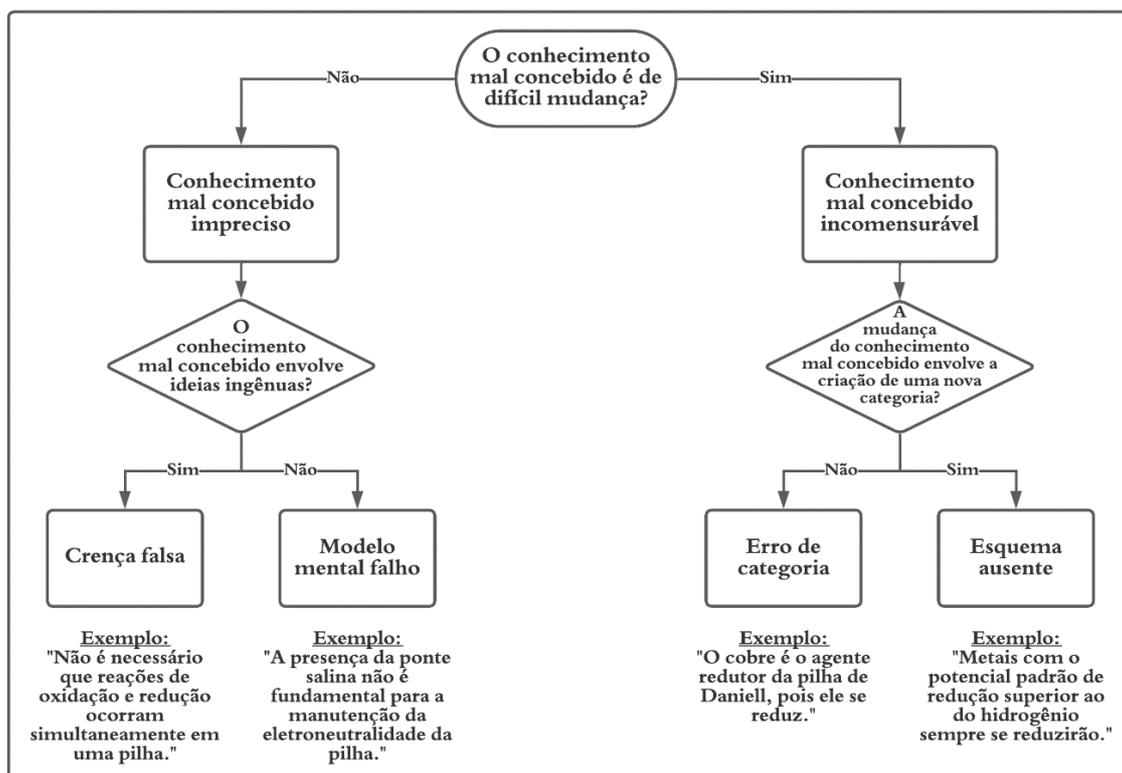
Neste estudo preliminar, as autoras fizeram uma busca de artigos nacionais e internacionais, publicados no período de 2001 a 2021, nos *sites* de três periódicos: Química Nova na Escola (QNEsc), *Journal of Chemical Education* (JCE) e *Chemistry Education Research and Practice* (CERP). A escolha pelas revistas em questão se deu por conta da adoção de avaliação por pares,

de seus altos rigores científicos e prestígio na área de ensino de Química e por serem detentoras de boas classificações no Qualis/CAPES e/ou fator de impacto equivalente.

A busca pelos artigos foi feita utilizando as palavras-chave: eletroquímica, oxirredução, pilhas, eletrólise, ensino e suas respectivas combinações e variações em inglês. Dos 787 artigos resultantes, 770 foram excluídos por não apresentarem menções diretas ao conhecimento declarativo dos alunos em Eletroquímica no título e/ou resumo. Por fim, foram excluídos outros sete artigos por apresentarem análises exclusivamente estatísticas ou estarem fora do período de busca, culminando em um conjunto de 10 artigos.

Este universo de artigos é agora alvo de um novo estudo, cujo objeto de análise são os conhecimentos declarativos dos alunos sobre o tema Eletroquímica. Para a classificação destes conhecimentos identificados na revisão sistemática, foi elaborado e aplicado o fluxograma descrito na Figura 1, proposto de acordo com as premissas adotadas por Chi (2013). Como parte da discussão são propostas formas de transformação de parte dos conhecimentos mal concebidos categorizados e avaliados.

Figura 1: Proposta de fluxograma para facilitar o processo de categorização de conhecimentos mal concebidos segundo Chi (2013) e exemplos ilustrativos do tema Eletroquímica.



Fonte: Elaboração própria

Resultados e Discussão

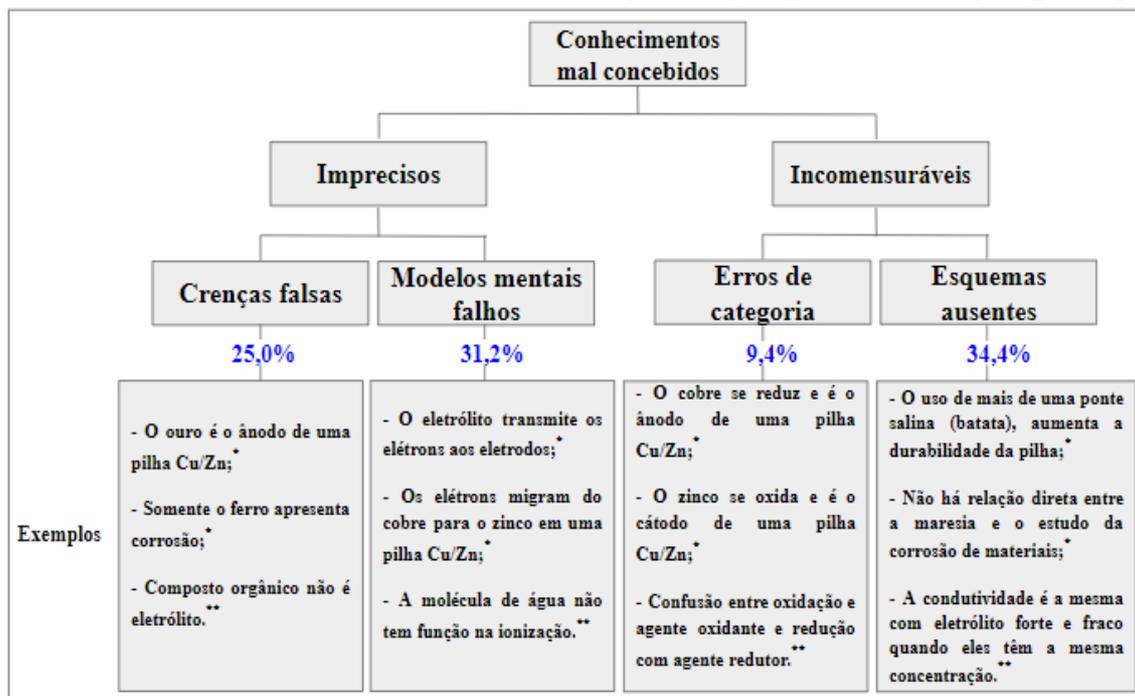
Ao longo das buscas, foi observado que a grande maioria dos trabalhos remetia a estudos voltados à parte prática da Eletroquímica com atividades de cunho estritamente experimental. Os artigos encontrados na QNesc ($n = 3$) se utilizaram de metodologias alternativas de ensino para angariar conhecimentos de alunos de Ensino Médio e/ou técnico acerca de assuntos

transversais ao tema Eletroquímica, tais como construção de pilhas bioquímicas (SANTOS *et al.*, 2018), eletrodeposição (BARRETO; BATISTA; CRUZ, 2017) e maresia (SANJUAN *et al.*, 2009). Os autores adotaram técnicas como a Análise Textual Discursiva e coleta de dados via entrevistas, depoimentos, representações gráficas, pré-testes e pós-testes para posteriormente avaliarem o entendimento dos estudantes. Os questionários pré e pós-testes também foram utilizados como forma de analisar conceitualmente as respostas dadas pelos discentes no artigo (YANG; GREENBOWE; ANDRE, 2004) selecionado na JCE ($n = 1$). O referido trabalho tratou sobre o tópico “eletricidade” por meio do uso de uma lanterna com alunos universitários a partir da aplicação de um *software* interativo ao longo da atividade.

Os artigos selecionados na CERP ($n = 6$) trataram sobre intervenções realizadas tanto no Ensino Médio, quanto no Ensino Superior. Aquelas aplicadas no Ensino Médio (LU; BI; LIU, 2019; LU; BI, 2016; SUPASORN, 2015) utilizaram de métodos como o fenomenográfico, o de Rasch e de experimentos em pequena escala para avaliar o nível de compreensão conceitual dos alunos sobre a Eletroquímica por meio de assuntos como eletrólitos e células galvânicas. Os trabalhos cujas ações foram realizadas no Ensino Superior, por sua vez, versaram sobre tópicos diversos dentro do tema Eletroquímica. Hunter, Hawkins e Phelps (2019) avaliaram o impacto que o tipo de visualização teve no discurso do aluno através de questionários pré e pós-testes e gravações audiovisuais, considerando uma análise dos níveis representacionais do conhecimento químico proposto por Johnstone (2009). Já Rosenthal e Sanger (2012) e Cole, Fuller e Sanger (2021) adotaram o uso de animações a fim de avaliar o entendimento dos discentes sobre as reações de oxirredução por meio de entrevistas e programas de pesquisa *online*.

A leitura individualizada destes artigos resultou na identificação de 96 conhecimentos mal concebidos, os quais foram classificados a partir do fluxograma presente na Figura 1. A incidência, em porcentagem, das categorias propostas por Chi (2013) durante a análise, bem como exemplos de cada uma delas se encontram representados no esquema da Figura 2.

Figura 2: Incidência das categorias de conhecimentos mal concebidos identificados nos artigos analisados.



Fonte: Elaboração própria. Nota: * retirado dos artigos em português; ** traduzido dos artigos em inglês.

No que tange à classificação entre conhecimentos mal concebidos imprecisos e incomensuráveis, é evidente a maior presença daqueles do tipo impreciso (56,2%). Segundo Chi (2013), estes conhecimentos são considerados menos robustos e suas imprecisões advêm de comparações com a informação correta ou com a realidade. A autora propõe que é possível mudá-los a partir de algumas ações, tal como através de confrontos com a informação correta por meio de contradição direta ou refutação de modo a gerar uma revisão das chamadas crenças falsas. A refutação também é uma das formas de transformação dos modelos mentais falhos, seja pela contestação de uma série de crenças falsas ou das suposições básicas que compõem esse modelo. Todavia, eles também podem ser alterados pelo confronto de forma holística, isto é, por meio de uma comparação visual entre diagramas dos modelos falho e correto.

Por exemplo, em uma situação hipotética onde um aluno expressasse a crença falsa de que o ouro é o ânodo de uma pilha Cu/Zn (pilha de Daniell), o professor poderia mostrar o modelo da Pilha de Daniell com as respectivas reações de oxirredução envolvidas e indagar o estudante sobre onde o ouro se encaixaria no esquema apresentado. Já no caso de um modelo mental falho como o de que os elétrons migram do cobre para o zinco em uma pilha Cu/Zn, o professor poderia confrontar holisticamente o modelo falho através de uma comparação visual com o correto, também apresentando as reações de oxirredução em questão, mas desta vez evidenciando o papel de cada metal no processo de perda e ganho de elétrons neste caso.

No que diz respeito aos conhecimentos do tipo incomensuráveis, foi observada uma menor porcentagem dos erros de categoria (9,4%). Em cenários como o do exemplo de confusão entre os termos redução/agente redutor e oxidação/agente oxidante seria necessário realizar um processo complexo de reatribuição do conhecimento à uma categoria disponível. Para tal, o docente primeiramente precisaria confrontar as ideias prévias em um nível categórico, expondo, por exemplo, que apesar das similaridades gráficas entre os termos, eles possuem significados científicos diferentes. Em seguida, seria necessário apresentar ao estudante a categoria correta, mostrando que as expressões redução e oxidação se referem aos processos de ganho e perda de elétrons, respectivamente, enquanto os termos “agente redutor” e “agente oxidante” aludem a função de cada metal em relação ao seu par: o metal classificado como agente redutor se oxida (perde elétrons) para que o outro metal se reduza (ganhe elétrons) e vice-versa.

Diferentemente dos erros de categoria, a porcentagem de dificuldades do tipo esquema ausente (34,4%) chama a atenção. Este tipo de conhecimento mal concebido apresenta grande robustez e mudá-lo também requer maior complexidade. Por se tratar de um conhecimento atrelado à falta de consciência do aluno acerca do esquema alternativo à qual um conceito pertence, para mudá-lo é necessário construir o esquema que estava anteriormente ausente e, então, reatribuir o conceito a ele (CHI, 2013). Por exemplo, no caso do esquema ausente em que o aluno acredita que eletrólitos fortes e fracos forneceriam a mesma condutividade se possuíssem igual concentração, o professor precisaria primeiramente revisar conteúdos anteriores ao de Eletroquímica, tais como ligações químicas, soluções, concentração e os aspectos que influenciam na maior ou menor força de eletrólitos para que então, pudesse relacionar novamente os dois conceitos.

Considerações finais

Em termos de pesquisa, a classificação proposta em Chi (2013) permitiu identificar os conhecimentos mal concebidos de diferentes naturezas com mais facilidade. Desta forma, enriqueceu a adoção de novas estratégias e recursos de ensino capazes de transformar possíveis lacunas no entendimento conceitual dos estudantes. No que tange aos aspectos pedagógicos

concernentes ao ambiente de sala de aula, a classificação sugerida pode permitir que o professor esteja mais atento ao conhecimento prévio dos alunos e ao papel deste na aprendizagem, uma vez que o modelo proposto se mostrou compatível ao pressuposto da construção do conhecimento.

Cabe ressaltar a importância da adoção da avaliação continuada como forma de evidenciar o entendimento dos alunos sobre o tema ao longo de todo o processo de ensino e aprendizagem, de forma a permitir que os discentes tragam indicativos sobre seus conhecimentos declarativos. Assim, é salutar que o docente esteja alerta às construções conceituais inadequadas dos estudantes, as quais podem impedir a ocorrência da aprendizagem significativa, bem como possibilitar o estabelecimento de conhecimentos mal concebidos de grande robustez e difícil mudança.

Por fim, é importante ponderar que a revisão sistemática foi realizada em um universo de três periódicos e pautada no tema Eletroquímica. Com isso, estudos futuros podem considerar a aplicação do fluxograma em uma revisão mais ampla com um número maior de revistas. Além disso, podem também contemplar outros conteúdos igualmente complexos da Química, tais como equilíbrio químico, cinética química e teorias ácido-base, bem como realizar uma análise de respostas a atividades avaliativas coletadas no contexto de sala de aula.

Agradecimentos e apoios

À Universidade Federal Fluminense e à FAPERJ pela bolsa de Iniciação Científica (E-26/202.174/2021).

Referências

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1ª ed. Lisboa: Paralelo. 2003.

ARINI, G. S.; SANTOS, I. V. S.; TORRES, B. B. Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 2, mai. 2021.

BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H.; CRUZ, M. C. P. Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 52-58, fev. 2017.

CARAMAZZA, A.; MCCLOSKEY, M.; GREEN, B. Naive beliefs in “sophisticated” subjects: misconceptions about trajectories of objects. **Cognition**, Amsterdã, v. 9, n. 2, p. 117–123, 1981.

CAMEL, N. J. C.; PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n.1, p. 7-26, 2011.

CHI, M. T. H. Commonsense Concepts of Emergent Processes: Why Some Misconceptions Are Robust. **The Journal of the Learning Sciences**, Filadélfia, v. 14, n. 2, p. 161-199, 2005.

_____. Two Kinds and Four Sub-Types of Misconceived Knowledge, Ways to Change it, and the Learning Outcomes. In: VOSNIADOU, Stella. **International handbook of research on conceptual change**. 2 ed. Nova York: Routledge, 2013.

CHO, H.; KAHLE, J. B.; NORDLAND, F. H. An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. **Science Education**, Nova York, v. 69, n. 5, p. 707-719, 1985.

COLE, M. H.; FULLER, D. K.; SANGER, M. J. Does the way charges and transferred electrons are depicted in an oxidation–reduction animation affects students' explanations? **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, n. 22, p. 77-92, 2021.

CRESWELL, J. W. **Qualitative Inquiry and Research design**. 3ª ed. Thousand Oaks: Sage Publishing. 2013. 472 f.

DE JONG, O.; TREAGUST, D. The teaching and learning of Electrochemistry. In: GILBERT, J. K.; DE JONG, O.; JUSTI, R.; TREAGUST, D. F.; VAN DRIEL, J. H. **Chemical Education: Towards Research-based Practice**. **Science & Technology Education Library**. v. 17. Dordrecht: Springer, 2002.

DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. **Studies in Science Education**, Leeds, v. 5, n. 1, p. 61-84, 1978.

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. Souza. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 335-342, 2015.

GONÇALVES, B. M.; AGUIAR, J. G. Aspectos metodológicos e pedagógicos das pesquisas em ensino de Eletroquímica: Uma breve revisão da literatura. In: Encontro Nacional de Ensino de Ciências, de Saúde e do Ambiente, 7., Online, 2022. **Anais...** Rio de Janeiro: MGSC Consultoria Editorial, 2022.

GRIFFITHS, A. K.; GRANT, B. A. C. High school students' understanding of food webs: Identification of a learning hierarchy and related misconceptions. **Journal of Research in Science Teaching**, Baton Rouge, v. 22, n. 5, p. 421–436, 1985.

HUNTER, V.; HAWKINS, I.; PHELPS, A. J. Comparing the influence of visualization type in an electrochemistry laboratory on the student discourse: who do they talk to and what do they say? **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, n. 20, p. 851-861, 2019.

JOHNSTONE, A. H. You Can't Get There from Here. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 87, n. 1, p. 22-29, 2009.

LU, S.; BI, H. Development of a measurement instrument to assess students' electrolyte conceptual understanding. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, n. 17, p. 1030-1040, 2016.

LU, S.; BI, H.; LIU, X. A Phenomenographic Study of 10th Grade Students' Understanding of Electrolytes. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, n. 20, p. 204-212, 2019.

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. **Chemistry Education in the ICT Age**. Dordrecht: Springer, 2009.

MARSON, G. A.; TORRES, B. B. Fostering Multirepresentational Levels of Chemical Concepts: A Framework To Develop Educational Software. **Journal of Chemical Education**, Ames, v. 88, n. 12, p. 1616-1622, dez. 2011.

MELO, M. S. **A transição entre os níveis - macroscópico, submicroscópico e representacional: uma proposta metodológica**. 2016. 134 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências). Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Instituto de Química. Universidade de Brasília, Brasília.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

OSMAN, K.; LEE, T. T. Impact of interactive multimedia module with pedagogical agents on students' understanding and motivation in the learning of electrochemistry. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Kaohsiung City, v. 1, p. 395-421, 2014.

ROSENTHAL, D. P.; SANGER, M. J. Student misinterpretations and misconceptions based on their explanations of two computer animations of varying complexity depicting the same oxidation-reduction reaction. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, n. 13, p. 471-483, 2012.

SANJUAN, M. E. C. *et al.* Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 3, ago. 2009.

SANTOS, T. N. P. *et al.* Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 259-266, nov. 2018.

SUPASORN, S. Grade 12 students' conceptual understanding and mental models of galvanic cells before and after learning by using small-scale experiments in conjunction with a model kit. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, n. 16, p. 393-407, 2015.

YANG, E-M.; GREENBOWE, T. J.; ANDRE, T. The Effective Use of an Interactive Software Program To Reduce Students' Misconceptions about Batteries. **Journal of Chemical Education**, Ames, v. 81, n. 4, p. 587-595, abr. 2004.