

Entendendo para planejar o ensino: concepções de estudantes acerca de conhecimentos CTSA sobre eletroquímica

Understanding in order to plan teaching: students' conceptions of STSE content in electrochemistry

Comprender para planificar la enseñanza: concepciones de los alumnos sobre los contenidos CTSA en electroquímica

Maria Eunice Ribeiro Marcondes

Universidade de São Paulo, Instituto de Química
mermarco@iq.usp.br
<https://orcid.org/0000-0002-4099-8712>

Fabio Luiz de Souza

Universidade de São Paulo, Instituto de Química
fsouza@iq.usp.br
<https://orcid.org/0000-0001-7597-5038>

Luciane Hiromi Akahoshi

Universidade de São Paulo, Instituto de Química
luhoshi@iq.usp.br
<https://orcid.org/0000-0003-1574-7548>

Resumo

O ensino de eletroquímica é fundamental para promover a compreensão de conceitos científicos e tecnológicos relacionados ao funcionamento de dispositivos eletroquímicos, bem como seus impactos sociais e ambientais. No entanto, pesquisas apontam que o ensino desse conteúdo é desafiador para professores e estudantes e frequentemente não contempla a contextualização social de tais conteúdos. Este estudo investigou a compreensão de 317 estudantes do ensino médio de 8 escolas brasileiras sobre pilhas, baterias e processos eletrolíticos. Considerando os conteúdos CTSA relativos ao tema, investigou-se também como o entendimento dos estudantes se modifica ao longo dos três anos do ensino médio. A pesquisa foi conduzida por um grupo de pesquisadores e professores da educação básica e visava subsidiá-los na elaboração de materiais de ensino autorais. Os resultados revelam que os estudantes demonstraram conhecimento sobre aspectos ambientais, sobre o descarte consciente de baterias e seus impactos ambientais. Contudo, não reconheceram a importância das pilhas e baterias para a inclusão social. Em relação a aspectos científicos, os alunos mostraram algumas dificuldades, como relacionar e aplicar conceitos para explicar como funcionam os dispositivos eletroquímicos do dia a dia. Portanto, destaca-se a necessidade de um ensino contextualizado e integrado, que aborde não apenas aspectos científicos, mas também sociais, tecnológicos e ambientais, de

maneira a promover uma compreensão mais ampla e crítica dos estudantes e contribuir para a tomada de decisões consciente e embasadas cientificamente.

Palavras-chave: ensino de química; eletroquímica; abordagem CTSA.

Abstract

The teaching of electrochemistry is fundamental to promoting an understanding of scientific and technological concepts related to the functioning of electrochemical devices, as well as their social and environmental impacts. However, studies show that the teaching of this subject is challenging for teachers and students and often fails to take into account the social context of such content. This study investigated the understanding of 317 high school students from 8 Brazilian schools about batteries and electrolytic processes. Considering the STSE content related to the subject, we also looked at how students' understanding changes over the three years of secondary school. The research was conducted by a group of researchers and high school teachers and aimed to help them design their own teaching materials. The results show that the students have difficulties in relating electrochemical knowledge to everyday issues, especially in the technological and social dimensions. The students demonstrated knowledge on environmental aspects, regarding the conscious disposal of batteries and their environmental impacts. However, they did not recognize the importance of batteries regarding social inclusion. As far as the scientific aspect is concerned, the students showed some difficulties, such as correlating and applying concepts to explain how everyday electrochemical devices work. This highlights the importance of a context-based and integrated approach to teaching, which addresses not only scientific aspects, but also social, technological and environmental aspects, in order to promote a deeper and more critical understanding among the students and help them to take conscious and scientifically-based decisions.

Keywords: chemistry teaching; electrochemistry; STSE approach.

Resumen

La enseñanza de la electroquímica es fundamental para promover la comprensión de los conceptos científicos y tecnológicos relacionados con el funcionamiento de los dispositivos electroquímicos, así como sus impactos sociales y medioambientales. Sin embargo, las investigaciones demuestran que la enseñanza de estos contenidos supone un reto para profesores y alumnos y, a menudo, no incluye la contextualización social de los mismos. Este estudio investigó la comprensión de 317 estudiantes de secundaria de 8 escuelas brasileñas sobre las pilas y los procesos electrolíticos. También se investigó cómo cambia la comprensión de los alumnos a lo largo de los tres años de secundaria. La investigación fue llevada a cabo por un grupo de investigadores y profesores de primaria y tenía como objetivo ayudarles a elaborar sus propios materiales didácticos. Los resultados indicaron que los alumnos demostraron conocer las cuestiones ambientales, en relación con el desecho consciente de las pilas y su impacto ambiental. Sin embargo, no reconocieron la importancia de las pilas en términos de inclusión social. En lo que respecta al aspecto científico, los alumnos mostraron algunas dificultades, como relacionar y aplicar conceptos para explicar cómo funcionan los dispositivos electroquímicos cotidianos. Esto pone de relieve la importancia de un enfoque pedagógico integrado y basado en el contexto, que aborde no sólo los aspectos científicos, sino también los sociales,



tecnológicos y medioambientales, con el fin de promover una comprensión más amplia y crítica entre los alumnos y contribuir a una toma de decisiones consciente y con base científica.

Palabras clave: enseñanza de la Química; electroquímica; enseñanza CTSA

Introdução

O ensino de eletroquímica pode fomentar a aprendizagem de conceitos científicos e tecnológicos relacionados à produção de dispositivos eletroquímicos, seus usos sociais e impactos ambientais causados pela fabricação e descarte de tais dispositivos. Almeja-se, a partir de tais aprendizagens, uma formação de atitudes e valores que permitam aos estudantes julgarem e procurarem intervir na realidade.

O uso de pilhas e baterias tem gerado uma enorme quantidade de resíduos, causado pelo descarte inapropriado desses dispositivos. A presença de vários metais, como chumbo e cádmio, causa impactos ambientais e problemas de saúde, havendo, em muitas partes do mundo, legislações sobre a redução da quantidade de metais nas pilhas e sobre o descarte adequado desses materiais. A coleta seletiva e a reciclagem poderiam contribuir para minimizar impactos ambientais causados pelo uso de pilhas e baterias (Silva et al., 2011). Assim, torna-se importante que questões dessa natureza façam parte do ensino de eletroquímica.

Entretanto, pesquisas têm mostrado que a eletroquímica é considerada um conteúdo cujo ensino é complexo (Vaciloto et al., 2019) e realizado com abordagens que não priorizam a contextualização social dos conhecimentos (Barreto et al., 2017; Lima et al., 2006).

Planejar um ensino de eletroquímica socialmente relevante envolve tomar decisões sobre os conceitos científicos a serem abordados e sobre questões tecnológicas, sociais e ambientais envolvidas. Assim, conhecer o que os alunos já sabem, e as concepções que apresentam sobre esses aspectos, tem um papel relevante nesse processo de planejamento.

O grupo de estudo do qual fazemos parte, integrado por professores de química da educação básica e pesquisadores em ensino de química, decidiu por fazer um planejamento para o ensino de pilhas, baterias e processos eletrolíticos numa perspectiva CTSA. Para subsidiar tal ação, realizamos uma investigação, apresentada neste trabalho, que visou identificar como os estudantes do ensino médio concebem o funcionamento de pilhas e baterias, como reconhecem a influência desses dispositivos na sociedade e os impactos ambientais decorrentes da produção, uso e descarte desses materiais. Também, nos interessou saber como se modifica a compreensão dos estudantes a respeito da eletroquímica ao longo da escolaridade e quais aspectos da abordagem CTSA são mais ou menos compreendidos por eles.

Marco teórico

A educação escolar, hoje, é reconhecida como promotora de saberes e valores que auxiliam os educandos a refletirem e tomarem decisões a respeito de problemas sociais e ambientais que fazem parte do nosso dia a dia. Nesse sentido, é de se esperar que o ensino de Química fomente a compreensão das interações entre a ciência, a tecnologia, o ambiente e a sociedade, de maneira a criar condições para que os estudantes possam questionar os impactos que a ciência e a tecnologia têm causado na vida cotidiana e na sociedade e que possam propor ações tendo em vista a transformação da realidade vivida (Moreno & Del Pino, 2017; Santos & Mortimer, 2000; Vilches et al., 2001).

O ensino numa abordagem CTSA pode contribuir para a promoção desses princípios. Como citam Tenreiro-Vieira e Vieira (2005):

a aquisição de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de capacidades de pensamento e de atitudes a propósito da abordagem de assuntos e problemas em contexto real, isto é, a propósito de problemas sociais que envolvem a ciência e a tecnologia, cria condições para que tais aprendizagens se tornem úteis no dia-a-dia, não numa perspectiva meramente instrumental, mas sim numa perspectiva de ação (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2005, p. 193).

O conhecimento que os alunos já têm sobre um assunto, suas ideias, crenças e valores estão envolvidos na construção de significados, atitudes e ações que o indivíduo faz frente a novos conhecimentos (Ileris, 2013). Assim, a aprendizagem não é uma mera reprodução daquilo que o professor apresenta, mas sim uma atribuição própria de significados, os quais podem ou não se aproximar dos conceitos científicos. Muitas vezes, os significados dados pelos estudantes a fatos são circunstanciais, baseados em suas vivências, não refletindo, portanto, possíveis explicações científicas (Catiavala et al., 2023; Teixeira, 2011). A consideração do que o aluno já sabe auxilia o professor a planejar situações para que esses conhecimentos prévios possam ser explorados (Bastos, 2013).

A eletroquímica apresenta uma série de dificuldades para o ensino (Lima & Marcondes, 2005) e para a compreensão de conceitos relacionados a pilhas e baterias e processos eletrolíticos, tema escolhido pelo grupo de professores. Esses conhecimentos demandam habilidades de pensamento mais complexas, envolvendo explicações em nível submicroscópico (Barreto et al., 2017) e, frequentemente, poucas relações são estabelecidas com questões sociais e ambientais pertinentes a essa temática. A superação de tais dificuldades pode se dar pela integração dos diferentes níveis de conhecimento da química, macroscópico, submicroscópico e simbólico, como apontam Arini et al. (2021), e pelo tratamento contextualizado do tema, enfocando questões sociais e ambientais que fazem parte de nosso cotidiano (Medeiros & Barbosa, 2017; Vaciloto et al., 2019).

O ensino de eletroquímica, ao contemplar aspectos sociais e ambientais, possibilita condições para que o estudante possa compreender e questionar impactos da produção e uso desses dispositivos em seu cotidiano. Uma sequência de ensino deve tratar o tema de maneira a abordar

tais questões, considerando os conhecimentos que os alunos apresentam (Medeiros & Barbosa, 2017).

Revisão bibliográfica

Estudos indicam que o ensino de eletroquímica parece não ser bem compreendido por estudantes tanto de nível médio como do ensino superior, pois trabalhos de pesquisas identificam dificuldades manifestadas por estudantes e até mesmo por professores a respeito de conteúdos relacionados ao tema (Ahmad & Lah, 2012). Segundo Vaciloto (2017), as dificuldades mais comuns estão relacionadas aos conceitos de oxidação e de redução, sendo que oxidação, em um sistema eletrolítico, é confundido com reação com oxigênio e não com perda de elétrons (Garnett & Treagust, 1992a, 1992b); ao conceito de número de oxidação, esse número é visto como sendo o número de substâncias oxidadas ou quantas vezes uma substância pode ser oxidada (De Jong & Treagust, 2002); aos conceitos de semirreação, de redução e de oxidação, há um equívoco de que a reação de redução e a de oxidação possam ocorrer de forma independente (Caramel & Pacca, 2004, 2011; Garnett & Treagust, 1992a, 1992b). Ainda, Vaciloto (2017) aponta concepções alternativas com relação à corrente elétrica, que, muitas vezes, é entendida como sendo atração de cargas ou como movimento de íons (Caramel & Pacca, 2004, 2011; Garnett & Treagust, 1992a, 1992b) e, com relação às ideias de anodo e catodo, os estudantes consideram que não há reações químicas quando se utilizam eletrodos inertes; ocorrem dificuldades, ainda, de interpretação de tabelas de potencial padrão de redução (Cullen & Pentecost, 2011; De Jong et al., 1995).

Silva Júnior, Freire e Silva (2012) apontam, em seu estudo, dificuldades semelhantes às mencionadas quanto ao conteúdo de eletroquímica, destacadas no Quadro 1

Quadro 1: Dificuldades de aprendizagem relativas a conteúdos de eletroquímica.

Conceitos químicos	Dificuldades de aprendizagem e/ou concepções alternativas
Oxidação-redução	A oxidação e a redução como intercâmbio de oxigênio e não como intercâmbio de elétrons (Bueso et al., 1988).
	Os processos de oxidação e redução podem ocorrer independentemente (Caamaño, 2007).
Pilhas	Identificar o anodo e o catodo (Sanger & Greenbowe, 1997).
	Em uma pilha, a ponte salina proporciona elétrons para completar o circuito (Caamaño, 2007; Lin et al., 2002; Sanger & Greenbowe, 1997).



Células eletrolíticas	A polaridade dos terminais não tem efeito no anodo e no catodo. Na superfície dos eletrodos inertes não ocorre nenhuma reação (Caamaño, 2007).
	Não há relação entre a f.e.m de uma pilha e a magnitude da voltagem necessária para produzir eletrólise (Caamaño, 2007; Lin et al., 2002).
	Não há relação entre o potencial da célula e a concentração dos íons (Sanger & Greenbowe, 1997).

Fonte: Silva Júnior, Freire e Silva (2012, p. 183).

Caramel e Paca (2011) realizaram uma pesquisa visando identificar algumas concepções sobre eletroquímica de um grupo de 125 estudantes, 73 do Ensino Médio e 52 de cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química. As autoras verificaram que tanto os alunos do ensino médio quanto os universitários apresentavam conceitos alternativos sobre a movimentação de cargas em uma pilha e problemas de entendimento de circuito elétrico e de equações de oxirredução, comprometendo a aprendizagem de células eletrolíticas e eletroquímicas.

Ferreira, Gonçalves e Salgado (2021) propuseram um estudo com estudantes do 2º ano do Ensino Médio (50 alunos). Primeiramente, realizaram um diagnóstico das dificuldades de aprendizagem sobre o conteúdo de eletroquímica por meio de um questionário e um jogo; em seguida, efetuaram a montagem da pilha de Daniell com questionamentos a respeito de seu funcionamento e conceitos envolvidos. Por fim, como avaliação da aprendizagem, sugeriram atividades experimentais diversificadas em que cada grupo, auxiliado por monitores, deveria propor uma atividade diferente para expor aos colegas. Como resultado do diagnóstico, as autoras verificaram que metade dos alunos não respondeu à questão sobre o que ocorre numa reação de oxirredução; mais da metade dos alunos relacionou a ferrugem com desgaste devido ao oxigênio ou com intempéries - chuva, umidade e sol; com relação à pilha eletroquímica, para a qual, os alunos deveriam identificar os metais que sofriam oxidação e as espécies que sofriam redução, representando as semirreações e a equação global, a maioria dos estudantes não respondeu à questão. Como resultado das atividades experimentais finais, que serviram para avaliar a aprendizagem, as autoras observaram que os estudantes, ao apresentarem os experimentos para os colegas, utilizaram linguagem coloquial, mas abordaram termos químicos específicos, também. Ainda, demonstraram menores dificuldades em reconhecer espécies que sofriam oxidação e redução, o cátodo e o ânodo e o fluxo de elétrons.

Cullen e Pentecost (2011) pesquisaram as concepções de estudantes no início do curso universitário de Química, verificando ideias alternativas no que se referia ao movimento de cargas e de íons em uma pilha do tipo Daniell e às cargas resultantes nas semi-células, entre outras. Os autores apontaram os materiais didáticos como fonte de concepções alternativas manifestadas por estudantes, uma vez que identificaram explicações insuficientes e equivocadas apresentadas nesses materiais. Segundo os autores, esses materiais instrucionais estão relacionados, tam-



bém, a erros conceituais dos professores. Em pesquisa realizada com 92 estudantes do curso de Licenciatura, Özkaya (2002) apontou que as manifestações errôneas dos estudantes sobre conteúdos de eletroquímica eram advindas de explicações insuficientes encontradas em livros.

Goes et al. (2016), ao planejarem um curso sobre eletroquímica para um grupo de 21 professores de Química do Ensino Médio, utilizaram um questionário para nortear o planejamento do mesmo, contendo perguntas de respostas abertas sobre conceitos básicos, como: reação de oxir-redução, oxidante, redutor, eletrodo, pilha, célula eletrolítica, ponte salina e força eletromotriz. As autoras obtiveram os seguintes dados: mais da metade das respostas sobre oxidante e redutor era incorreta; nenhuma resposta foi considerada correta para o termo eletrodo; apenas 9 professores definiram pilha corretamente; somente 2 professores apresentaram respostas adequadas para as questões sobre célula eletrolítica e ponte salina; apenas um professor explicou corretamente a força eletromotriz de uma pilha. Com isso, as autoras concluíram que os professores apresentam dificuldades em conteúdos básicos de eletroquímica, o que pode levar a um ensino que produza concepções alternativas e equivocadas em estudantes de nível médio.

Metodologia

A investigação acerca dos conhecimentos CTSA dos estudantes deu-se ao longo de etapas sucessivas que envolveram a colaboração entre professores da educação básica e pesquisadores, que se reuniram, periodicamente, aos sábados, de forma remota, a cada 3 semanas, durante os anos de 2020 a 2022. A partir de leituras sobre ensino CTSA e de eletroquímica, foi elaborado pelo grupo um instrumento de coleta de dados na forma de um questionário (Formulário do Google) com 36 afirmativas envolvendo conteúdos relativos a pilhas, baterias e eletrólise, às quais os estudantes deveriam avaliar em uma escala Likert de grau de concordância (16 itens) ou classificar como verdadeiras ou falsas (20 itens). Cada uma das afirmativas foi analisada, independentemente, por 3 especialistas em Química, pesquisadores em ensino (2 doutores, 1 mestre), sendo algumas delas reescritas, de acordo com as sugestões desses especialistas. Cada componente do grupo de pesquisa classificou, independentemente, as afirmativas quanto à ênfase em C, T, S e A e apontou a resposta que julgava adequada. Tais classificações e respostas foram comparadas, havendo alta concordância entre o grupo. As poucas discordâncias foram discutidas de maneira a se chegar a um consenso.

A tabela 1 mostra a natureza das afirmativas e o tipo de resposta demandada.

Tabela 1: Tipos de afirmativas constantes no instrumento e de respostas demandadas

Enfoque	afirmativas V/F	afirmativas graus de concordância
Ciência	10	4
Tecnologia	5	4
Sociedade	1	5
Ambiente	4	3

Participaram da investigação 317 estudantes do ensino médio, sendo 121 do 1º ano, 50 do 2º ano e 146 do 3º ano (10º ao 12º ano de escolaridade) de 8 escolas, de 8 cidades brasileiras. Os dados foram coletados entre os meses de dezembro/2021 e abril/2022. Os estudantes responderam ao instrumento remotamente, por meio de um formulário criado no Google Forms. Os professores de química das escolas envolvidas convidaram os estudantes de suas salas de aula a participar da pesquisa, apresentando o instrumento e solicitando a participação dos alunos para respondê-lo. A direção da unidade escolar autorizou a aplicação do instrumento aos alunos.

O instrumento foi aplicado em uma aula de aproximadamente 45 minutos. Os estudantes, em sua maioria, não tiveram aulas sobre o tema, mesmo os que cursavam o último ano, uma vez que durante a pandemia da covid 19 (2020 e 2021), com as aulas remotas, houve uma readequação do currículo escolar.

Os questionários respondidos foram analisados conjuntamente, sem separação por escola, cidade ou modalidade de ensino (técnico, regular ou integral). Uma análise por ano escolar foi realizada. Para a análise, foram calculadas as porcentagens de respostas dadas a cada item do questionário.

Os itens com os diferentes focos foram organizados aleatoriamente no instrumento. A seguir (quadros 2 a 4), estão apresentados os itens constantes no instrumento, sistematizados, aqui, pelo foco principal (C, T, S, A).

Quadro 2: Itens com ênfase em aspectos científicos

Código do item	Descrição dos itens relativos à Ciência
C1	As pilhas e baterias são constituídas de substâncias que perdem elétrons e outras que recebem elétrons.
C2	Em uma pilha ou bateria em funcionamento, os elétrons saem do pólo negativo e entram no positivo.
C3	Pilhas e baterias descarregam porque as cargas elétricas são totalmente consumidas.
C4	Quando colocamos celular para carregar, ocorrem transformações químicas na bateria do celular.



C5	Tanto as pilhas quanto as baterias funcionam do mesmo jeito, no que diz respeito às reações que nelas ocorrem.
C6	Uma bateria nada mais é do que várias pilhas que se ligam em série.
C7	Correntes elétricas podem gerar transformações químicas em alguns materiais.
C8	Correntes elétricas são fluxos ordenados de cargas elétricas, que podem ser íons ou elétrons.
C9	Enquanto nas pilhas as reações que ocorrem são espontâneas, na eletrólise elas não são espontâneas.
C10	A eletrólise pode ser feita com soluções contendo eletrólitos ou com materiais fundidos, neste caso, denominada de eletrólise ígnea.
C11	Podemos dizer que estamos fazendo uma eletrólise quando carregamos a bateria do celular.
C12	A energia elétrica gerada numa pilha pode ser utilizada para realizar eletrólise.
C13	A eletrólise ígnea é utilizada para obter metais como alumínio, sódio e magnésio.
C14	Na eletrólise da água obtemos igual volume de gás hidrogênio e de oxigênio.

Quadro 3: Itens com foco em aspectos tecnológicos

Código do item	Descrição dos itens relativos à Tecnologia
T1	As baterias são mais duráveis que as pilhas porque são recarregáveis.
T2	A diferença entre pilhas e baterias está na dimensão do dispositivo: as baterias são maiores que as pilhas.
T3	Pilhas comuns de tamanhos diferentes possuem a mesma voltagem.
T4	Todas as pilhas e baterias podem ser recarregadas.
T5	Baterias são dispositivos grandes, enquanto as pilhas são sempre menores.
T6	Pilhas não podem ser recarregadas, enquanto as baterias podem ser recarregadas.
T7	É preciso recolher as pilhas e baterias devido à falta de matéria-prima para fabricação desses dispositivos.
T8	As galvanizações, como a zincagem ou cromação, são processos que utilizam corrente elétrica.
T9	Uma das aplicações da eletrólise em solução aquosa é a purificação de cobre, o chamado – cobre eletrolítico – empregado na produção de fios elétricos.



Quadro 4: Itens com ênfase em aspectos sociais e ambientais

Código do item	Descrição dos itens relativos à Sociedade e ao Ambiente
S1	Por possuírem substâncias corrosivas, tóxicas, as pilhas e baterias não deveriam ser produzidas.
S2	Pilhas e baterias são motivo de inclusão social e transformação da qualidade de vida nos tempos modernos.
S3	As baterias e pilhas devem ser descartadas em locais que comercializam esses dispositivos.
S4	A criação das pilhas melhorou o acesso à informação nas regiões rurais.
S5	Pilhas e baterias facilitam a inclusão social de deficientes auditivos.
S6	É preciso recolher as pilhas e baterias devido a revenda de pilhas e baterias de forma fraudulenta.
A1	Não é recomendado o descarte de pilhas e baterias em lixo comum devido às substâncias nocivas ao ambiente.
A2	O descarte de pilhas e baterias em locais inadequados pode contaminar o solo com os metais que formam esses dispositivos.
A3	O descarte de pilhas e baterias nos lixões pode contaminar o reservatório de águas subterrâneas com o vazamento dos componentes desses dispositivos.
A4	Se a pilha for amassada ou estourar, o material tóxico da sua composição poderá prejudicar o meio ambiente.
A5	As substâncias existentes nas pilhas e baterias, quando descartadas no lixo comum, não interferem no meio ambiente.
A6	Sendo as pilhas e baterias lançadas em lixo comum não há problema, pois são biodegradáveis e com o passar dos anos não existirão mais no ambiente.
A7	É preciso recolher as pilhas e baterias devido à proteção ao ambiente contra a poluição causada por esses dispositivos.

Resultados

As figuras 1a, 1b, 1c e 1d apresentam as frequências de respostas categorizadas como “adequadas” ou como “não sei” dadas a cada uma das afirmações com predomínio de conteúdos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, respectivamente, para os três anos do ensino médio.

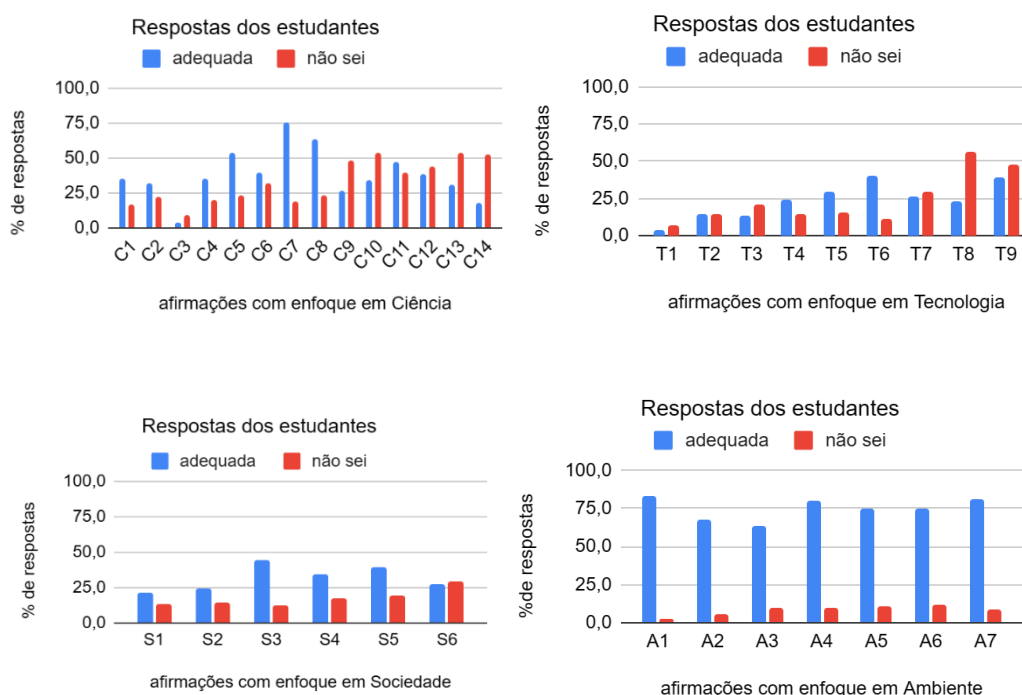


Figura 1 a, b, c, d: Frequências de respostas categorizadas como “adequadas” ou como “não sei” dadas a cada uma das afirmações com predomínio de conteúdos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais.

As respostas “não sei”, apresentadas pelos estudantes, foram interpretadas como o aluno não se julgar com conhecimentos para concordar ou discordar da afirmativa, ou como o aluno, embora entenda o que está sendo tratado, não tem uma opinião formada, isto é, ainda não refletiu suficientemente para manifestar sua concordância ou discordância. Assim, essas respostas não indicam a manifestação de conhecimentos que os alunos apresentam sobre os assuntos tratados.

Pode-se perceber diferenças entre os conhecimentos manifestados pelos estudantes conforme a ênfase dada à questão. É notável que os alunos, de maneira geral, não tiveram dificuldades em manifestar alguma opinião em relação às afirmativas com ênfase no ambiente, sociedade e tecnologia. Chamam a atenção as questões relativas ao ambiente, em que as respostas “não sei” foram poucas e o índice de respostas adequadas foi alto, enquanto que as respostas, tanto adequadas quanto “não sei”, dadas às questões com ênfase na sociedade e na tecnologia apresentaram porcentagens baixas. Pode-se destacar, também, o fato de que as respostas “não sei” dadas a duas questões de tecnologia (T8 e T9) superaram as adequadas. Quanto às questões com ênfase na ciência, as respostas “não sei” superaram as adequadas em 5 itens (C9, C10, C12, C13



e C14, todos itens relativos à eletrólise) e apenas 3 das 14 afirmativas apresentaram respostas adequadas superiores a 50%.

A figura 2 apresenta a porcentagem de manifestações consideradas adequadas para os itens com ênfase em aspectos científicos, considerando cada um dos anos escolares do ensino médio.

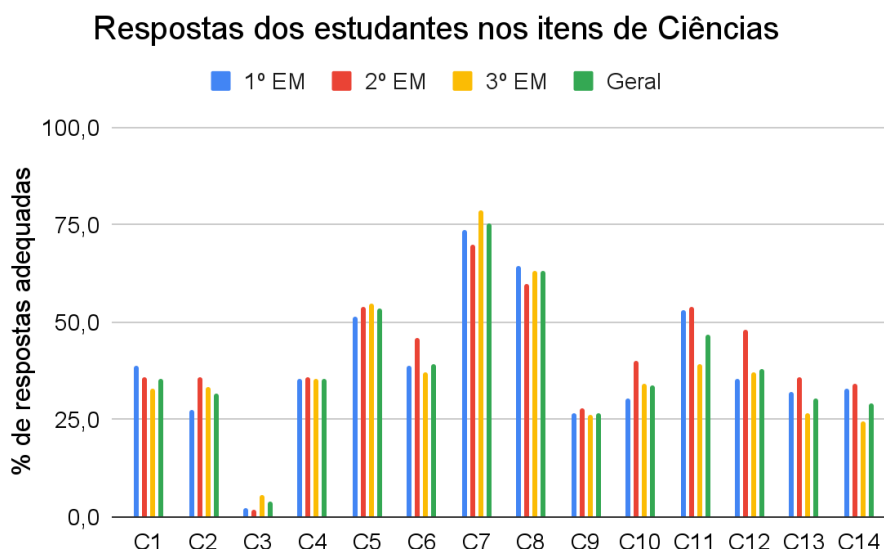


Figura 2: Respostas adequadas para os itens com ênfase em Ciências para cada ano escolar

Os resultados obtidos apontam que não há diferenças significativas no conhecimento de eletroquímica dos estudantes dos três anos escolares do ensino médio, quando analisadas suas respostas aos itens relativos à Ciência. Parece que a educação escolar vivenciada pelos sujeitos investigados pouco contribuiu para o avanço na compreensão dos princípios científicos que possibilitam o entendimento do funcionamento das pilhas e baterias ou dos processos utilizados pela sociedade para obter materiais a partir do uso da energia elétrica.

O item C3 (Pilhas e baterias descarregam porque as cargas elétricas são totalmente consumidas), que apresentou o pior resultado, pode estar relacionado às diferentes linguagens empregadas no senso comum e na ciência. Do ponto de vista científico, uma pilha ou bateria, ao sofrer descarga elétrica, resulta na transferência (e não no consumo) de cargas elétricas entre as espécies químicas que sofrem oxidação e redução. Na linguagem de senso comum, que predominou sobre a compreensão dos estudantes, diz-se que a carga elétrica é consumida quando a pilha ou bateria se descarrega, relacionando de modo tácito o termo “carga” não aos elétrons, mas à diferença de potencial elétrico da pilha ou bateria. Tal linguagem pode resultar na formação de uma compreensão equivocada por parte dos estudantes, pois pode levá-los a considerar que



elétrons desaparecem ou são consumidos no funcionamento desses dispositivos. Parece que os estudantes atribuem certa materialidade à ideia de carga elétrica, não como elétrons, mas como um material que existe nas pilhas e é consumido com o seu uso. Como apontam Catiavala et al. (2023), os estudantes podem atribuir significados a fatos baseados em suas vivências, não se reportando às explicações dadas pela ciência.

O item C7 (Correntes elétricas podem gerar transformações químicas em alguns materiais) apresentou o maior número de respostas adequadas e pode evidenciar que é fácil para os estudantes a compreensão conceitual da ideia geral de eletrólise. Entretanto, os estudantes não demonstraram uma compreensão mais aprofundada do conceito, visto que o número de respostas “não sei” foi maior nos itens sobre eletrólise do que nos itens sobre pilhas e baterias (C9, C10, C12, C13 e C14), conforme é mostrado na Figura 1a.

Outro ponto a se destacar nos resultados obtidos, e que se apresenta aos educadores químicos como um desafio ainda a superar, é a dificuldade dos estudantes que participaram da pesquisa em aplicar os conhecimentos sobre eletroquímica na explicação de fenômenos do dia a dia ou na obtenção de materiais no sistema produtivo. Itens que apresentavam algum grau de aplicação dos conceitos de eletroquímica, tais como C4 e C11 (carregamento de baterias de celulares), C13 (obtenção eletrolítica de metais) e C14 (obtenção de hidrogênio e oxigênio pela eletrólise da água) apresentaram uma baixa frequência de manifestações adequadas, algo entre 30 e 50%.

Essa interpretação a respeito da dificuldade dos sujeitos investigados de aplicar os conceitos da eletroquímica no cotidiano é reforçada ao considerar que os três itens com melhor desempenho por parte dos estudantes (C5, C7 e C8) apresentam afirmações mais ligadas ao domínio conceitual do tema. Cabe, entretanto, mencionar que, em outros itens com foco em conceitos científicos e modelos explicativos (C1 e C2), as porcentagens de respostas adequadas foram baixas, indicando, portanto, que aspectos conceituais envolvendo o nível submicroscópico são desafiadores para os estudantes. Ferreira, Gonçalves e Salgado (2021) também verificaram que estudantes do ensino médio apresentavam dificuldades para explicar fenômenos cotidianos, como a ferrugem, ou identificar o funcionamento de uma pilha.

Dessa maneira, é necessário não apenas contextualizar o ensino de eletroquímica, mas desenvolvê-lo de modo que os níveis fenomenológico, simbólico e submicroscópico sejam integrados, como apontam Arini et al (2021). Assim como na maioria dos tópicos de ensino da Química, o ensino de eletroquímica carece de uma abordagem mais contextualizada, como vem sendo defendida já há algumas décadas por diversos pesquisadores (Marcondes et al., 2009; Wharta et al., 2013). Segundo Santos et al. (2018), “é necessário buscar métodos alternativos para facilitar o ensino e a compreensão da Eletroquímica, relacionando os fenômenos químicos com o cotidiano do aluno, associando a teoria com a prática de uma maneira contextualizada” (p. 258). Mais especificamente, a respeito da abordagem no ensino de Química de processos industriais de obtenção de materiais, Andrade e Zimmer (2021) afirmam que:

O ensino da eletroquímica, pela experimentação de um processo industrial, mostra ao aluno uma visão sobre a importância e pertinência do assunto. [...] estabelecendo relações mais próximas



entre o conhecimento científico e o mundo material, ou seja, entre o conceito e o contexto (Andrade & Zimmer, 2021, p. 303).

A figura 3 apresenta a porcentagem de respostas adequadas dos estudantes, por ano escolar, para os itens de tecnologia.

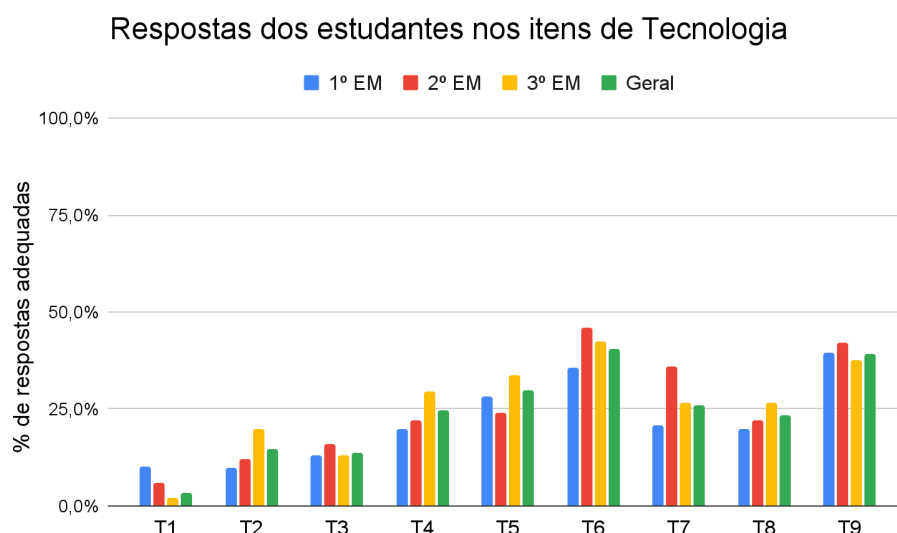


Figura 3: Respostas adequadas para os itens com ênfase em Tecnologia para cada ano escolar

Embora se reconheça a importância dos dispositivos eletroquímicos no cotidiano e no sistema produtivo, no ensino ainda há muitos aspectos que não são tratados a respeito desses aparatos tecnológicos, as pilhas e baterias e mesmo os processos eletrolíticos, que fornecem tantos materiais utilizados em nosso cotidiano. Com isso, é importante destacar que questões que tratam da tecnologia relacionada à eletroquímica têm uma porcentagem muito baixa de manifestações consideradas adequadas. Em nosso estudo, nenhuma das questões atingiu 50% de respostas adequadas, mostrando uma lacuna nesse quesito. Há muitas ideias do senso comum como as de que pilhas comuns de tamanho diferentes (tipos AAA, AA, por exemplo) apresentam voltagens diferentes, ou seja, quanto maior o tamanho, maior seria a voltagem, mesmo sendo feitas dos mesmos materiais. Além disso, como seria de se esperar, a maior escolaridade parece não influenciar na adequação da resposta dos estudantes. Em alguns dos itens, os alunos do 2º EM apresentaram respostas adequadas ligeiramente superior aos outros anos escolares, mas como estamos tratando de um número menor de alunos desse ano escolar (50 estudantes), em relação aos demais, tal resultado pode ter ocorrido devido ao fato de serem alunos de uma mesma escola, que poderiam ter tido um aprendizado mais significativo sobre o tema.



Chama a atenção as respostas dadas aos itens T4 e T6, que tratam da possibilidade de recarga de pilhas e baterias. Poucos estudantes reconhecem que há pilhas que podem ser recarregadas, embora as embalagens desses dispositivos contenham essa informação. Pode-se conjecturar, entretanto, que são poucas as informações disponíveis nos meios de comunicação sobre esse tipo de pilha.

Deve-se considerar que os aspectos tecnológicos têm sido os menos tratados em propostas para o ensino CTSA (Akahoshi et al, 2018). Oliveira et al (2016) apontam que a tecnologia, de maneira geral, é relegada em muitas propostas, que privilegiam aspectos conceituais e sociais no tratamento dos temas focos de estudo.

A figura 4 apresenta a porcentagem de respostas que demonstram conhecimentos adequados para os itens sociedade e ambiente, considerando separadamente os três anos escolares.

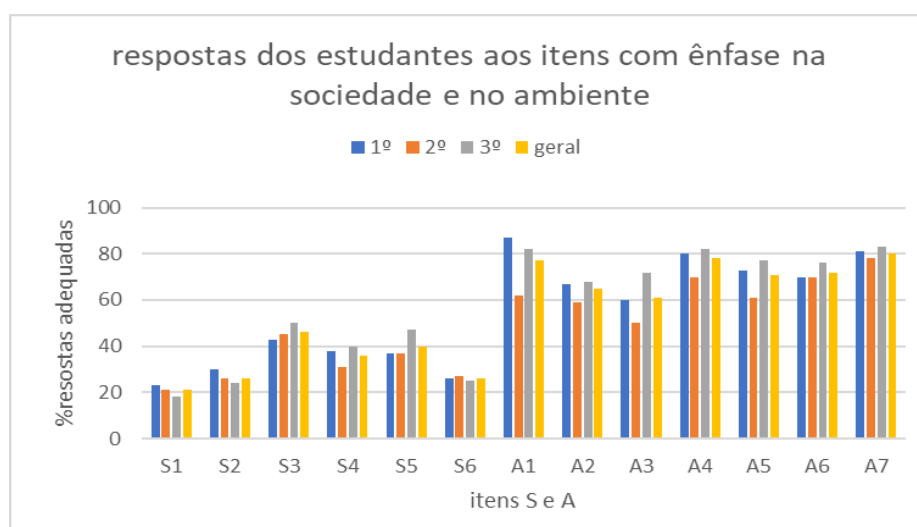


Figura 4: Respostas adequadas para os itens com ênfase em Sociedade e Ambiente para cada ano escolar.

Pode-se perceber que não há diferenças significativas entre os conhecimentos dos estudantes dos três anos escolares a respeito de aspectos sociais e ambientais relativos às pilhas e baterias. Em relação ao item A6, que talvez exigisse um conhecimento específico, pois menciona biodegradabilidade, também não houve diferença entre os anos escolares.

Chama a atenção o baixo índice de respostas adequadas dadas às questões com ênfase na sociedade, embora as respostas “não sei” tenham sido reduzidas. As respostas às questões S parecem revelar uma compreensão restrita de aspectos da realidade social. Por exemplo, muitos alunos discordaram da afirmação “Pilhas e baterias são motivo de inclusão social e transformação da qualidade de vida nos tempos modernos”, o que pode significar a elaboração de concepções considerando apenas o entorno imediato. Tais respostas nos levam a conjecturar que a ideia de



sociedade, para os participantes, esteja baseada mais fortemente na realidade que vivem, desconsiderando contextos de vida de populações rurais, ribeirinhas ou de pessoas com deficiências.

Em relação ao ambiente, as respostas demonstraram conhecimentos, como, por exemplo, 80% dos alunos respondentes concordam integralmente com a afirmação “É preciso recolher as pilhas e baterias devido à proteção ao ambiente contra a poluição causada por esses dispositivos”. Os itens A5 e A6, que traziam a ideia que as pilhas e baterias não interferem no ambiente, não levaram a respostas que poderiam demonstrar concepções alternativas. Coerentemente com as manifestações para outros itens com ênfase no ambiente, os estudantes deram respostas adequadas, mostrando estarem informados sobre questões ambientais referentes ao descarte desses dispositivos.

Pode-se considerar, assim, que os estudantes apresentariam condições para exercerem, de maneira informada, comportamentos pró-ambientais, se diferenciando da maioria da população, que apresenta um comportamento passivo frente a problemas ambientais, como apontam Vasconcelos e Santos (2008).

Entretanto, os resultados obtidos para os itens com ênfase em aspectos ambientais são discordantes dos relatados em outros trabalhos, como o de Damasceno et al (2018) e Rodrigues et al (2019), nos quais os autores apontam que estudantes do ensino médio não compreendem a importância de dar um destino adequado às pilhas e baterias já utilizadas. Os autores perceberam uma correlação entre haver ou não pontos de coleta de pilhas nas cidades em que as pesquisas ocorreram.

Segundo Pozo e Crespo (2009), as ideias prévias são construções pessoais mobilizadas para explicar fenômenos naturais e fatos. De acordo com os autores, essas ideias podem ser produtos tanto de um aprendizado informal, quanto formal e, ainda, um produto cultural. Conceitos prévios podem ser formados de maneira espontânea, a partir de tentativas de dar significado a uma situação, numa interação direta com o mundo, caracterizando um aprendizado informal. Esses conhecimentos, por outro lado, podem ter uma origem cultural, uma vez que os estudantes estão imersos em um meio social e cultural, que terá influência nas crenças e conhecimentos do indivíduo. Ainda, os conhecimentos prévios podem ter uma origem escolar, resultante das interações do aprendiz com os objetos de conhecimento geralmente apresentados na escola.

Assim, pode-se interpretar que os conhecimentos prévios manifestados nas questões com ênfase em Ambiente têm uma origem cultural, uma vez que a maioria delas abordava o descarte de pilhas e baterias, assunto presente na mídia e nas redes sociais.

As respostas às questões com ênfase na sociedade, parecem revelar concepções advindas de um aprendizado informal (Pozo & Crespo, 2009), uma vez que os estudantes não extrapolaram suas próprias vivências ao considerarem as situações a eles propostas. Assim, a concepção de cidadania está restrita ao individual, tendo como horizonte o bem estar pessoal, e não a uma visão social mais abrangente, que levaria em conta o coletivo (Geisler, 2006). Pode-se considerar, também, que os conhecimentos tratados na escola não evidenciam, ou o fazem de maneira superficial, significações e implicações de relevância social que possibilitem ao aluno uma compreensão não apenas científica, mas, ainda, social do conteúdo em estudo (Santos, 2005).



As respostas aos itens T revelaram que os estudantes, de modo geral, não fizeram uso de suas experiências diárias com esses dispositivos, não reconhecendo, por exemplo, que pilhas podem ser recarregáveis ou que pilhas do mesmo tipo, mas de tamanhos diferentes, apresentam a mesma voltagem.

As respostas aos itens com ênfase em C revelam conhecimentos prévios de natureza escolar, como a associação de fluxo de cargas à corrente elétrica. Revelam, também, ideias de senso comum, como a do consumo total das cargas quando a pilha descarrega. O desempenho nas questões com ênfase em C pode ser explicado pelo fato de que esses itens tratam de conhecimento quase que exclusivamente do contexto escolar, cuja abordagem pode ter sido prejudicada diante da pandemia de Covid-19.

Considerações

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a maioria dos estudantes apresentou concepções adequadas sobre o uso e descarte das pilhas e baterias e dificuldades para opinar sobre os aspectos sociais e tecnológicos, o que aponta para a necessidade de inserir questões ou temas de caráter social no ensino de Eletroquímica, para que os estudantes percebam os impactos, implicações e contribuições das atividades científicas e tecnológicas na sociedade. É importante, também, que temas ligados à tecnologia façam parte do ensino de eletroquímica, para que o estudante possa ampliar a compreensão de seu próprio cotidiano, bem como refletir e tomar decisões quanto a aspectos ambientais relacionados à fabricação, ao uso e funcionamento e ao descarte de dispositivos como pilhas e baterias.

O conhecimento sobre eletroquímica, considerando pilhas, baterias e processos eletrolíticos pode contribuir para que os estudantes ampliem suas compreensões do mundo físico e social, entendendo não apenas o princípio de funcionamento de diversos dispositivos que fazem parte da vida diária, como também reflitam sobre suas atitudes em prol do meio ambiente e possam tomar decisões e propor ações que contribuam para uma transformação da realidade social. Tais decisões poderiam, por exemplo, considerar que tipo de pilha ou bateria adquirir, identificar postos de coleta, propor coleta em sua comunidade, conhecer pesquisas sobre esses dispositivos que podem melhorar a vida das pessoas com certas necessidades, entre tantos outros aspectos.

Esses resultados trouxeram contribuições para a elaboração de um material didático autoral pelos professores do grupo, que contempla a relevância da ciência e da tecnologia como ação humana capaz de promover melhorias na qualidade de vida da população e inclusão social. A participação conjunta de pesquisadores e professores da educação básica nesse processo investigativo possibilitou aprofundar os conhecimentos sobre a abordagem CTSA, adquirir experiência na pesquisa em ensino de Química e refletir sobre o ensino de eletroquímica e questões atuais da educação. Os professores, ao planejarem o ensino, consideraram os resultados obtidos nesta pesquisa, propondo conhecimentos científicos, sociais tecnológicos e ambientais, de maneira a contribuir para que os problemas apontados possam ser superados.

Agradecimentos

Aos professores de Química da educação básica participantes do grupo de estudo que colaboraram no desenvolvimento desta pesquisa. Aos alunos respondentes.

Referências bibliográficas

- Ahmad, N. J., & Lah, Y. C. (2012). Improving students' conceptual understanding of a specific content learning: a designed teaching sequence. *Online submission*, 8p. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED532830>. Acesso em: 20 de março de 2024.
- Akahoshi, L. H., Souza, F. S., & Marcondes, M. E. R. (2018). Enfoque CTSA em materiais instrucionais produzidos por professores de química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, 11(3), 124-154.
- Andrade, L. V., & Zimmer, C. G. (2021). Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, 43(3), 298-304.
- Arini, G. S., Santos, I. V. S., & Torres, B. B. (2021). Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise. *Química Nova na Escola*, 43(2), 176-182.
- Barreto, B. S. J., Batista, C. H., & Cruz, M. C. P. (2017). Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. *Química Nova na Escola*, 39(1), 52-58.
- Bastos, F. (2013). Construtivismo e ensino de ciências. In R. Nardi (Org.), *Questões Atuais do Ensino de Ciências* (2a ed., pp. 9-25). Escrituras.
- Bueso, A., Furió, C., & Mans, C. (1988). Interpretación de las reacciones de oxidación-reducción por los estudiantes. Primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 244-250.
- Caamaño, A. (2007). La enseñanza y el aprendizaje de la química. In M. P. Jiménez Aleixandre (Coord.) et al. *Enseñar Ciencias* (pp 95-118). Barcelona: GRAÓ.
- Catiavala, H. S. I. A., Tchilata, P. N., Pinto, C. A. R., Agostinho, F. V. A., Pereira, M. A., & Justino, J. (2023). Concepções dos estudantes do curso de Licenciatura em Ensino da Química no Isced-Huila sobre os conceitos de solução, soluto e solvente. *RECIMA21*, 4(1), 1-25.
- Caramel, N. J. C., & Pacca, J. L. A. (2004). As concepções da condução elétrica e o funcionamento da pilha. In *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, 9, Jaboticatubas.
- Caramel, N. J. C., & Pacca, J. L. A. (2011). Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 7-26.
- Cullen, D. M., & Pentecost, T. C. (2011). A Model Approach to the Electrochemical Cell: An Inquiry Activity. *Journal of Chemical Education*, 88(11), 1562-1564.
- Damasceno, C. H., Carbo, L., Moretti, R. L., & Joerke, G. A. O. (2018) Abordagem sobre o descarte inadequado de lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias no ensino de Ciências. *Revista Prática Docente*, 3(2), 492-505.
- De Jong, O., Acampo, J., & Verdonk, A. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions: Actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1097-1110. <https://doi.org/10.1002/tea.3660321008>



- De Jong, O., & Treagust, D. F. (2002). The teaching and learning of electrochemistry. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Eds.). *Chemical Education: towards research-based practice*. Science & Technology Education Library. Dordrecht (pp. 317-337). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X>
- Ferreira, A. S., Gonçalves, A. M., & Salgado, J. T. S. (2021). Dificuldade de aprendizagem do conteúdo de eletroquímica no ensino médio. *Scientia Naturalis*, 3(4), 1707-1720.
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992a). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 121-142. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290204>
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1079-1099. <https://doi.org/10.1002/tea.3660291006>
- Geisler, A. (2006) Revisitando o conceito de cidadania: notas para uma educação politécnica. *Debate - Trabalho, Educação e Saúde*, 4(2), 355-378.
- Goes, L. F., Fernandez, C., & Agostinho, S. M. L. (2016). Concepções e dificuldades de um grupo de professores de química sobre conceitos fundamentais de eletroquímica. In *XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*, Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0236-1.pdf>.
- Ileris, K. (2013). Uma compreensão abrangente sobre a aprendizagem humana. In K. Ileris (Org.), *Teorias Contemporâneas da Aprendizagem* (pp. 15-30). Penso.
- Lima, V. A., & Marcondes, M. E. R. (2005). Atividades experimentais no ensino de Química: reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. VII Congreso*, 1-5.
- Lima, V. A., Akahoshi, L. H., & Marcondes, M. E. R. (2006). Análise de mapas conceituais elaborados por professores de química para o ensino de eletroquímica. In *Anais*. Bauru: ABRAPEC.
- Lin, H. S. et al. (2002). Students' Difficulties in Learning Electrochemistry. *Proceedings of the National Science Council*, 12(3), 100-105.
- Marcondes, M. E. R., Carmo, M. P., Suart, R. C., Silva, E. L., Souza, F. L., Santos Jr, J. B., & Akahoshi, L. H. (2009). Materiais instrucionais numa perspectiva CTS: uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de química em formação continuada. *Investigações em ensino de ciências*, 14(2), 281-298.
- Medeiros, L. L. S., & Barbosa, A. C. L. (2017). A cultura do descarte e reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos: um estudo de caso na UFERSA-Centro Multidisciplinar Pau dos Ferros/RN. *Revista Mundi Sociais e Humanidades*, 2(2), 1-26.
- Moreno, A. S., & Del Pino, J. C. (2017). Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): perspectivas teóricas sobre educação científica e desenvolvimento na América Latina. *TEAR: Revista de Educação Ciência e Tecnologia*, 6(2), 1-21.
- Oliveira, S.; Guimarães, O. M.; Lorenzetti, L. (2016). O Enfoque CTS e as Concepções de Tecnologia de Alunos do Ensino Médio. *ALEXANDRIA, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(2), 121-147.
- Özkaya, A. R. (2002). Conceptual difficulties experienced by prospective teachers in electrochemistry: half-cell potential, cell potential, and Chemical and electrochemical equilibrium in galvanic cells. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 735-738.

- Pozo, J. I., & Crespo, M. A. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico* (5a ed.). Artmed.
- Rodrigues, R. P., Silva, F. F. A., Farias, W. R., Faria, D. M., Vieira, L. M., & Resende, E. C. (2019). Pilhas e baterias: desenvolvimento de oficina temática para o ensino de eletroquímica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(1), 240 -255.
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 377-398.
- Santos, M. E. V. M. (2005). Cidadania, conhecimento, ciência e educação CTS: Rumo a “novas” dimensões epistemológicas. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 6(2), 137-157.
- Santos, T. N. P., Batista, C. H., Oliveira, A. P. C., & Cruz, M. C. P. (2018). Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, 40(4), 258-266.
- Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2000). Uma Análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio*, 2(2), 133-162.
- Silva, B. O., Camara, S. C., Afonso, J. C., Neumann, R., & Alcover Neto, A. (2011). Série Histórica da Composição de Pilhas Alcalinas e Zinco-Carbono Fabricadas entre 1991 e 2009. *Química Nova* (Impresso), v. 34, p. 812-818.
- Silva Júnior, C. N., Freire, M. S., & Silva, M. G. L. (2012). Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciando de química. In M. G. L. Silva, A. Mohr, & M. F. F. Araújo. *Temas de Ensino e Formação de Professores de Ciências* (pp. 181-192). Natal, RN: EDUFRRN.
- Teixeira, A. M. M. (2011). *Concepções alternativas em ciência: um instrumento de diagnóstico*. (Dissertação de Mestrado). FCT-Universidade Nova de Lisboa. Repositório Universidade Nova de Lisboa.
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2005). Construção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS: impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico. *Ciência & Educação*, 11(2), 191-211.
- Vaciloto, N. C. N. (2017). *Formação continuada de professores de química em grupo colaborativo: conhecimentos e práticas sobre eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química*. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. Instituto de Física. Instituto de Química. Instituto de Biociências. Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Ensino de Química). São Paulo.
- Vaciloto, N. C. N., Paulino, A. C., & Marcondes, M. E. R. (2019). CTS no ensino de eletroquímica: o que trazem os documentos oficiais do Estado de São Paulo e o que fazem os professores. *INDAGATIO DIDACTICA*, 11, 1-22.
- Vasconcellos, E. S., & Santos, W. S. (2008). Educação ambiental por meio de tema CTSA: relato e análise de experiência em sala de aula. In *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química* (XIV ENEQ), 1-10.
- Vilches, A., Solbes, J., & Gil, D. (2001). El enfoque CTS y la formación del profesorado. In P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la Perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad* (pp. 163- 175). Narcea.
- Wartha, E. J., Silva, E. L., & Bejarano, N. R. (2013). Cotidiano e contextualização no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, 35(2), 84-9.