



CTS no Ensino de Eletroquímica: o que trazem os documentos oficiais do Estado de São Paulo e o que fazem os professores

STS-oriented teaching of electrochemistry: Sao Paulo State Curriculum and teachers' practices

Naãma Cristina Negri Vaciloto

USP - SP - Programa Interunidades de Ensino de Ciências
naamanegri@usp.br

Ana Carolina de Almeida Paulino

USP - SP - Programa Interunidades de Ensino de Ciências
carolpaulino@usp.br

Maria Eunice Ribeiro Marcondes

USP - SP - Programa Interunidades de Ensino de Ciências
mermarco@iq.usp.br

Resumo:

O Currículo e os Cadernos de Química do Estado de São Paulo foram elaborados com o objetivo de garantir um ensino que desenvolva no aluno a capacidade de tomar decisões. Nos Cadernos, os conteúdos estão distribuídos em Situações de Aprendizagem que trazem problematizações dos temas de estudo, estabelecendo relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Sabendo que o ensino CTS pode desenvolver no aluno certa criticidade, o objetivo desse estudo é apresentar como as relações CTS estão presentes no ensino de Eletroquímica, tanto no Currículo quanto nos Cadernos e, de que maneira, as Situações de Aprendizagem se relacionam com o Modelo Metodológico de Aikenhead. Além disso, apresentaremos como o conteúdo de eletroquímica vem sendo tratado pelos professores em suas aulas tanto em termos conceituais, quanto nas relações CTS. Os participantes da pesquisa foram 13 professores de Química, que se reuniam na Universidade de São Paulo, para realizar atividades de formação continuada. Para a coleta de informações, os professores apontaram nas atividades os aspectos científicos, tecnológicos e sociais possíveis de serem tratados com o conteúdo de eletroquímica. Por meio da análise de conteúdo, foi possível notar que os professores priorizam os aspectos científicos durante o seu ensino, não os relacionando com a tecnologia e a sociedade, mesmo que os cadernos do Estado interrelacione essas três ênfases. Além disso, o ensino de eletroquímica se mostra superficial, uma vez que pouco são abordados, em sala de aula, os aspectos submicroscópicos relacionados à esse conceito.

Palavras-chave: Ensino CTS; Formação continuada de professores; Eletroquímica.

Resumen:

El Currículo y los Cuadernos de Química del Estado de São Paulo fueron elaborados con el objetivo de garantizar una enseñanza que desarrolle en el alumno la capacidad de tomar



decisiones. En los Cuadernos, los contenidos están distribuidos en Situaciones de Aprendizaje que traen problemas de los temas de estudio, estableciendo relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. El objetivo de este estudio es presentar cómo las relaciones CTS están presentes en la enseñanza de Electroquímica, tanto en el Currículo cuanto en los Cuadernos y, de qué manera, las Situaciones de Aprendizaje se relacionan con el Modelo Metodológico de Aikenhead. Además, presentaremos cómo el contenido de electroquímica viene siendo tratado por los profesores en sus clases tanto en términos conceptuales, como en las relaciones CTS. Los participantes de la investigación fueron 13 profesores de Química, que se reunían en la Universidad de São Paulo, para realizar actividades de formación continuada. Para la recolección de informaciones, los profesores apuntar en las actividades los aspectos científicos, tecnológicos y sociales posibles de ser tratados con el contenido de electroquímica. Por medio del análisis de contenido, fue posible notar que los profesores priorizan los aspectos científicos durante su enseñanza, no relacionándolos con la tecnología y la sociedad, aunque los cuadernos del Estado interrelacione los tres. Además, la enseñanza de la electroquímica se muestra superficial, ya que poco se abordan en el aula, los aspectos submicroscópicos relacionados con este concepto.

Palabras clave: Enfoque CTS; Formación continua de los profesores; Electroquímica.

Abstract:

The written material (Curriculum and Notebooks) for the secondary school of the State of São Paulo were elaborated with the purpose of ensure a teaching that develops in the student the capacity to make decisions. In the Notebooks, the contents are distributed in Learning Situations that bring problematizations of the subjects of study, establishing relations between Science, Technology and Society. Knowing that the STS teaching can develop in the student a certain criticality, the objective of this study is to present how the STS relations are present in the teaching of Electrochemistry, both in the Curriculum and in the Notebooks and, in what way, Learning Situations relate to the Model Methodology of Aikenhead. In addition, we will present how the content of electrochemistry has been treated by teachers in their classes both in conceptual terms and in STS relations. The participants of the research were 13 professors of Chemistry, who met in the University of São Paulo, to carry out activities of continuous formation. In order to gather information, the teachers pointed out in the activities the possible scientific, technological and social aspects of being treated with the electrochemical content. Through content analysis, it was possible to notice that teachers prioritize the scientific aspects during their teaching, not relating them to technology and society, even though the state books interrelate these three emphases. In addition, the teaching of electrochemistry is superficial, since the submicroscopic aspects related to this concept are not addressed in the classroom.

Keywords: STS approach; Teacher training; Electrochemistry.



Introdução

A sociedade atual vem sendo marcada por grandes avanços científicos e tecnológicos devido à incessante busca por desenvolvimento e bem-estar. A consequência disso, entretanto, nem sempre é benéfica, já que é acompanhada, na maioria das vezes, de problemas ambientais, riscos à saúde e impactos na estrutura produtiva que podem gerar desemprego (Strieder, 2008).

Auler e Delizoicov (2006) apontam a necessidade de romper nas pessoas a ideia do progresso da Ciência e da Tecnologia como sempre benéfico. Além disso, os autores apontam que a população costuma se voltar para a Ciência para que esta responda qual é a melhor decisão a ser tomada com relação a problemas sociais, já que consideram os cientistas como os mais aptos para tomarem decisões no âmbito técnico-científico. Esse pensamento é consequência da crença que o desenvolvimento científico e tecnológico é livre de interesses particulares e de interferência externa, estando sempre em prol dos problemas sociais. Dessa forma, é necessário um ensino que desenvolva nas pessoas a capacidade de refletir e de questionar os problemas, as limitações e as implicações da atividade científica- tecnológica, bem como seus benefícios à sociedade.

Nesse contexto, o ensino CTS contempla discussões de forma crítica e reflexiva sobre as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, e vem ganhando destaque no ensino de Ciências. Nesse tipo de ensino, o foco no conteúdo específico é substituído pelo estudo dos conhecimentos científicos e tecnológicos que envolvem um determinado tema de relevância social. Dessa forma, há o desenvolvimento no aluno da capacidade de se posicionar frente às questões que visam uma transformação social. São pontos chave da educação CTS

proporcionar aos alunos meios para emitirem julgamentos conscientes sobre os problemas da sociedade; proporcionar uma perspectiva mais rica e mais realista sobre a história e a natureza da ciência; tornar a ciência mais acessível e mais atraente a alunos de diferentes capacidades e sensibilidades, e preparar os jovens para o papel de cidadãos numa sociedade democrática (Santos, 2001¹ apud Strieder, 2008, p. 25).¹

São várias as questões sociais atuais que possibilitam o desenvolvimento de mudanças de atitudes, que podem ser discutidas no contexto escolar: o impacto ambiental causado pela poluição por metais componentes de materiais eletrônicos, pilhas e baterias; os impactos causados no ecossistema e na vida das pessoas decorrente do aumento do consumo energético; a inundação de regiões para construção de usinas geradoras de energia elétrica, dentro outros. No Ensino de Química, algumas dessas questões têm relação com conteúdos geralmente tratados em eletroquímica. Tais conteúdos são considerados alguns dos mais difíceis de serem ensinados devido ao alto nível de abstração exigido, sendo poucas as interfaces feitas com questões sociais e tecnológicas. Geralmente, são apenas abordadas situações referentes a pilhas e baterias

¹ Santos, M. E. V. M. dos. (2001). *A cidadania na voz dos manuais escolares*. Lisboa: Livros Horizontes.



A dificuldade de aprendizagem de conceitos de eletroquímica pelos alunos e a ausência desse tópico no planejamento de muitos professores podem estar relacionadas ao fato do conhecimento eletroquímico ser muito complexo, isto é, demandar raciocínios mais elaborados e explicações em níveis submicroscópicos, e sem relação com suas aplicações (Barreto; Batista; & Cruz, 2016). Assim, os autores destacam a importância de ensinar eletroquímica por meio de suas aplicações, explicitando os fenômenos numa abordagem investigativa que considere os aspectos de seu cotidiano. Marcondes, Akahoshi e Lima (2005) corroboram essa ideia ao relatarem que o ensino de eletroquímica, da maneira como geralmente é feito e apresentado em materiais instrucionais, enfatiza mais o tratamento em nível microscópico do que fenomenológico.

Com essas considerações, neste trabalho, objetivamos apresentar como o Currículo de Química do Estado de São Paulo (Brasil) e os Cadernos do Aluno, fornecidos pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, apresentam o conteúdo de eletroquímica e quais são as relações estabelecidas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, tendo em vista uma perspectiva de ensino CTS. Investigamos, também, como a sequência de ensino proposta nas Situações de Aprendizagem dos referidos cadernos pode ser planejada de acordo com o Modelo Metodológico de Ensino CTS proposto por Aikenhead (1994). Como os professores das escolas públicas do Estado de São Paulo utilizam tais materiais instrucionais, nos interessou, também, investigar como o conteúdo de eletroquímica vem sendo tratado pelos professores em suas aulas, tanto em termos conceituais quanto nas relações CTS.

Marco teórico

No ensino de Química, a proposta de organização dos conteúdos apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) leva em consideração duas perspectivas, sendo estas

a que considera a vivência individual dos alunos – seus conhecimentos escolares, suas histórias pessoais, tradições culturais, relação com os fatos e fenômenos do cotidiano e informações veiculadas pela mídia; e a que considera a sociedade em sua interação com o mundo, evidenciando como os saberes científico e tecnológico vêm interferindo na produção, na cultura e no ambiente (Brasil, 2002, p.93).

Isso significa que a Química pode fornecer subsídios para a formação cidadã, desde que o conhecimento seja: planejado com o intuito de levar o aluno a interpretar o mundo e intervir na sociedade; apresentado como ciência, destacando seus conceitos, métodos e linguagens; e apresentado como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico, suas implicações e demais aspectos sociais (PCNEM+, Brasil, 2006).

A seleção e sistematização dos conteúdos, segundo os documentos oficiais brasileiros, deve se dar por meio de “temas estruturadores, que permitem o desenvolvimento de um conjunto de conhecimentos, de forma articulada, em torno de um eixo central com objetos de estudo, conceitos, linguagens, habilidades e procedimentos próprios” (PCNEM+, Brasil, 2006, p. 93). São nove temas estruturadores que se desmembram em unidades temáticas.



O conteúdo de eletroquímica é contemplado no terceiro tema "Energia e transformação química", ao longo da unidade temática "Produção e consumo de energia térmica e elétrica nas transformações químicas". Esse tema favorece o desenvolvimento das seguintes habilidades:

Relacionar a energia elétrica produzida e consumida na transformação química e os processos de oxidação e redução.

Compreender os processos de oxidação e de redução a partir das ideias sobre a estrutura da matéria.

Prever a energia elétrica envolvida numa transformação química a partir do potenciais-padrões de eletrodo das transformações de oxidação e redução.

Compreender a evolução das ideias sobre pilhas e eletrólise, reconhecendo as relações entre conhecimento empírico e modelos explicativos.

Buscar informações sobre transformações químicas que produzem energia utilizadas nos sistemas produtivos.

Avaliar as implicações sociais e ambientais do uso de energia elétrica e térmica provenientes de transformações químicas (PCNEM+, Brasil, 2006, p. 98).

Com base nesses parâmetros, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo lançou uma proposta, no ano de 2008, de novos currículos para as disciplinas do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio. Em 2010 essas propostas curriculares tornaram-se Currículos Oficiais do Estado de São Paulo, passando a ser obrigatório em toda a rede pública paulista (São Paulo, 2012).

Para subsidiar a implantação da Proposta Curricular e, posteriormente, do Currículo Oficial do Estado, ainda em 2008, foram elaborados cadernos de orientações aos professores de todas as disciplinas e cadernos para os alunos. O material é composto por 6 volumes, um para cada semestre de cada série e apresenta orientações sobre os conteúdos, competências e habilidades a serem desenvolvidas, metodologia e estratégias de ensino e formas de avaliação. Cada volume desse material é dividido em Situações de Aprendizagem, que trazem problematizações relativas aos temas de cada série, auxiliando na aprendizagem dos conteúdos e no desenvolvimento das habilidades.

O conteúdo de Eletroquímica está presente no Volume 2 do Caderno da Segunda Série do Ensino Médio, em quatro Situações de Aprendizagem (SA): Aplicação das transformações químicas que ocorrem com o envolvimento da eletricidade (SA 5); Estudando o processo da eletrólise (SA 6); Como funcionam as pilhas (SA 7); e Impactos ambientais relacionados ao uso de pilhas e baterias e ao processo de eletrólise (SA 8). O conteúdo volta a ser discutido no Volume 1 da Terceira Série, na Situação de Aprendizagem 9, sob o título de: "Como o ser humano usa a água do mar para sua sobrevivência?".

A ideia do Currículo, interpretada nos Cadernos de Química, é garantir uma aprendizagem associada às competências do saber fazer, saber conhecer e saber ser em sociedade. Isso



significa que o aluno deve dispor de conhecimentos para fazer uma análise crítica das vantagens e desvantagens de determinada situação, para que promova ações conscientes,

O aluno deve ter uma compreensão dos processos químicos em estreita relação com suas aplicações tecnológicas, ambientais e sociais, de modo a poder tomar decisões de maneira responsável e crítica, e emitir juízos de valor, em nível individual ou coletivo (São Paulo, 2012, p. 126).

A relação entre os conteúdos e diversos processos tecnológicos presentes no sistema produtivo, procurando garantir um ensino que siga a abordagem CTS é, para Aikenhead (1994), uma maneira de possibilitar que o aluno construa conhecimentos sobre o mundo, entendendo e agindo nas questões sociais que o rodeia. O autor propôs um modelo metodológico para o ensino de Ciências com enfoque CTS, sistematizado na figura 1.

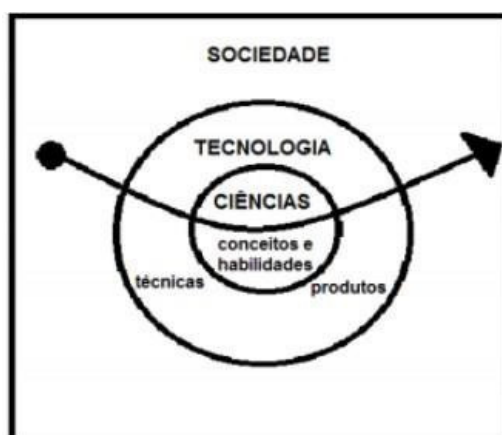


Figura 1. Modelo metodológico para o ensino CTS proposto por Aikenhead.
Fonte: Akahoshi (2012).

Nesse modelo, uma situação problema deve ser iniciada a partir de uma questão de interesse social, que esteja diretamente relacionada aos conhecimentos tecnológicos e científicos. Uma vez compreendidos os conhecimentos científicos pertinentes, retorna-se à tecnologia, agora com o conhecimento científico contribuindo para seu entendimento e, chega-se novamente à questão social, com a bagagem de conhecimentos científicos e tecnológicos. Dessa maneira, o aluno é capaz de tomar decisões sobre a questão apresentada.

Para que o professor consiga colocar em prática essa metodologia, é necessário que ele tenha um domínio do conteúdo a ser ensinado, compreenda os currículos e materiais pedagógicos, considerando suas limitações, conheça as interações CTS associadas à construção dos conhecimentos e esteja informado sobre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos recentes, sem ignorar o papel social das Ciências e a necessidade da tomada de decisões (Carvalho; & Gil-Pérez, 2011).



Metodologia

O GEPEQ, Grupo de Pesquisa em Educação Química da Universidade de São Paulo, vem desenvolvendo atividades de formação continuada para professores de Química na perspectiva da colaboração. Assim, a formação acontece a partir dos interesses dos professores participantes, que manifestam anseios e dificuldades que gostariam de superar (Vaciloto, 2017). Nesse ambiente formativo, um grupo de professores manifestou interesse em estudar conteúdos químicos que consideravam mais difíceis, dentre eles os de eletroquímica.

Durante os encontros que ocorreram entre esses professores e os pesquisadores, que totalizaram 12 horas, os professores discutiram sobre: dificuldades no ensino de eletroquímica, dificuldades conceituais pessoais, estratégias de ensino e como o conteúdo aparece no currículo do Estado de São Paulo e nos Cadernos de Química fornecidos pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo.

Participaram da pesquisa 13 professores de Química da rede estadual, pertencentes a diferentes Diretorias de Ensino da cidade de São Paulo, bem como de cidades vizinhas (figura 2), sendo eles professores que já vinham participando de atividades de formação continuada com o GEPEQ.



Figura 2. Mapa das Diretorias de Ensino da cidade de São Paulo.

As diretorias com marcadores se referem às dos professores participantes.

Fonte: adaptado de http://www.educacao.sp.gov.br/central-de-atendimento/Map_Cap_Diretoria.asp.

Acesso: jun. 2017



Os professores tinham em comum o fato de serem licenciados em Química e atuantes na rede estadual de ensino, porém nem todos eram efetivos em seus cargos. Por outro lado, o tempo de experiência no ensino variava, desde professores ainda em estágio probatório (isto é, que iniciaram a menos de dois anos a docência na rede pública de ensino), até professores próximos de se aposentar. Além disso, dois deles atuavam também na rede privada (quadro 1).

Professor	Idade	Tempo de docência em anos	Efetivo na rede pública de ensino	Número de aulas semanais em 2014	Trabalha na rede privada
P1	41	2	Sim	22	Não
P2	43	5	Não	32	Não
P3	35	3	Não	18	Não
P4	52	7	Sim	30	Não
P5	42	6	Sim	22	Não
P6	40	13	Sim	0*	Não
P7	41	4	Não	24	Não
P8	38	3	Não	28	Não
P9	29	4	Sim	26	Sim
P10	32	11	Sim	26	Não
P11	36	6	Não	32	Não
P12	55	24	Sim	22	Não
P13	33	9	Não	22	Sim

Quadro 1. Características dos professores participantes.

***No período dos encontros, o P4 estava atuando como Professor Coordenador do Núcleo Pedagógico.**

Fonte: Vaciloto (2017).

Como o principal material didático dos alunos do Estado de São Paulo é o caderno disponibilizado pela Secretaria da Educação, esses serviram de orientação para as discussões durante os encontros. Assim, em um primeiro momento foi feita uma análise desses materiais e, em um segundo momento, foram analisadas as práticas de ensino que vêm sendo realizadas pelos professores para o conteúdo em foco.

Para a primeira parte da análise, os conteúdos referentes à eletroquímica, e elencados no Currículo de Química do Estado de São Paulo, foram classificados de acordo com a ênfase dada em Ciência, Tecnologia e Sociedade com o intuito de perceber se existia a preocupação



em tratar as três perspectivas, como se é esperado e apontado nos textos introdutórios do material. Também, foram analisados os Cadernos de Química, pois estes podem ser entendidos como uma interpretação do Currículo. Dessa forma, para cada Situação de Aprendizagem apresentada sobre o tema, foram elencados os conteúdos que enfatizam Ciência, Tecnologia e Sociedade, bem como a questão que norteia o ensino. Tais Situações de Aprendizagem foram analisadas, ainda, numa perspectiva da articulação entre os aspectos CTS, a partir do Modelo Metodológico proposto por Aikenhead (1994).

Com relação aos professores, utilizamos a técnica de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011) para analisar as respostas dadas pelos professores em quatro atividades realizadas durante os encontros. Nessas atividades, uma para cada Situação de Aprendizagem que trata de eletroquímica, procuramos investigar como os professores ensinam esse conteúdo, tanto em termos de conceituais quanto nas relações CTS estabelecidas.

Cabe ressaltar que se trata de uma pesquisa qualitativa, de caráter participante. Isto significa que, tanto pesquisadores quanto pesquisados, tornaram-se sujeitos ativos na produção de conhecimento, pois os encontros oportunizaram momentos de reflexão para repensarem sua prática (Noronha, 2008). Dessa forma, durante a análise, a preocupação maior foi com a interpretação das reflexões, discussões e declarações dadas no decorrer da pesquisa, não requerendo o uso de técnicas e métodos estatísticos (Godoy, 1995).

Resultados

A Eletroquímica nos documentos e materiais didáticos do Estado de São Paulo

Os conteúdos relacionados à eletroquímica presentes no currículo de Química do Estado de São Paulo (2012) foram identificados e classificados de acordo com o enfoque predominante dado em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Além disso, também os relacionados quanto à sua presença nas Situações de Aprendizagem dos Cadernos de Química (quadro 2). Essa identificação da ênfase foi validada por outros pesquisadores de nosso grupo, havendo algumas discordâncias principalmente no que se referia à tecnologia. Tais discordâncias foram discutidas no grupo, chegando-se a um consenso.

Segunda Série do Ensino Médio – 4º Bimestre		
Conteúdo	Ênfase	Situação de Aprendizagem
Reatividade dos metais em reações com ácidos e íons metálicos	Ciência	7
Transformações que envolvem energia elétrica – processos de oxidação e de redução	Ciência	5 e 6
As ideias de estrutura da matéria para explicar oxidação e redução	Ciência	6 e 7



Transformações químicas na geração industrial de energia	Tecnologia	7 e 8
Implicações socioambientais das transformações químicas que envolvem eletricidade	Sociedade	5 e 8
Diferentes usos dos metais	Tecnologia	7
Terceira Série do Ensino Médio – 2º Bimestre		
Processos industriais que permitem a obtenção de produtos a partir da água do mar	Tecnologia	9

Quadro 2. Enfoque CTS para os conteúdos de eletroquímica.
Fonte: das autoras.

Podemos notar uma preocupação em considerar aspectos sociais e tecnológicos, além do científico, ao elencar os conteúdos a serem tratados durante o ensino de eletroquímica, o que está de acordo com os pressupostos apresentados no Currículo de Química:

No Ensino Médio, o aluno deve ganhar uma compreensão dos processos químicos em estreita relação com suas aplicações tecnológicas, ambientais e sociais, de modo a poder tomar decisões de maneira responsável e crítica e emitir juízos de valor, em nível individual ou coletivo (São Paulo, 2012, p. 126).

Essa perspectiva é importante pois as Orientações Curriculares (Brasil, 2008) já alertam para o fato que, mesmo os autores de materiais didáticos afirmando que contemplam as orientações expostas nos PCNs (Brasil, 2002) quanto a relação entre conhecimento científico, tecnológico e social,

[...] um olhar um pouco mais acurado mostra, no entanto, que isso não vai além de tratamentos periféricos, quase que para satisfazer eventuais curiosidades, sem esforço de tratar da dimensão ou significado conceitual e, muito menos, de preocupação por uma abordagem referida no contexto real e tratamento interdisciplinar, com implicações que extrapolem os limites ali definidos (Brasil, 2008, p. 101).

Para entender como tais conteúdos podem ser articulados durante o ensino, foi realizada uma análise mais profunda das ênfases dadas aos enfoques CTS nas Situações de Aprendizagem que abordam o tema eletroquímica.

Na situação de aprendizagem 5, podemos perceber que há uma maior ênfase em assuntos tecnológicos e sociais (figura 3), o que coincide com a proposta de começar o ensino pelo que é real para o aluno para, a partir de então, construir o conceito com a ajuda de explicações científicas (São Paulo, 2012).

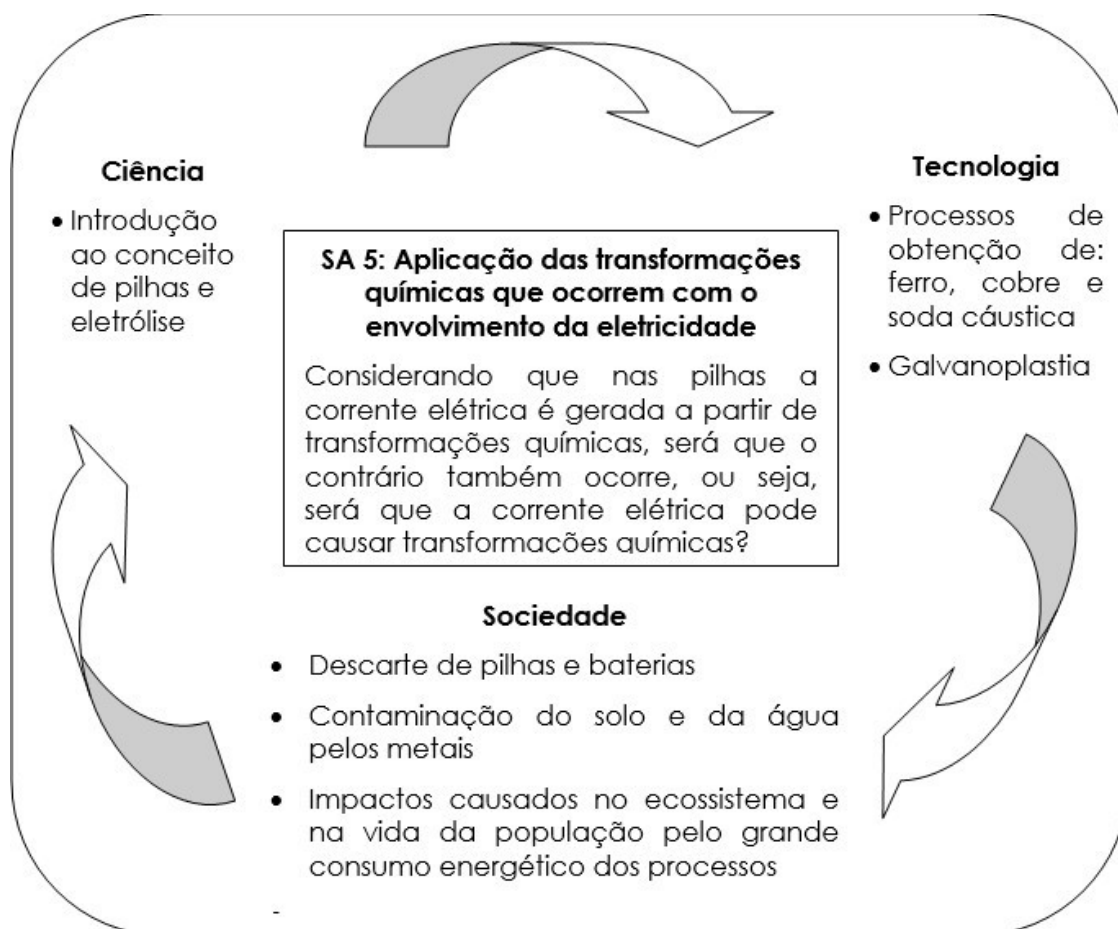


Figura 3. Descrição dos conteúdos tratados em cada ênfase na situação de aprendizagem 5
Fonte: das autoras.

A situação de aprendizagem busca inserir os estudantes no tema de pilhas e baterias não pela definição de eletrólise, mas pelo uso industrial do processo eletrolítico e pelas implicações socioambientais do uso de pilhas e baterias. Segundo Santos (2007), a contextualização que parte de situações problemáticas reais e busca a articulação entre os conhecimentos científicos e tecnológicos para solucioná-las auxilia no desenvolvimento de atitudes e valores, aliado à capacidade de tomada de decisões, dos estudantes.

Na situação de aprendizagem 6, inicia-se a ênfase científica com o estudo do processo de eletrólise (figura 4). Entretanto, não há, em nenhum momento, a definição pronta dos conceitos a serem estudados, mas sim, atividades experimentais investigativas que vão auxiliar o estudante na construção de tais conceitos. As atividades experimentais sobre *interação entre a palha*



de aço e solução de sulfato de cobre, interação entre placas de cobre e solução de CuSO_4 sem o fornecimento de corrente elétrica e interação entre placas de cobre e solução de CuSO_4 com o fornecimento de corrente elétrica, são propostas para que o aluno perceba que existem reações espontâneas que acontecem sem o fornecimento de corrente elétrica, enquanto outras, necessitam de corrente elétrica para acontecer. Dessa forma, a atividade experimental como investigação se contrapõe às atividades experimentais realizadas de maneira tradicional, onde o aluno segue um roteiro pré-determinado para comprovar leis e teorias estudadas em sala de aula (Borges, 2002).

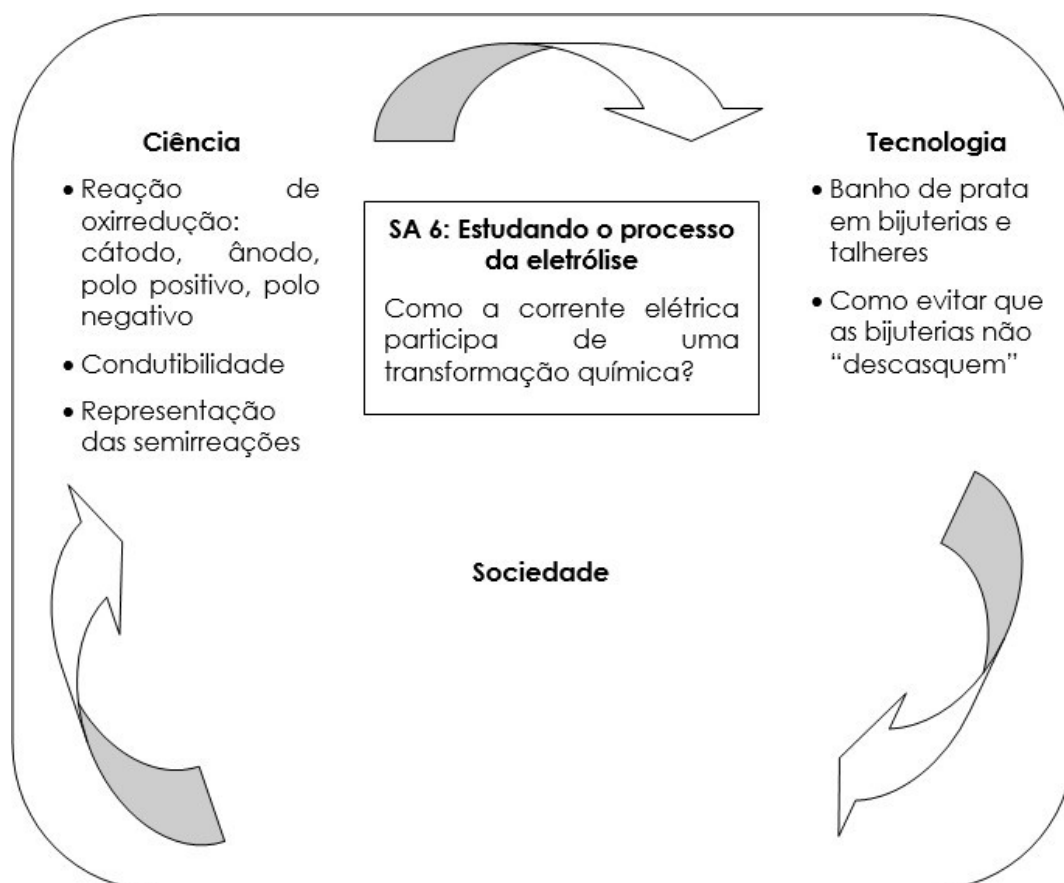


Figura 4. Descrição dos conteúdos tratados em cada ênfase na situação de aprendizagem 6
Fonte: das autoras.

Para Hofstein, Navon, Kipnis e Mamluk-Naaman (2005), as atividades que buscam um protagonismo do estudante ao fazê-lo compreender um problema, elaborar hipóteses, planejar o experimento e discutir os dados coletados promove a participação do estudante na construção do próprio conhecimento. A situação de aprendizagem termina explorando a aplicação tecnológica dos processos de eletrólise.



Na situação de aprendizagem 7, a ênfase é a científica, com o estudo do funcionamento de uma pilha, da representação microscópica do sistema, da reatividade dos metais e da espontaneidade das reações (figura 5). Novamente, para introduzir os conceitos científicos, há a proposta de duas atividades experimentais: uma sobre a construção de uma pilha de Daniel, no início da situação de aprendizagem, e outra sobre a análise da reatividade de alguns metais em presença de soluções que contêm cátions desses metais, ao final da situação.

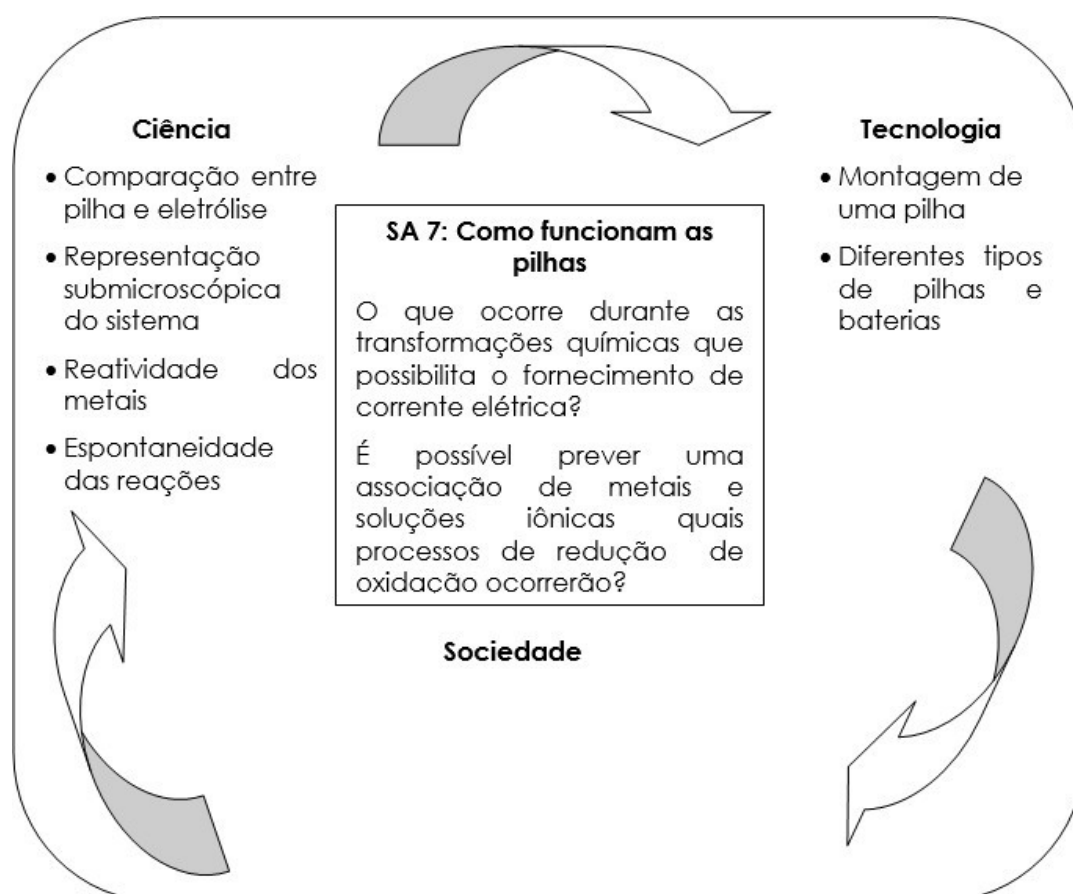


Figura 5. Descrição dos conteúdos tratados em cada ênfase na situação de aprendizagem 7
Fonte: das autoras.

Na situação de aprendizagem 8, para finalizar o estudo de pilhas e baterias, o foco volta a ser nas ênfases de Tecnologia e Sociedade (figura 6). Nesta situação de aprendizagem, espera-se que os alunos, com base nos conhecimentos químicos construídos ao longo das aulas, consigam argumentar sobre as vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de baterias, nos impactos ambientais que podem ser causados pelo descarte incorreto desse material



e pelo grande consumo de energia elétrica pelos processos eletrolíticos, além de refletirem sobre a produção de novos tipos de baterias.

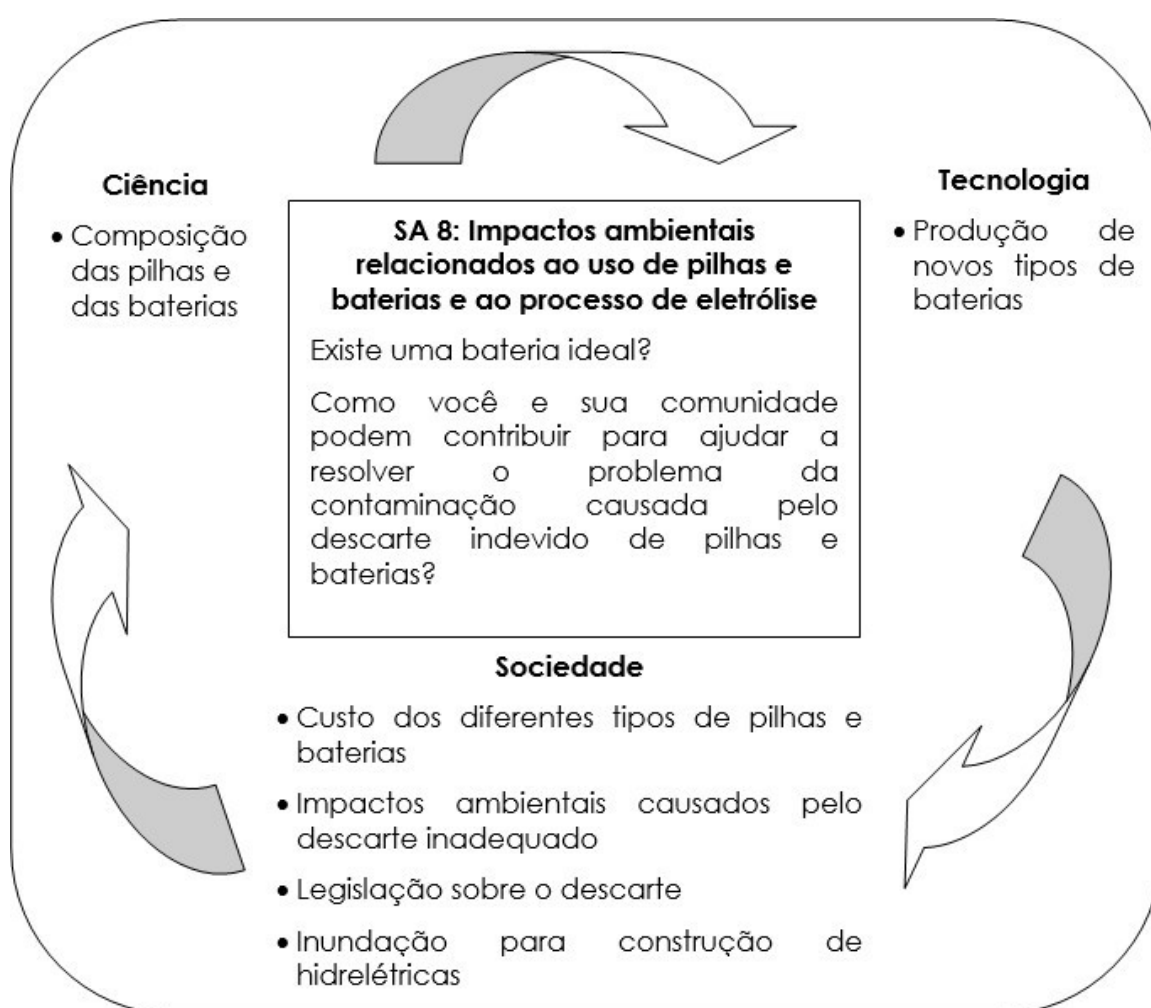


Figura 6. Descrição dos conteúdos tratados em cada ênfase na situação de aprendizagem 8
Fonte: das autoras.

Essas Situações de Aprendizagem se aplicadas, de acordo com nossa análise, podem contribuir para que os estudantes ampliem seus conhecimentos sobre as transformações químicas, compreendendo também os fenômenos que envolvem a transferência de elétrons (oxirredução), além de terem construído

[...] seus próprios esquemas de representação das propriedades das substâncias em termos de alguns aspectos fenomenológicos – como a dissolução de materiais em água, a concentração



e a relação com a qualidade da água, as diferentes reatividades de metais – ou em termos de modelos explicativos – como as interações eletrostáticas entre átomos, as ligações químicas e as interações intermoleculares a partir do modelo de Rutherford. (São Paulo, 2012, p. 130).

Se analisarmos as situações 5 a 8 como um todo, podemos perceber uma similaridade com o modelo metodológico proposto por Aikenhead (vide figura 1). Assim, na figura 7, relacionamos os aspectos tratados nas Situações de Aprendizagem com esse modelo, no qual o ensino é norteado a partir de uma situação problema que está inserida no contexto social, nesse caso o problema recai sobre os impactos do uso de pilhas e baterias (SA 5), perpassando pelos conhecimentos tecnológicos e científicos (SA 6 e 7) para, por fim, refletir criticamente sobre o problema inicial e chegar a possíveis soluções (SA 8).

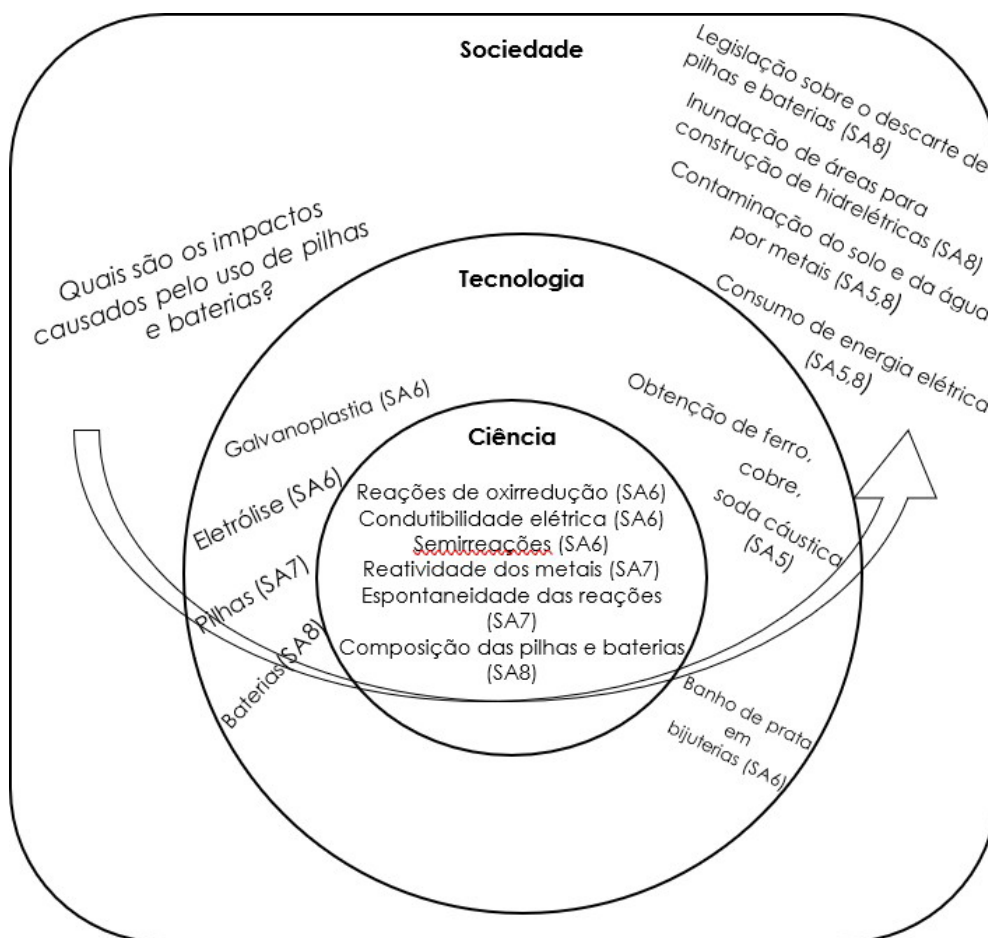


Figura 7. Conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais tratados nas Situações de Aprendizagem segundo o Modelo Metodológico de Aikenhead (1994).

Fonte: das autoras.



Destacamos que essa ilustração mostra a distribuição dos conteúdos de acordo com o momento em que é tratado e a ênfase dada em Ciência, Tecnologia e Sociedade, porém, durante o ensino, tais conteúdos vão se integrando nas três áreas da dimensão CTS. Temos, então, uma proposta de ensino que não trata o conteúdo de eletroquímica apenas em seus aspectos quantitativos e submicroscópicos, mas que traz aplicações, processos tecnológicos, materiais produzidos, impactos ambientais e sociais causados e possibilidades de redução desses aspectos negativos.

Sobre a situação de aprendizagem 9, apesar de estar inserida nos cadernos da 3ª série, o conteúdo de eletrólise é explorado dentro do tema geral de *Atmosfera, hidrosfera e biosfera como fontes de materiais para uso humano* (São Paulo, 2012). Nessa situação, há o foco nas três ênfases da relação CTS ao utilizar a água do mar como forma de discutir os processos industriais de obtenção de substâncias a partir do cloreto de sódio, a eletrólise ígnea e as condições das regiões produtoras de sal, dentre outros conteúdos apresentados na figura 8.

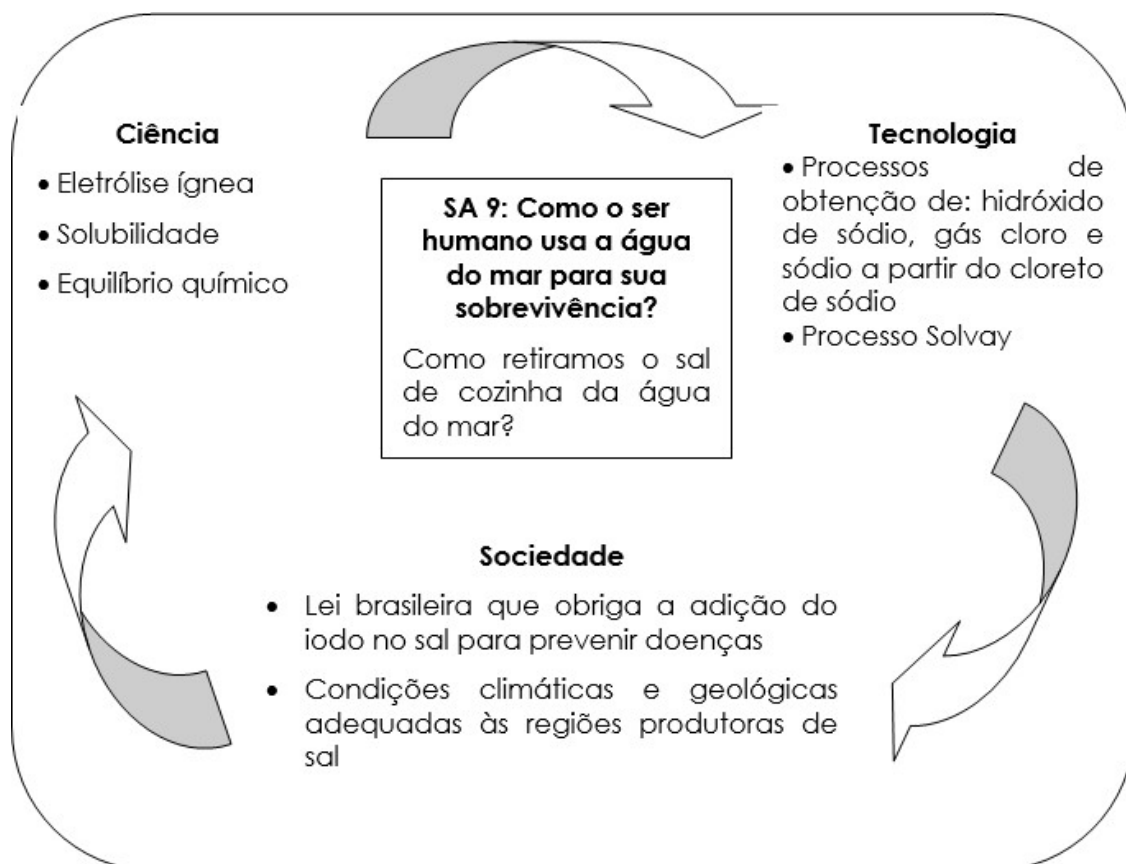


Figura 8. Descrição dos conteúdos tratados em cada ênfase na situação de aprendizagem 9
Fonte: das autoras.



Sobre o Currículo e os Cadernos de Química, podemos concluir que eles não consideram apenas o ensino dos conceitos científicos de forma desvinculada da realidade dos educandos, pelo contrário, o ensino fornece subsídios para promover uma compreensão crítica e reflexiva sobre a ciência e a tecnologia bem como suas relações com a sociedade. Isso vai ao encontro do que é apontado nas Orientações Curriculares, que afirma que

[...] cabe ressaltar a necessidade de que a elaboração dos programas não se perca em excessos de conteúdos que sobrecarreguem o currículo escolar, sem que o professor tenha condições temporais de explorá-los adequadamente, de maneira que os alunos possam significá-los e compreendê-los de forma socialmente relevante (OCNEM, Brasil, 2008, p. 126).

Dessa maneira, o conteúdo de eletroquímica, tantas vezes apontado como sendo de difícil aprendizagem devido ao seu ensino desvinculado da aplicação, tem potencial para se tornar significativo para o aluno.

O que fazem os professores da rede estadual de São Paulo.

Na figura 9, apresentamos como os professores tratam os seis conteúdos específicos de eletroquímica presentes no Currículo de Química, isto é, se os tratam ou não e, quando os tratam, se o fazem superficialmente ou os aprofundam.

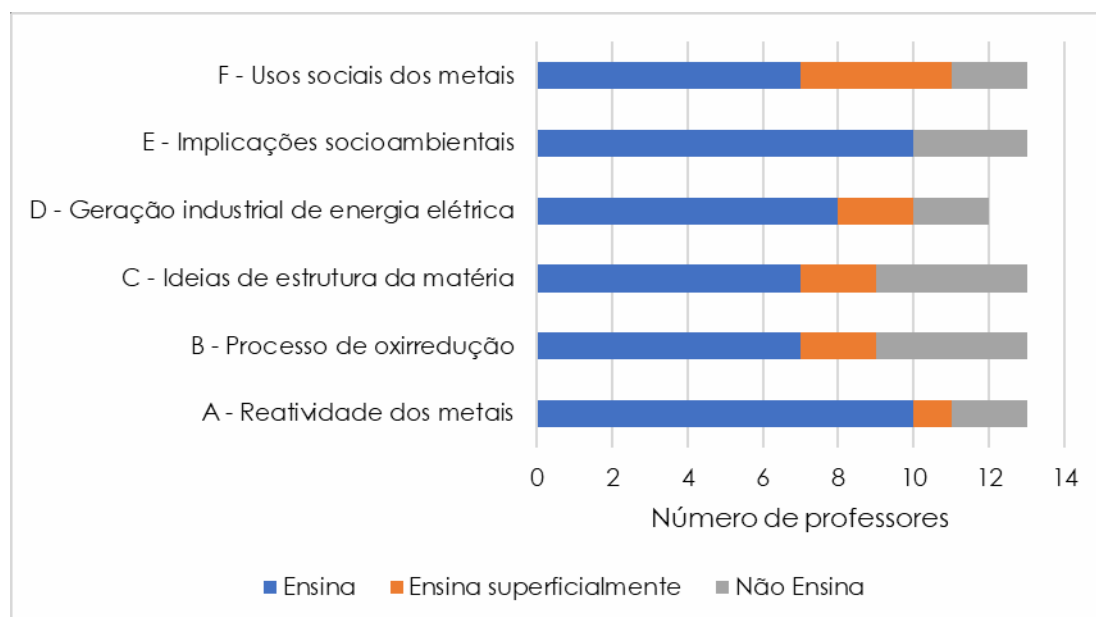


Figura 9. Conteúdos específicos ensinados, não ensinados e ensinados superficialmente. Fonte: das autoras.



Os conteúdos específicos menos abordados são "(B) Transformações que envolvem energia elétrica - processos de oxirredução" e "(C) ideias de estrutura da matéria para explicar oxidação e redução", sendo esses conteúdos que requerem o uso de explicações submicroscópicas mais elaboradas. A não compreensão de conceitos básicos do conteúdo de eletroquímica, como definição de cátodo, ânodo, redução e oxidação vem sendo manifestada tanto por alunos como por professores (Vaciloto, 2017; Ahmad & Che Lah, 2012). Esses estudos mostram que, além das dificuldades já citadas, os professores têm manifestado a ideia de que há uma inversão dos processos na eletrólise, quando comparados a uma pilha, não compreendem a simultaneidade dos processos de oxidação e de redução e sentem dificuldades em elaborar explicações microscópicas para os fenômenos observados. Como consequência, os professores optam por não ensinarem tais conteúdos.

Outros conteúdos específicos não abordados, ou abordados de forma superficial, são os que enfatizam os aspectos tecnológicos durante o ensino: "(F) uso social dos metais" e "(D) geração industrial de energia elétrica". Silva e Núñez (2003) alertam sobre a ausência dos saberes tecnológicos pelos professores, que afirmam não estar preparados para abordar processos químicos industriais nas aulas por desconhecerem os processos, suas implicações e as produções de maior importância para a economia local.

Por outro lado, os conteúdos mais ensinados estão relacionados, principalmente, às questões ambientais, tais como o descarte de materiais (E) e às questões científicas, como o reconhecimento de evidências de transformações químicas e estabelecimento da ordem de reatividade dos metais (A).

Quando questionados sobre o que ensinariam, tanto em termos conceituais quanto das relações CTS, dos conteúdos tratados nos materiais pedagógicos, os professores apontaram uma variedade de conceitos químicos (figura 10) e algumas questões socioambientais (figura 11). Observando a figura 10, é possível notar a frequência com que cada tema, ou conceito, foi citado pelos professores.

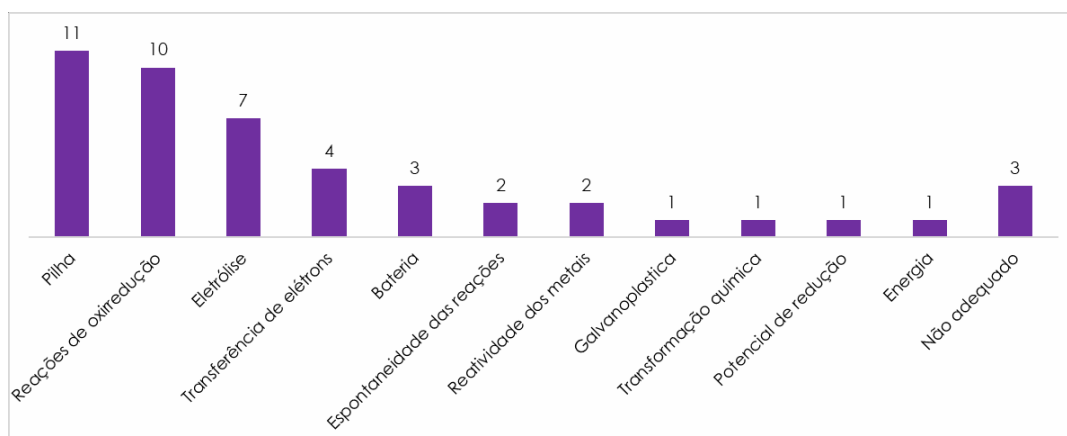


Figura 10. Temas ou conceitos específicos citados pelos professores.

Fonte: das autoras.



Os conceitos científicos básicos do conteúdo de eletroquímica foram os mais citados (> 50%), tais como pilha, reações de oxirredução e eletrólise. Percebemos que, embora os professores valorizem os conceitos científicos, estes não são tratados no nível explicativo submicroscópico, pois conceitos como transferência de elétrons, formação de íons, eletronegatividade e potencial de redução foram pouco citados ou inexistentes em suas respostas. Outro ponto a destacar é que, mesmo mencionando pilhas e eletrólise, a abordagem nos parece ser superficial, uma vez que os professores não citam abordar balanceamento de equação química, semi- reações, potencial padrão e ddp (Marcondes, Souza, & Akahoshi, 2017).

Os temas, ou conceitos, citados e que não estão relacionados diretamente à conhecimentos científicos específicos são, em grande parte, relacionados às questões socioambientais (figura 11). Vale ressaltar que, dos 13 professores participantes, seis não indicaram conceitos a serem ensinados além dos científicos, sendo considerados como “sem menção”.

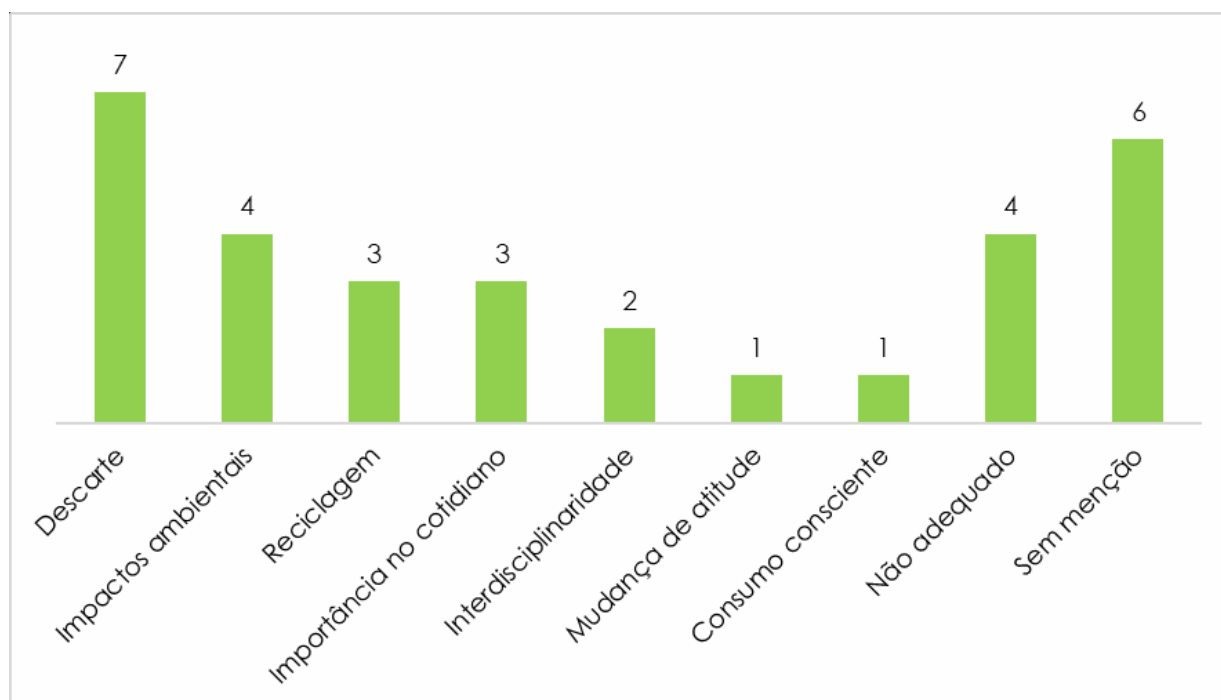


Figura 11. Temas ou conceitos do enfoque CTS citados pelos professores.
Fonte: das autoras.

A maioria dos professores demonstrou preocupação em discutir questões ambientais durante o seu ensino, tais como descarte de resíduos gerados no dia a dia, consumo consciente e, ainda, impactos ambientais causados pela poluição. Essa ênfase dada à Sociedade sobre a Tecnologia, durante o ensino, pode estar relacionada à facilidade dos professores em inserir



questões sociais em suas aulas, principalmente aquelas ressaltadas pelos meios midiáticos. Vale lembrar que, os problemas ambientais da sociedade atual, estão intimamente relacionados ao desenvolvimento tecnológico e seus impactos no campo social (Vilches & Gil-Pérez, 2015).

A ênfase em aspectos tecnológicos, entretanto, não costuma ser citado pelos professores durante o planejamento das suas aulas (Akahoshi, 2012; Oliveira, Guimarães & Lorenzetti, 2016). No caso deste trabalho, o único tema que pode ser considerado com ênfase na Tecnologia é reciclagem, porém não se sabe se os aspectos tecnológicos são considerados durante o ensino ou se é tratado apenas no âmbito de separação dos materiais. Oliveira et al. (2016) alertam para o fato de que, algumas propostas,

[...] têm concentrado suas discussões de forma a privilegiar apenas o desenvolvimento de conceitos científicos e o estabelecimento de debates político-filosóficos ligados à ciência e a sociedade, relegando a uma posição inferior o segundo elemento da tríade, a tecnologia (p. 123).

Apesar da maioria dos professores, em suas citações, relacionarem o cotidiano como exemplificação das diversas aplicações dos conceitos científicos, um único professor mencionou a inclusão de questões sociais como forma de conscientizar os alunos sobre um consumo consciente de pilhas e baterias e instigá-los a uma mudança de atitude, o que nos sugere que esse professor busca um ensino mais crítico e mais próximo do que é esperado da abordagem CTS.

Destacamos, por fim, a citação de alguns professores sobre ensino CTS como sendo sinônimo de interdisciplinaridade. Embora o ensino CTS preveja uma certa interdisciplinaridade, no contexto da atividade proposta, os professores não se referiam à relação entre conceitos científicos de diferentes disciplinas e os conhecimentos tecnológicos e sociais, mas sim aos aspectos exclusivamente conceituais e metodológicos, tais como preparar aulas envolvendo outras disciplinas, por exemplo (Cortez & Darroz, 2017).

Conclusões

O Currículo de Química do Estado de São Paulo, no que se refere ao conteúdo de eletroquímica, garante um ensino que valorize os conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais, bem como as relações entre eles. Os Cadernos de Química fornecidos pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, segue os mesmos objetivos do Currículo e consegue, por sua vez, envolver os alunos em um ensino CTS.

Relacionando os materiais ao modelo proposto por Aikenhead (1994), foi possível estabelecer uma aproximação entre ambos. As Situações de Aprendizagem que contemplam o conteúdo de eletroquímica se relacionam com um ensino em que, a partir de um problema de importância social, conhecimentos científicos e tecnológicos são mobilizados para que, ao final do ensino, os alunos sejam capazes de propor soluções ao problema inicial.

Por outro lado, ao estabelecer um paralelo entre o Currículo, os Cadernos de Química e a prática dos professores, percebemos um distanciamento na valorização entre o que é proposto e o



que é realizado na sala de aula. Enquanto o documento e os materiais fornecidos sugerem um ensino reflexivo pelo estabelecimento de relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, os professores resistem na prática tradicional, isto é, com o foco nos conhecimentos químicos. Dessa forma, os aspectos tecnológicos, enfatizados em três conteúdos específicos do Currículo e em todas as Situações de Aprendizagem dos Cadernos, não são citados pelos professores, assim como questões sociais que abrangem aspectos éticos, políticos e econômicos, tal como a inundação de áreas para construção de usinas hidrelétricas, por exemplo.

Referências

- Ahmad, N. J.; Che Lah, Y. (2012). Improving Students' Conceptual Understanding of a Specific Content Learning: A Designed Teaching Sequence. *Online submission*, p. 8. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED532830>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- Akahoshi, L. H. (2012). *Uma análise de materiais instrucionais com enfoque CTSA produzido por professores num curso de formação continuada*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Aikenhead, G. S. (1994). The social contract on science: implications for teaching science. In: Solomon, J; & Aikenhead, G. *STS education- international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press.
- Auler, D.; & Delizoicov, D. (2006). Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), p.337-355.
- Bardin, L. (2010). *Análise de conteúdo*. Lisboa edições 70.
- Barreto, B.S. J.; Batista, C. H.; & Cruz, M. C. (2016). Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. *Revista Química Nova na Escola*, 39(1), p. 52-58.
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Brasil. Ministério da Educação e Cultura. (2002). *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília: MEC.
- Brasil. Ministério da Educação e Cultura. (2006). *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília: MEC.
- Brasil. Ministério da Educação e Cultura. (2008). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Brasília: MEC.
- Carvalho, A. M. P; & Gil-Pérez, D. (2011). *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações* (8a ed.). São Paulo: Cortez.
- Cortez, J; & Darroz, L. M. (2017). A contextualização no ensino de Ciências na visão de professores da Educação Básica. *Revista Thema*, 14(3), p. 182-190.
- Godoy, A. S. (1995). Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de administração de empresas*, 35(2), p. 57-63.
- Hofstein, A.; Navon, O.; Kipnis, M.; & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type Chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806.



- Marcondes, M. E. R.; Akahoshi, L. H.; & Lima, V. A. (2005). Análise de mapas conceituais elaborados por professores de Química para o ensino de eletroquímica. In: *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, volume único*.
- Marcondes, M. E. R.; Souza, F. L. de; Akahoshi, L. H. (2017). Conteúdos de eletroquímica e focos de ensino evidenciados por professores de Química do Ensino Médio. In: *X Congresso internacional sobre investigación em didáctica de las ciencias, Sevilha*.
- Noronha, O. M. (2008). Pesquisa Participante: respondendo questões teórico- metodológicas. In: Fazenda, I. *Metodologia da Pesquisa Educacional* (11a ed.). São Paulo: Cortez.
- Oliveira, S.; Guimarães, O. M.; & Lorenzetti, L. (2016). O enfoque CTS e as concepções de Tecnologia de alunos do Ensino Médio. *Alexandria*, 9(2), 121-147.
- São Paulo (Estado). (2012). Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes. São Paulo: SEE.
- Silva, M. G. L.; & Núñez, I. B. (2003). Os saberes necessários aos professores de Química para a educação tecnológica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 309-330.
- Strieder, R. B. (2008). *Abordagem CTS e Ensino Médio: Espaços de Articulação*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- 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 de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Vilches, A.; & Gil-Pérez, D. (2015). Ciencia de la Sostenibilidad: ¿Una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas? *Revista Ibero-americana de Educação*, 69(1), p.39-60.