



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Matheus Bruno Santana Braga

ENSINO DE ELETROQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO
EM UMA ABORDAGEM CTS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1º/2019



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Matheus Bruno Santana Braga

**ENSINO DE ELETROQUÍMICA NO ENSINO
MÉDIO EM UMA ABORDAGEM CTS**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Ricardo Gauche

1º/2019

Agradecimentos

Estar aqui, neste momento, finalizando meu trabalho de conclusão de curso é, sem dúvidas, uma das melhores partes da minha vida. Não foram nada fáceis os caminhos que decidi percorrer para chegar até este ponto, mas me sinto orgulhoso de todo o meu esforço.

E, claro, não poderia deixar de agradecer a algumas pessoas que foram de extrema importância nesta etapa da minha vida.

Quero agradecer primeiramente à minha querida mãe, uma mulher de muita garra e com muita vontade de viver. Sua força me traz muito orgulho e renova minhas energias nos momentos difíceis. Agradeço todos os dias por você ter me escolhido e lutado por mim. Viveria infinitas vezes só para te trazer orgulho.

Ao meu amado pai, que todos os dias me ensina o que é saudade.

*“Hoje eu vou pedir desculpas pelo que eu não disse
eu até desculpo o que você falou
eu quero ver meu coração no seu sorriso
e no olho da tarde a primeira luz”*

Oswaldo Montenegro – Sem mandamentos

Acho que estou conseguindo percorrer o caminho que você esperava para mim.

Aos meus tios, Eliene Cheila e Antônio Marcos, que me incentivaram a ser homem e me mostraram como a vida pode ser boa com muito estudo e trabalho.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado quando precisei.

Minha Júlia, *you're my Wonderwall*.

Meus amigos e professores, vocês são incríveis em todos sentidos.

George Louis, meu fiel amigo que esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis e que me deu apoio para ser sempre o melhor.

Cabritos, amigos de graduação e de vida que se tornaram exemplos a serem seguidos.

Meus alunos, que me provam todos os dias como fiz a escolha certa.

Joanna De Paoli, sua paixão por ensinar Química tocou meu coração e hoje estou aqui tentando seguir os seus passos.

Stefannie Ibraim, por sua enorme paciência em sempre aceitar me ajudar nos momentos de correria. Fico feliz por ter tido a oportunidade de ter sido aluno de uma professora tão competente.

Por fim, mas não menos importante, meu orientador Ricardo Gauche. O senhor é um exemplo a ser seguido em todos os sentidos.

Obrigado.

PARA ENTENDER COMO CHEGUEI ATÉ AQUI..

Iniciei a vida profissional na área de Educação assim que entrei na Universidade de Brasília – UnB –, em agosto de 2013. Passei por diversas instituições de ensino, tanto na Educação Básica quanto nos cursinhos para vestibulares, e algo que sempre me incomodou foi a forma como era ensinado o conteúdo de Eletroquímica. Pilhas e eletrólise eram apenas teoria, e os alunos nunca conseguiam relacionar os processos estudados com a aplicação das tecnologias produzidas, para assim, utilizar o conhecimento eletroquímico em suas vidas.

Lembro-me da época em que era aluno do Ensino Médio e tive meu primeiro contato com a Química. Sempre me perguntava o motivo de tanto conteúdo e tão pouca aplicação. Questionava meus professores a todo momento sobre a necessidade de estudar tais conceitos sem ao menos ter a oportunidade de discuti-los em sala. Infelizmente, foram poucos os professores que fugiram da abordagem tradicional¹ ou que ao menos tentavam propor uma forma de ensino que não fosse apenas a replicação do que era dito nos livros.

Assim que entrei na Universidade, deparei-me com uma área de estudo que me chamou bastante atenção por ir na direção oposta a tudo o que me incomodava na Educação, a perspectiva de ensino CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade –, que teve um papel de extrema importância na minha formação. Fiz matérias, li textos, discuti com amigos e professores e participei de grupo de pesquisa na área. Essas experiências me fizeram acreditar em uma maneira de mudar o ensino de Química nas escolas, pois me interessei em ensinar Ciência, mas não como ela vem sendo ensinada. A partir do CTS, encontrei uma forma de trabalhar tecnologias dentro das salas de aula e de relacionar a produção e o consumo delas na sociedade em que vivemos. Comecei a compreender que apenas o conteúdo pelo conteúdo não causava o impacto esperado nos alunos, apesar de ser uma peça fundamental no processo de ensino. Precisava buscar novas alternativas, quebrar minha crença no cientificismo e no tecnicismo e levar para sala de aula uma forma diferente de ver a ciência.

INTRODUÇÃO

¹ A abordagem tradicional a que me refiro, vivida por mim, consiste em um ensino de conteúdos distante do cotidiano dos alunos e da sociedade, focado em memorização de detalhes de processos que, muitas vezes, se mostram desconexos com a realidade e, por isso mesmo, de difícil compreensão.

Tendo em vista a grande necessidade de consumo das tecnologias produzidas na indústria que fazem uso direto ou indireto do conhecimento científico, o presente trabalho tem como objetivo explorar o ensino de Eletroquímica desde a Educação Básica, utilizando uma abordagem CTS. Assim, buscamos trabalhar a reflexão dos alunos quanto ao funcionamento e composição de sistemas eletroquímicos e, com isso, motivar o julgamento quanto ao uso e impactos ambientais gerados pelo uso indevido das tecnologias que se relacionam com tal conteúdo.

A escolha dessa temática vem da discussão com outros professores que demonstram dificuldade em planejar aulas de Eletroquímica que façam uma contextualização com impactos ambientais e, até mesmo, que discutam como a evolução do conhecimento eletroquímico influenciou a sociedade e o seu modo de produção. Quanto à relação entre impactos ambientais e eletroquímica, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos e, com isso, estão aparecendo sugestões de caminhos a serem seguidos na sala de aula, como podemos observar no trecho abaixo:

Ao começar a discussão sobre eletroquímica no ensino médio, pode-se destacar as pilhas que são descartadas indevidamente no meio ambiente, sendo considerados tóxicos os resíduos presentes nas mesmas quando lançadas em lixões, nas margens das estradas ou terrenos baldios, comprometendo a qualidade ambiental e a vida da população. Tal discussão permite uma formação mais cidadã dos estudantes com melhor interação com as ações que estejam em sua volta. (SILVA, SILVA E AQUINO, 2014, p. 46).

Parte dessa dificuldade em trabalhar com tal conteúdo em sala de aula vem da baixa disponibilidade de materiais pedagógicos que tratam do assunto com uma abordagem mais ampla, pensando na evolução dos processos eletroquímicos e como foram fundamentais na produção de tecnologias que auxiliaram a sociedade em seu desenvolvimento.

ABORDAGEM CTS

Buscando compreender a necessidade de utilizar a perspectiva CTS na Educação Básica, podemos fazer uma pequena análise do processo histórico de mudanças no conhecimento científico e tecnológico da sociedade.

A primeira Revolução Industrial se torna um marco na relação sociedade-natureza e estabelece novas formas de produção. Esse processo, iniciado na Inglaterra na metade do século XVIII, trouxe modificações significativas na economia e na sociedade, e suas relações se tornam mais complexas a ponto de modificar inclusive o espaço geográfico. O mundo já passou por outras revoluções industriais, a última ocorreu pós Segunda Guerra Mundial e marca uma época de profunda evolução no campo tecnológico, a qual foi desencadeado por uma junção entre conhecimento científico e produção industrial (HOBSBAWM, 1981).

Quando analisamos temporalmente o que ocorreu anteriormente a essas revoluções, notamos uma estreita dependência do homem com a tecnologia e como isso se correlaciona com o desenvolvimento das sociedades de determinadas épocas. O estudo de ferramentas tecnológicas nos mostra como a sociedade se comportava em períodos como paleolítico, mesolítico e neolítico, e assim se torna possível a compreensão de como um círculo social se comportava em relação às tecnologias utilizadas (PINSKY, 2011). Segundo Silveira e Bazzo (2005),

Vivemos num mundo em que a tecnologia representa o modo de vida da sociedade atual, na qual a cibernética, a automação, a engenharia genética, a computação eletrônica são alguns dos ícones da sociedade tecnológica que nos envolve diariamente. Por isso, a necessidade de refletir sobre a natureza da tecnologia, sua necessidade e função social. (SILVEIRA E BAZZO, 2005, p. 74).

Os avanços tecnológicos mantêm uma relação estreita com as novidades no campo da ciência, que disponibiliza constantemente novos conhecimentos que são aproveitados para diversos fins. Na sociedade atual, esses conhecimentos e tecnologias costumam ser consumidos pela população na forma de bens e serviços.

A sociedade é condicionada a consumir produtos e informações da forma como a indústria impõe, sem analisar de forma crítica o que é realmente necessário para sua manutenção de vida. Por isso é de extrema importância a aplicação do ensino CTS, para que o sujeito desenvolva uma mentalidade crítica de consumo e a Ciência abandone sua submissão aos interesses do mercado (SANTOS, 2007).

A maior dificuldade enfrentada pela população é compreender que a Ciência e a Tecnologia são domínios distintos que se influenciam de forma mútua na construção de conhecimentos, e promovem modificações nas formas de vida da sociedade e que também podem ser influenciadas pela sociedade por meio de políticas públicas (FIRME, 2011; AMARAL, 2011).

Em um mundo com tamanha necessidade e influência da Ciência e da Tecnologia, faz-se necessário uma alfabetização científica nos anos escolares para que a sociedade não se torne escrava da produção industrial apenas por uma imposição pífia de consumo.

Outro aspecto relevante para a necessidade da abordagem CTS é o impacto ambiental decorrente das novas formas de produção determinadas pela Primeira Revolução Industrial. A crescente preocupação com as questões ambientais é decorrente tanto das consequências visíveis e vividas pela sociedade quanto pelos inúmeros estudos científicos relativos ao impacto humano na natureza (VILCHES, GIL-PÉREZ E PRAIA, 2011).

Com o agravamento dos problemas sociais e ambientais e diante das discussões sobre a utilização do conhecimento científico e o seu papel no desenvolvimento da sociedade, cresce no mundo inteiro um movimento que busca refletir criticamente sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade dentro da sala de aula (SANTOS, 2008).

Diante de todo esse contexto, sentimos a necessidade de explorar a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e de levar a discussão para dentro das salas de aula, para que o processo de ensino e aprendizagem sofra uma descentralização de poder. Com isso, os alunos passam a participar mais do processo de ensino-aprendizagem, tendo o professor como mediador no processo. Nesse cenário, entra a perspectiva CTS, que tem como objetivo central

[...] promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões da ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões. (SANTOS, 2007, p. 2).

O ensino CTS na Educação Básica mostra-se indispensável quando observamos a influência do cientificismo nas sociedades, que agora trata a Ciência como uma divindade

inquestionável de salvação e progresso. Hoje, a Ciência e a Tecnologia tomaram certo lugar em que o homem precisa se adequar às necessidades de produção. O consumismo se tornou um ponto decisivo em como a Ciência deve ser utilizada e desenvolvida (SANTOS, 2002).

Na perspectiva do ensino CTS, o estudante deve, ao final do seu Ensino Médio, ter a capacidade de relacionar a Ciência com suas aplicações tecnológicas e de perceber como as duas influenciam a sociedade em que vivem. É necessário abordar as implicações sociais e éticas do uso das tecnologias e compreender a natureza do trabalho científico (AULER, 1998).

A sala de aula deve ser um local de discussões e de atividades que estimulem o aluno a pensar sobre as relações do conteúdo com seu contexto social, e o professor se torna obrigado a preparar-se para tais discussões, mas para isso é indispensável materiais de estudo que auxiliem a vida do profissional.

Entender as relações propostas pela abordagem CTS é indispensável para que o professor esteja preparado para trabalhar o conteúdo em sala de aula. O quadro a seguir (Quadro 1) ilustra essas relações e oferece perspectivas diferentes para o trabalho em sala de aula. Ao escolher o ensino CTS, o professor pode focar em um ou mais desses aspectos, levando os alunos à reflexão quanto à influência mútua que existe entre ciência, tecnologia e sociedade.

Tabela 1. Aspectos da abordagem CTS (SANTOS E MORTIMER, 2002, p.11)

Aspectos da abordagem CTS	
Aspectos de CTS	Esclarecimentos
1. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
2. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia sobremaneira o estilo de vida desse grupo.
3. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
4. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas pode influenciar a maneira como as

	<p>peças pensam sobre si próprias e sobre problemas e soluções.</p>
<p>5. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia</p>	<p>Pressões públicas e privadas podem influenciar a direção em que os problemas são resolvidos e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.</p>
<p>6. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência</p>	<p>A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.</p>

Trabalhar a abordagem CTS em sala favorece na formação do cidadão como uma pessoa ativa na sociedade e com capacidade de tomar decisões conscientes que buscam melhorar o espaço de vivência para todos (SANTOS E SCHNETZLER, 2003). Dessa forma, construímos uma sociedade menos desigual, em que a classe mais pobre tenha a oportunidade de desfrutar dos progressos científicos e tecnológicos.

Alfabetizar os alunos cientificamente é uma prática social que implica a participação ativa do indivíduo na sociedade. Assim, mesmo grupos minoritários que geralmente são discriminados seja por raça, sexo ou gênero, teriam condições de atuar de forma mais significativa nas decisões sobre o uso do conhecimento científico (SANTOS, 2007).

Se faz necessário lutar contra uma Educação em que o professor apenas tenta transmitir um certo conhecimento científico sem pensar nas condições sociais de seus alunos ou até mesmo nos outros tipos de conhecimentos já existentes em suas vidas. O professor se torna apenas um repetidor de conhecimentos encontrados em livros didáticos e não consegue relacionar as implicações sociais, econômicas e ambientais geradas pelo desenvolvimento científico e tecnológico. Para isso, segundo Gauche (2011), se faz necessário entender que:

Nossos alunos, da Educação Infantil ao Ensino Superior, não são gravadores nem papagaios. Muito menos tábulas rasas. São potenciais cidadãos que transformarão as relações sociais, gerando condições dignas de vida e ampliação de oportunidades de crescimento pessoal e coletivo, quiçá eliminando injustiças e consolidando novas perspectivas

de convivência fraterna e inclusão social, por meio do desenvolvimento e da consideração das potencialidades humanas. (GAUCHE, 2011, p. 156)

ELETROQUÍMICA

O assunto de Eletroquímica no Ensino Médio é um item de estudo indispensável nas salas de aula por ser um tópico da Química presente em diversos materiais e processos do nosso dia a dia, como pilhas, processos industriais para obtenção de metais ou recobrimento de peças metálicas e, até mesmo, eletricidade. Esta seção a respeito de Eletroquímica será dividida em três partes: a primeira diz respeito à história das pilhas, a segunda trata sobre o descarte inadequado das pilhas e a terceira refere-se ao Ensino de Eletroquímica.

Contexto histórico

Acredita-se que o uso de pilhas tenha começado há pelo menos 2000 anos. Essa crença foi reforçada com a descoberta de um instrumento em um túmulo de Bagdá, no Iraque (figura 1), datada desse período. O sistema era constituído de um jarro cujo centro continha uma barra de ferro envolta por uma chapa de cobre. Após essa descoberta, foram realizados alguns experimentos replicando o mesmo sistema e estes produziram de 1,5V até 2,0V (GALIZA *et al.*, 2014).



Figura 1. Pilha de Bagdá (CARVALHO, CALDAS e FACCIN, 2013)

Analisando por uma perspectiva histórica, o homem, ao longo de muitos anos, já havia observado o caráter elétrico da matéria. Tales de Mileto (625-550 a.C.), ainda na Grécia Antiga, percebeu que, ao friccionar âmbar em tecidos de seda, o âmbar conseguiria atrair pequenos fragmentos metálicos. No século XVII, Luigi Galvani propôs que a eletricidade era de origem animal, fazendo experimentos com músculos e células nervosas de rãs. Em 1792, Alexandre Volta repetiu o experimento feito por Galvani e propôs outra explicação para a origem da eletricidade. Volta começou a considerar que a eletricidade tinha origem externa à rã e que os metais utilizados no experimento eram a causa dos choques elétricos que contraíam a musculatura do animal (PATROCÍNIO, MORADILLO E PINHEIRO, 2016). Volta, então, propôs um novo modelo de pilha, empilhando discos de diferentes metais separados por um tecido embebido por uma solução salina (figura 2).



Figura 2. Pilha de Volta. Fonte: <https://def.fe.up.pt/eletricidade/corrente.html>.

Em 1866, George Leclanché desenvolveu a pilha seca, também denominada pilha de zinco-carbono (figura 3). O sistema era formado por uma placa de zinco, bastão de grafite inserido em um tubo poroso contendo carbono em pó, dióxido de manganês (MnO_2) e uma solução de cloreto de amônio. A pilha de Leclanché representa um desenvolvimento na aplicabilidade de pilhas em aparelhos eletrônicos. Apesar de sua popularidade, essa pilha demonstra um sério problema quanto às reações paralelas, que

ocorrem quando armazenadas ou até mesmo quando passam muito tempo sem sofrer descargas, ocasionando vazamentos de materiais. Hoje seu uso se encontra em declínio por causa de sua baixa vida útil, diminuição de desempenho ao serem utilizadas em temperaturas diferentes da faixa ideal de 20-40 °C e por não serem adequadas ao alto consumo (SILVA *et al.*, 2011).

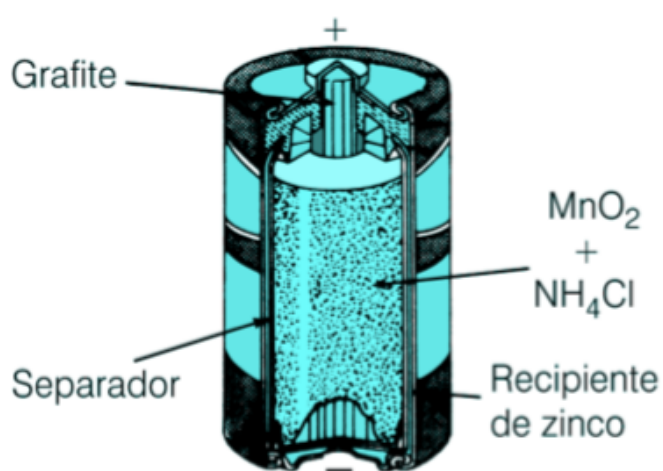


Figura 3. Pilha seca de Leclanché (BOCCHI, FERRACIN E BIAGGIO, 2000).

A pilha alcalina é uma modificação da pilha de zinco e dióxido de manganês. Utilizam-se os mesmos eletrodos, mas o eletrólito é uma solução aquosa de hidróxido de potássio – por isso o nome: alcalina – e óxido de manganês. Além disso, a pilha é recoberta por uma chapa de aço para garantir melhor sua vedação e evitar o vazamento de matérias como ocorre na pilha de Leclanché (figura 4). A primeira versão foi fabricada em 1882, produzida com solução aquosa, mas só em 1949 passou a ser produzida com eletrólito na forma pastosa. Seu desempenho é bem superior à pilha seca, sua capacidade de descarga é cerca de 4 vezes maior, além de não apresentar reações paralelas, podendo ser armazenada sem a preocupação de vazamento. Outro ponto fundamental para seu uso é não apresentar metais tóxicos como mercúrio, cádmio e chumbo, o que representa menor perigo ambiental (SILVA *et al.*, 2011).



Figura 4. Pilha de zinco/dióxido de manganês (alcalina) (BOCCHI, FERRACIN e BIAGGIO, 2000).

Um das baterias secundárias mais utilizadas no mercado nacional é a bateria de chumbo/óxido de chumbo. Esse tipo de bateria é utilizado, principalmente, em aplicações que requerem alta potência. A bateria de chumbo/óxido de chumbo apresenta uma característica pouco usual: utilizar, em ambos os eletrodos, o mesmo elemento químico, o chumbo. Foi um sistema inventado em 1859 pelo físico francês Raymond Gaston Planté, que construiu o primeiro sistema recarregável, servindo como base para baterias secundárias de chumbo/ácido até hoje (BOCCHI, FERRACIN E BIAGGIO, 2000).

Esse tipo de bateria tem utilização em automóveis e indústrias. Nos automóveis, é utilizada para alimentar o sistema de partidas, iluminação e ignição. Já nas indústrias, as baterias secundárias exercem diversos papéis, como tracionar motores de veículos elétricos e alimentar computadores e luzes de emergência. Por apresentarem em sua composição o chumbo, metal pesado e tóxico, podem apresentar grande risco à saúde. Os próprios fabricantes fazem seu recolhimento para que possam recuperar o chumbo contido dentro delas, já que o Brasil não apresenta reservas desse metal (BOCCHI, FERRACIN E BIAGGIO, 2000).

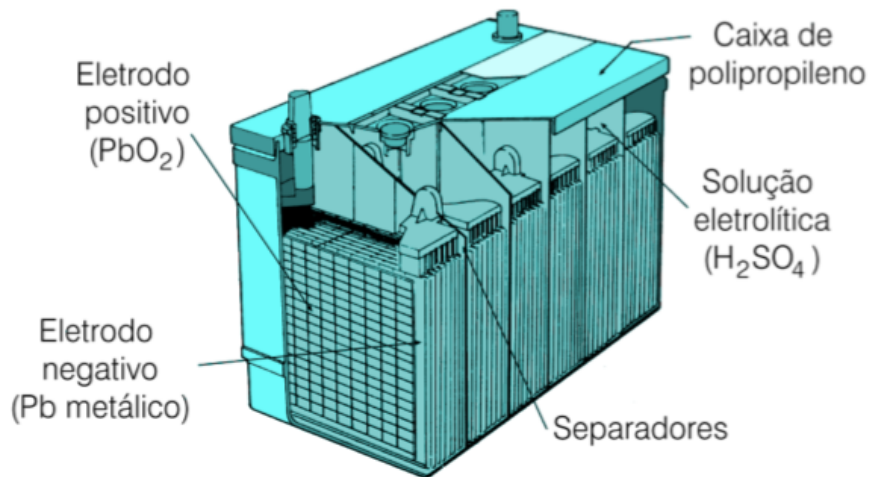


Figura 5. Bateria de chumbo/óxido de chumbo (BOCCHI, FERRACIN E BIAGGIO, 2000).

As baterias de íons lítio são assim chamadas por utilizarem apenas íons de lítio em vez do lítio metálico. Os íons estão presentes no eletrólito, na forma de sais de lítio dissolvidos em solventes não aquosos. O processo de descarga ocorre quando os íons lítio migram do interior do material que compõe o ânodo até dentro do material do cátodo e os elétrons se movimentam através do circuito externo (BOCCHI, FERRACIN E BIAGGIO, 2000). Esse processo pode ser visto na figura 6.

Em seu interior, a bateria é formada geralmente pelo ânodo de grafite, e no cátodo algum tipo de óxido de lítio, sendo o óxido de cobalto litiado o mais utilizado. Esse tipo de bateria, presente em aparelhos telefônicos, apresenta menor risco ambiental que as de níquel/cádmio, mas não devemos nos descuidar do descarte apropriado (BOCCHI, FERRACIN E BIAGGIO, 2000).

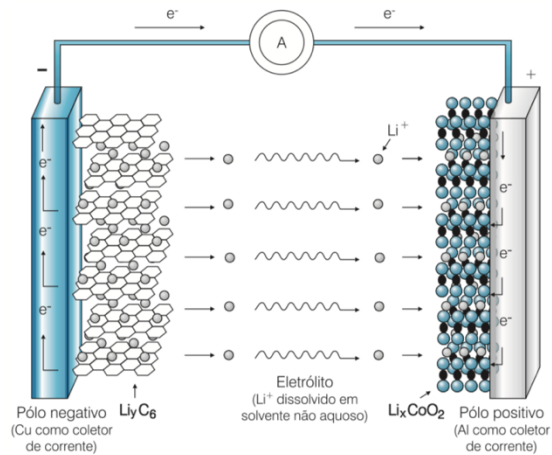


Figura 6. Bateria de chumbo/óxido de chumbo (BOCCHI, FERRACIN e BIAGGIO, 2000)

QUESTÕES AMBIENTAIS

Nas últimas décadas, vem acontecendo um extraordinário desenvolvimento no setor da indústria eletrônica, principalmente no setor de aparelhos eletrônicos que fazem uso de pilhas e baterias, o que aumenta o seu consumo. Entretanto, esse desenvolvimento tecnológico vem provocando preocupações ambientais, já que o descarte inadequado pode provocar a poluição de rios e solos, e ainda gera grande quantidade de resíduos. Por isso são necessárias políticas públicas que controlem o uso e o descarte, evitando, assim, maiores impactos ambientais.

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a ter uma legislação para pilhas e baterias usadas: a Resolução 257/99 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Ao longo de 2000, os teores máximos admitidos para Hg, Cd e Pb nas pilhas alcalinas e Zn-C eram, respectivamente: 0,025; 0,025 e 0,400% m/m, para que elas pudessem ser destinadas a aterros sanitários licenciados, seguindo assim a portaria 91/157/CE. A partir de 1º de janeiro de 2001, os limites para os três metais supracitados foram reduzidos para, respectivamente, 0,010; 0,015 e 0,200% m/m. Em novembro de 2008, após quatro anos de discussões, foi publicada a nova Resolução 401/2008, que entrou em vigor em 1º de julho de 2009. Ela prevê limites muito mais rígidos se comparada à Resolução anterior; os teores máximos admitidos de Hg, Cd e Pb foram reduzidos por um fator de 20, 15 e 2, respectivamente. Os novos limites equiparam-se àqueles estabelecidos pela Comunidade Europeia em 2006 (Portaria 2006/66/CE, que entrou em vigor em 26 de setembro daquele ano), exceto no caso do chumbo, que foi proibido na Europa. Fabricantes e importadores devem implementar sistemas de coleta, transporte, armazenamento, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final, mecanismos que são precários ou inexistentes, para as pilhas alcalinas e Zn-C. A redução ou mesmo banimento dos elementos químicos citados nas Resoluções 257/99 e 401/2008 na formulação das pilhas implica no desenvolvimento de novas tecnologias para as gerações mais recentes desses produtos. (SILVA et al., 2011, p. 813).

Um dos inúmeros problemas ambientais enfrentados hoje pela humanidade é o lixo eletrônico, resultado direto do aumento no consumo de equipamento eletrônicos pelo consumidor, que se preocupa sobretudo em satisfazer suas necessidades imediatas de consumo por produtos que visam melhorar sua qualidade de vida (OLIVEIRA, GOMES E AFONSO, 2010).

Desde o fim da década passada, a natureza vem apresentando respostas negativas diante das ações incontroladas da humanidade em sua busca desenfreada por crescimento econômico. Assim, cresce a necessidade de refletir sobre nossa relação com o meio ambiente, buscando alternativas de desenvolvimento sustentável e limpo (CANESIN, SILVA E LATINI, 2010).

No Brasil, a questão ambiental surge como uma alternativa de conscientização da população e foi institucionalizada pela lei no 9.795 de 27 de abril de 1999 e regulamentada pelo Decreto no 4.281, de 25 de junho de 2002. Dessa forma, educação ambiental passa a ter um papel fundamental nas escolas, que vem com o objetivo de conscientizar os estudantes quanto à conservação do meio ambiente (WUILLDA *et al.*, 2017).

A educação ambiental vem sendo abordada nos currículos do ensino básico e do ensino médio e passou a ser considerada peça chave para a inclusão da temática ambiental nas escolas devido à grande urgência de se tratar sobre esses assuntos de problemas ambientais que impactam na sociedade (WUILLDA *et al.*, 2017).

Abordar o assunto nas salas de aula se torna extremamente importante pois está diretamente relacionado com a formação de uma sociedade consciente em relação às questões ambientais.

O reconhecimento do papel transformador e emancipatório da Educação Ambiental torna-se cada vez mais visível diante do atual contexto nacional e mundial em que a preocupação com as mudanças climáticas, a degradação da natureza, a redução da biodiversidade, os riscos socioambientais locais e globais, as necessidades planetárias evidencia-se na prática social (BRASIL, 2012).

O ensino de química vem como peça chave para contribuir com essa abordagem, a tornando crítica, uma vez que o conhecimento químico tem papel de extrema

importância na compreensão do meio ambiente e nas suas transformações, como se afirma a seguir:

A partir de um bom aprendizado de Química, o aluno pode tornar-se um cidadão com melhores condições de analisar mais criticamente situações do cotidiano. Pode, por exemplo, colaborar em campanhas de preservação do meio ambiente, solicitar equipamentos de proteção em sua área de trabalho, evitar exposição a agentes tóxicos etc. Pode, portanto, ser um cidadão capaz de interagir de forma mais consciente com o mundo (SANTOS E SCHNETZLER *apud* WUILLDA *et al.*, 2017).

Os alunos na Educação Básica não conseguem enxergar a importância de se tratar esses assuntos em sala, mas não podemos culpa-los. Existe uma distância enorme entre o ensino de química nas salas de aula e o que ele vivencia no seu cotidiano. Como temos um ensino de metodologia tradicional, voltado para a memorização de equações e fórmulas, resolução de exercícios, regras de nomenclaturas para compostos orgânicos e inorgânicos, e isso diminui o interesse dos alunos pela matéria (MARIA *et al.*, 2002).

A química em sala de aula deve auxiliar os alunos na compreensão de conceitos que ajudem em uma releitura de mundo, possibilitando a inserção desses alunos em um mundo que integre sociedade e ambiente. Pensando assim, o professor exerce o papel de mediador entre a importância do meio ambiente e os conteúdos de química trabalhados em sala. Boas práticas docentes fornecem subsídios para transformações dos alunos (CANESIN, SILVA E LATINI, 2010).

Desta forma, o profissional da educação deve estar preparado para articular o conhecimento científico com os conhecimentos prévios dos alunos, possibilitando, assim, aos estudantes, uma nova visão da relação entre a sociedade e o meio em que vive (CANESIN, SILVA E LATINI, 2010).

Ensino de Eletroquímica

A conversão de energia química em energia elétrica também pode ser explorada pelos professores na Educação Básica ilustrando vários conceitos da área de Química e de Física que, embora façam parte da vida de muitas pessoas, nem sempre são de fácil

percepção por parte do estudante, o que gera um abismo entre o conceito e a aplicação (SANTIN FILHO *et al.*, 2000).

A pilha comumente trabalhada pelos livros didáticos é a pilha de Daniell (figura 7). Formada por um cátodo de cobre e um ânodo de zinco mergulhados em soluções eletrolíticas e separadas em dois compartimentos, fornece uma DDP de 1,10V em condições padrões. Geralmente, é proposta pelos professores em sala de aula, que aproveitam da facilidade de montá-las para explicar processos oxirredutivos, espontaneidade, deposição e corrosão de eletrodos. A figura 7,

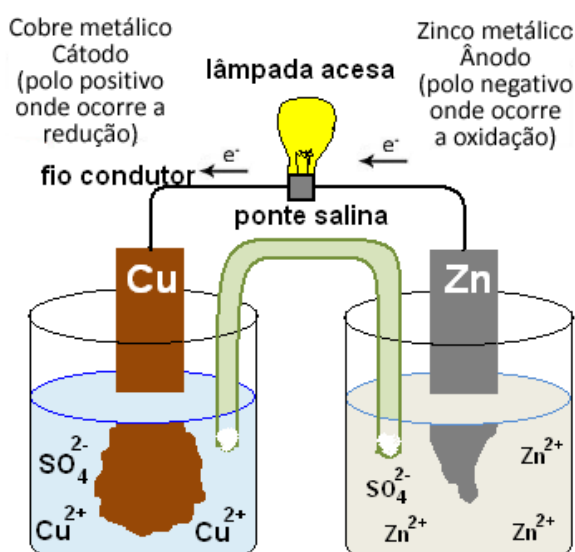


Figura 7. Pilha de Daniell. Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/pilha-daniell.htm>.

Infelizmente, é um conteúdo complexo e os alunos acabam tendo dificuldades em compreender os conceitos necessários para o processo descrito. A tabela 2 apresenta algumas dessas dificuldades, levantadas por um estudo de 2012.

Tabela 2. Dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas geradas no estudo de Eletroquímica (FREIRE, SILVA JÚNIOR E SILVA, 2012, p.183)

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, FURIÓ e MANS, 1988).
	Os processos de oxidação e redução podem ocorrer independentemente (CAAMAÑO, 2007).
Pilhas	Identificar o anodo e o catodo (SANGER e GREENBOWE, 1997).
	Em uma pilha a ponte salina proporciona elétrons para completar o circuito (CAAMAÑO, 2007; SANGER e GREENBOWE, 1997, LIN et al., 2002).
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 e GREENBOWE, 1997)

METODOLOGIA

O presente trabalho tem como objetivo fornecer ideias de atividades complementares para os professores da Educação Básica que desejam fugir do ensino tradicional composto por aulas expositivas. A ideia é que sirvam como um suporte para a aplicação de práticas diferentes voltadas para o entendimento da relação entre o conteúdo e a tecnologia a ele associada e também, a sua aplicação na sociedade.

No entanto, é importante esclarecer que as atividades não funcionarão como uma sequência didática, mas como propostas adicionais relativas aos diversos conteúdos de Eletroquímica. Essas atividades devem ser avaliadas pelo professor antes de sua aplicação, ou até mesmo modificadas conforme as intenções do profissional.

As atividades foram formuladas pensando nos três propósitos educacionais CTS abordados por STRIEDER e KAWAMURA (2017), as percepções entre o conhecimento

científico escolar e o contexto do aluno, os questionamentos sobre situações sociais relacionados a cidadania e os compromissos sociais diante de problemas ainda não estabelecidos. Esses propósitos são entendidos como formas complementares para a educação científica e buscam mudanças no processo de ensino-aprendizagem de Ciências.

Cada proposta de atividade apresenta o conteúdo necessário para que o aluno compreenda o funcionamento das células eletroquímicas e ainda vá além disso, empregando o conhecimento adquirido em análises sobre os impactos sociais e ambientais causados pelo uso dessa tecnologia.

Atividades propostas

Essas atividades têm como objetivo geral identificar e compreender os conhecimentos prévios e posteriores dos alunos sobre os conteúdos abordados nas atividades. Buscamos, com isso despertar maior interesse dos estudantes em adquirir conhecimentos sobre a Eletroquímica e, ao mesmo tempo, incitar neles a compreensão da necessidade de se estudar tal conteúdo.

Atividade 1: Pilhas feitas com materiais de baixo custo

Pergunta geradora: é possível montar um sistema que produza energia elétrica de baixo custo?

O objetivo principal da atividade é introduzir o conteúdo de eletroquímica, além de apresentar modelos de pilhas feitas com frutas e verduras consumidas pelos alunos no dia a dia.

Esta atividade evidencia a presença da ciência na rotina da sociedade ao criar sistemas eletroquímicos a partir de materiais do cotidiano que produzam corrente elétrica, a mesma utilizada no dia a dia para fazer funcionar aparelhos eletrônicos de nossas casas.

Para a realização dessa atividade, é imprescindível que o professor leve para a sala de aula os materiais descritos no anexo I e as instruções para a realização da atividade impressas para cada grupo. Isso irá facilitar o acompanhamento dos alunos durante a explicação do experimento. Vale ressaltar, mais uma vez, que o professor poderá modificar os materiais utilizados conforme sua necessidade.

O ponto interessante da atividade é permitir que os alunos possam modificar o circuito de diversas formas, conforme sua curiosidade, para avaliar se ocorre alteração na DDP gerada, promovendo, assim, uma discussão dos motivos para essas alterações. O experimento deve instigar os alunos a ponderar acerca das espécies químicas que se encontram no sistema e que são capazes de sofrer transformações que geram corrente elétrica.

Ao final, é interessante que o professor ligue uma calculadora simples a um dos sistemas feitos de batata para que os alunos possam visualizar a produção de corrente elétrica e como ela pode ser aproveitada.

Algumas perguntas podem ser feitas pelo professor após a realização dos experimentos, como, por exemplo:

- 1) Existem outros alimentos que poderiam ser utilizados no processo?
- 2) Alterando o circuito, é possível gerar DDP?
- 3) É visível alguma alteração no alimento durante o experimento?
- 4) É possível ligar um aparelho eletrônico com essa pilha?

Atividade 2: Lixo eletrônico

Esta atividade tem o objetivo de conscientizar os alunos quanto ao aumento de lixo eletrônico na sociedade atual e o que pode ser feito para modificar essa situação. Hoje um dos grandes problemas enfrentados pela humanidade é o consumo exagerado de material eletrônico. Com o avanço da indústria de informação, o consumidor busca informações em tempo real, o que gera uma constante busca por novas tecnologias que proporcionam maiores oportunidades e benefícios (OLIVEIRA, GOMES e AFONSO, 2010). Celulares, televisões e computadores são os principais produtos de consumo para quem busca interagir a todo momento com o mundo de forma rápida. A todo momento, a indústria vem fornecendo novas tecnologias, mais rápidas, com melhores baterias e com designs inovadores.

A primeira etapa dessa atividade consiste em descobrir onde há recolhimento de lixo eletrônico na cidade dos alunos. Esse levantamento pode ser feito pelo professor ou

pelos próprios alunos. A segunda opção torna a atividade ainda mais efetiva porque estimula o envolvimento dos estudantes desde o início do projeto.

Assim, será proposto um projeto em grupo em que cada um deles deverá estabelecer um local perto da entrada de sua escola para recolhimento de lixo eletrônico. A divisão do tipo de lixo recolhido por cada grupo poderá ser feita por tamanho ou tipo de produto, por exemplo: celulares, pilhas, baterias, partes de computadores, entre outros.

Um trabalho de conscientização deverá ser feito por cada grupo nas salas de aula da escola, levando à reflexão de toda a comunidade escolar sobre o problema do lixo eletrônico. Obviamente, o momento deverá ser aproveitado para explicar o projeto e como será feita a divisão de recolhimento do lixo trazido pelos estudantes.

No anexo II, localiza-se uma tabela com as principais substâncias encontradas em materiais eletrônicos. O professor, após alguns dias de recolhimento, poderá apresentar essa tabela para os alunos, mostrando cada substância, onde encontrá-las e seus riscos para a saúde.

No anexo III, há uma tabela com os “Dicas para se tornar um bom usuário de tecnologias”, que traz algumas informações sobre como podemos utilizar equipamentos eletrônicos de forma consciente.

O professor deve fornecer para os alunos informações de como e onde descartar esse tipo de material e, como atividade final do projeto, os alunos deverão produzir cartazes explicando os detalhes da coleta de lixo eletrônico e colocá-los nos murais da escola, para que sirvam como informativo para todos os outros estudantes.

Atividade 3: Impactos ambientais no descarte de pilhas

Essa atividade tem como objetivo conscientizar os estudantes a respeito dos impactos ambientais gerados pelo descarte irrefletido de pilhas, contextualizado no Princípio dos Três Erres (3 R's) – reduzir, reutilizar e reciclar. Pensar na forma como consumimos é um fator crucial para diminuir a agressão ao meio ambiente, e isso está ligado diretamente à prevenção e à não-geração de resíduos, padrão de consumo sustentável que visa poupar recursos naturais e conter desperdícios (BRASIL, 2005).

Para subsidiar os debates a respeito do tema, o professor deve exibir o vídeo “Não fique pilhado” e solicitar aos alunos que anotem todos os pontos expostos que lhes pareçam errados. Logo em seguida, pode-se dar início à discussão da questão do

consumismo de produtos eletrônicos e dos impactos ambientais causados pelo descarte inapropriado de pilhas.

Como base para as discussões que irão ocorrer em sala, é sugerida a leitura do texto “Tema em foco: Descarte de pilhas e baterias” (Anexo IV), retirado do livro didático Química & Sociedade, do PEQUIS (Projeto de Ensino de Química e Sociedade) (PEQUIS, 2011), que apresenta uma discussão sobre os perigos causados pelo descarte inapropriado desse tipo de lixo (ABREU E MACHADO, 2014).

Como forma de avaliação, o professor poderá propor à turma a produção de vídeos em que os alunos farão uma reportagem investigativa sobre o lixo eletrônico doméstico, mostrando como pilhas e baterias são descartadas em suas casas ou de seus familiares e amigos.

Atividade 4: Corrosão de metais e impactos no desenvolvimento tecnológico

Desde os primeiros anos da humanidade, os metais tiveram papel fundamental nas sociedades que cresceram cultural, social e economicamente. Logo cedo, o homem compreendeu que o seu uso se fazia necessário para desenvolver outras técnicas. Com essa importância dos metais, nascia assim a metalurgia, ciência que se ocupava da produção de metais e suas adequações quanto ao uso. Infelizmente, os metais apresentavam um problema que afetava negativamente seu uso: o desgaste por corrosão (RODRÍGUEZ, 2015).

Diferentes métodos foram criados ao longo do tempo para diminuir ou atenuar os efeitos da corrosão, porém não é possível barrar o processo, mas apenas diminuir a sua velocidade. Atualmente existem vários métodos utilizados na indústria que buscam minimizar os problemas originados pela corrosão, um deles são as tinturas especiais feitas para criar uma camada protetora por cima de materiais metálicos (RODRÍGUEZ, 2015).

A atividade está relacionada com uma experimentação que traz o processo de oxirredução, agente causador da corrosão em metais. No anexo V é apresentado um texto auxiliar para que o professor comece a discussão a respeito da corrosão de metais com os alunos dentro de sala. Seria interessante que a leitura fosse feita junto com a turma e que, durante o processo, o professor fosse apontando onde está a relevância de se evitar o desgaste de equipamentos por corrosão.

Após a discussão a respeito do assunto, o professor pode realizar um experimento como o sugerido no anexo VI para demonstrar como ocorre o processo de corrosão por oxirredução de uma peça de ferro metálico.

Atividade 5: Desmontando uma pilha seca de zinco-carbono

Essa atividade experimental vem com o objetivo de mostrar na prática quais são os componentes que formam uma pilha seca de zinco-carbono e suas toxicidades. Para isso, os alunos irão desmontar pilhas usadas com o auxílio do professor.

As pilhas analisadas são constituídas de uma parte externa feita de zinco, envolvida por um papel plastificado. Essa parte externa protege a pilha de umidade e facilita a conservação. O corpo da pilha possui uma pasta escura e úmida de cloreto de amônio (NH_4Cl) e cloreto de zinco (ZnCl_2). A pasta entra em contato com uma mistura de dióxido de manganês (MnO_2) e pó de grafita que fica envolta de um bastão de grafita, que fica no centro da pilha.

O acúmulo de gás hidrogênio formado naturalmente no interior da pilha pode entrar em combustão devido a uma série de fatores. Após a explosão, essas pilhas liberam um líquido marrom, que é uma mistura de materiais internos. Alguns fatores que podem potencializar o fenômeno estão descritos no anexo VII.

Para finalizar a atividade, o professor pode pedir a confecção de uma tabela que descreva todos os componentes das pilhas observados após o processo de desmontagem. Outra opção é iniciar, na sala de aula, uma discussão a respeito do uso das pilhas no cotidiano, iniciada a partir de questões simples como:

- 1) Do ponto de vista químico, qual é a causa do vazamento de pilhas?
- 2) Como os vazamentos de pilhas podem ser evitados?
- 3) Quais são os principais minérios utilizados na fabricação das pilhas?
- 4) Será que existem conflitos associados às minas extrativistas desses minérios?
- 5) Os componentes das pilhas são recicláveis ou reutilizáveis?

Atividade 6: Células combustíveis – Uma alternativa sustentável

Atividade baseada no trabalho de VILLULLAS, TICIANELLI E GANZÁLEZ (2002).

Essa atividade traz a proposta de discutir o desenvolvimento de células combustíveis como fonte de energia sustentável, renovável e limpa. O conteúdo sugerido poderá ser trabalhado em conjunto com professores da área de geografia, e após toda discussão gerada nas duas aulas serão estabelecidos dois grupos que realizarão um júri simulado. O professor guiará a discussão dividindo os grupos em geração de energia renovável e outro para geração de energia não renovável, e cada grupo deve realizar um trabalho escrito para ser entregue ao professor. O trabalho deverá conter uma pesquisa sobre o tipo de energia que o grupo está defendendo e como elas são geradas e impactos positivos e negativos nessa geração.

Sugiro a leitura do material de apoio fornecido abaixo como forma de recomendação para discussões que devem preceder o júri simulado.

O desenvolvimento econômico e social de qualquer país está ligado diretamente a sua produção energética. Quando falamos em geração de energia, sempre pensamos em grandes usinas hidroelétricas ou nucleares, mas existem outras formas de produzir energia que são de extrema importância para a sociedade: as pilhas e baterias.

Essa produção energética vem auxiliando a modernização da humanidade, que a cada dia aumenta o uso de equipamentos eletrônicos portáteis que requerem maior capacidade de armazenamento de energia visando ao seu uso prolongado. Esse avanço traz consigo uma preocupação bastante evidente nos últimos anos, o prejuízo ambiental.

Felizmente, o avanço científico e tecnológico vem trazendo uma nova tecnologia de geração de energia limpa utilizada em veículos automotivos e casas: as células combustíveis, dispositivos que produzem energia elétrica a partir de reações químicas sem causar danos ao ambiente.

As células combustíveis também são células galvânicas, que produzem energia elétrica a partir da energia de Gibbs de uma reação química. Atualmente, o único combustível que produz corrente útil é o hidrogênio, apesar de existirem outras células com diferentes combustíveis, mas com produção baixa de energia.

Tabela 3. Tipos de células e suas especificações (VILLULLAS, TICIANELLI E GANZÁLEZ, 2002).

Tipo de célula	Eletrólito e espécie que transporta a carga	Temperatura de operação / °C	Reações
Ácido fosfórico (PAFC)	H_3PO_4 (90-100%) (H^+)	160-220	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ $1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
Alcalina (AFC)	KOH (30-50%) (OH^-)	<100	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ $1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$
Eletrólito polimérico (PEFC)	membrana de Nafion® (H^+)	60-120	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ $1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
Metanol direto (DMFC)	membrana de Nafion® (H^+)	60-120	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^-$ $3/2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}$
Óxido sólido (SOFC)	ZrO_2 (O^{2-})	800-1000	$\text{H}_2 + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ $1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}^{2-}$
Carbonato fundido (MCFC)	Li_2CO_3 / K_2CO_3 (CO_3^{2-})	600-800	$\text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$ $1/2\text{O}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-}$

Apesar de as células combustíveis terem sido inventadas no século passado, demorou alguns anos até que sua utilização fosse viável. Alguns programas espaciais norte americanos famosos já fizeram uso dessas células como o Apollo, Gemini e ônibus espaciais. Ultimamente elas vêm sendo adaptadas para veículos automotivos, e isso se deve à preocupação com a escassez de combustíveis fósseis. Devido a sua elevada eficiência, essas células podem ser utilizadas em locais remotos onde há dificuldade de transporte de combustíveis. Outra forma de utilização é para aquecimento de casas por sua geração de energia térmica no processo de funcionamento que gera energia elétrica para a própria residência.

Com isso, percebemos a importância no investimento desse tipo de geração de energia, que surge como uma alternativa aos combustíveis fósseis que, além de não renováveis, geram grande impacto ambiental. Fica evidente a influência da sociedade sobre o desenvolvimento científico e tecnológico quando percebemos que a alocação de recursos define o crescimento ou não dessas novas áreas.

Os professores de química e geografia podem trabalhar de forma conjunta esse tema na área de matrizes energéticas, tanto em uma visão nacional quanto global. É possível associar os conteúdos das duas matérias pensando na matriz elétrica brasileira, que é mais renovável que a matriz energética por conta da grande produção de energia elétrica a partir de usinas hidrelétricas, como se observa no gráfico abaixo:

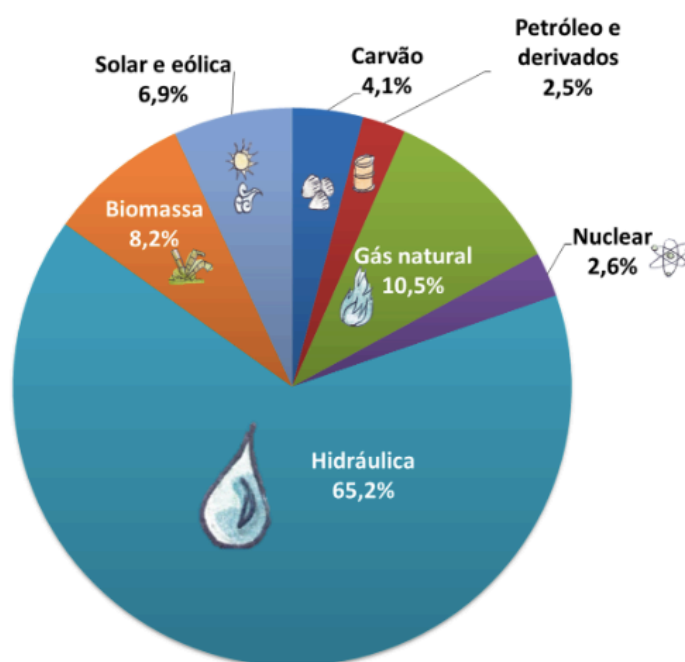


Figura 8. Matriz elétrica brasileira em 2017 (EPE, 2019).

Outra discussão bastante relevante gira em torno dos impactos ambientais e sociais causados pela má distribuição da matriz elétrica no Brasil. No anexo VIII o professor poderá encontrar uma reportagem que discute os impactos ocasionados pela construção de usinas hidrelétricas.

Alguns pontos a serem discutidos sobre o tema:

- 1) O que é uma célula combustível?
- 2) De que forma esse sistema gera energia elétrica?
- 3) Essas células combustíveis são uma saída renovável para a produção energética mundial?
- 4) Qual a necessidade de se investir nessa forma de produção de energia?
- 5) Qual a principal forma de produção energética no Brasil e por que tanto investimento nessa área?
- 6) Existem impactos ocasionados pela má distribuição da matriz energética brasileira?
- 7) Por que o governo não busca investir em fontes de energia renováveis?

Atividade 7: Contexto histórico da Eletroquímica

Essa atividade tem como objetivo possibilitar a vivência, por parte dos alunos, do progresso da ciência no estudo da Eletroquímica. Para isso, o professor deverá dividir a turma em grupos, que poderão escolher entre dois tipos de produção diferentes: uma peça ou uma história em quadrinhos.

Qualquer que seja a produção escolhida pelo grupo, deverá conter os seguintes personagens da história da Eletroquímica:

- Desconhecido criador da Pilha de Bagdá
- Tales de Mileto (Caráter elétrico da matéria)
- Luigi Galvani (Eletricidade de origem animal)
- Alexandre Volta (Pilha de Volta)
- Gaston Planté (Bateria de Chumbo-ácido)
- Carl Gassner (Pilha Seca)
- Waldemar Jungner (Pilha Alcalina)
- George Leclanché (Pilha de Leclanché)
- John Frederic Daniell (Pilha de Daniel)

Obviamente, os cientistas elencados não conviveram na vida real, pois são de épocas completamente diferentes, mas, na história a ser criada, eles devem interagir entre si e conversar a respeito de suas descobertas e criações. A criatividade dos grupos irá determinar as circunstâncias desse encontro entre os cientistas.

O professor poderá escolher quais serão os seus critérios avaliativos, mas dois pontos são essenciais: a criatividade e a precisão conceitual. Além disso, é importante que, no trabalho produzido, os alunos deixem claro que compreenderam o que o trabalho de cada um desses personagens significou para a de produção científica e, conseqüentemente, para o avanço tecnológico e desenvolvimento social.

CONCLUSÃO

A perspectiva CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) é ideal para o ensino de Eletroquímica, já que essa parcela do conteúdo de Química está presente no cotidiano daqueles que se utilizam de artigos elétricos e eletrônicos – ou seja, praticamente todas as pessoas da sociedade.

No entanto, um assunto com tanta relevância social e ambiental e tanto potencial para discussões escolares costuma ser ensinado de forma expositiva pela falta de materiais didáticos em outras perspectivas. O presente trabalho se dedica a solucionar essa questão e unir as duas ideias: Eletroquímica e perspectiva CTS, propondo diferentes atividades que podem ser realizadas em sala de aula.

Espera-se que as atividades recomendadas sirvam mais como uma sugestão profissional do que como uma receita de aulas, que deve ser seguida passo-a-passo. Sendo uma sugestão, o professor pode – e deve – se sentir livre para modificá-las e adaptá-las para a realidade da sua escola e da sua sala de aula, o que é, inclusive, uma característica da abordagem CTS de ensino.

REFERÊNCIAS

ABREU, D. C.; MACHADO, P. F. **Resíduo eletrônico e o ensino de química**: uma proposta de educação para a cidadania. 2014. 57 f. Proposta de Ação Profissional (Mestrado em Ensino de Química). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília.

ALVES, C. T. S.; CAVALCANTI, J. G. S.; SILVA, E. A.; NETO, J. E. S. Abordando o tema lixo eletrônico em uma sequência didática. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18, 2016, Florianópolis.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.11, p. 3-9, 2000.

BRASIL. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Resolução nº 02, de 15 de junho de 2012. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/destaques/34-diretrizes-curriculares-nacionais-para-a-educacao-ambiental.html>>.

CANESIN, F.P.; SILVA, O.C.V.; LATINI, R.M. O olhar de um licenciando para o ensino de química e a educação ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente**, v.3, n. 2, p.50-60, 2010.

CARVALHO, L. M.; CALDAS, M. J. A.; FACCIN, H. Os estudos sobre química e eletricidade no Renascimento: seus protagonistas, suas obras e influências. *Lusíada. História*, v. 2, n. 9/10, p. 39-62, 2013.

BRASIL. Consumo Sustentável: Manual de Educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/IDEC, 2005. Disponível em: < <https://idec.org.br/publicacao/manual-de-educacao-para-o-consumo-sustental-2a-ed-2005>>. Acessado em: junho de 2019.

EPE: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz energética e elétrica**. Disponível em: < <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

FREIRE, M.S.; SILVA JÚNIOR, C.N.; SILVA, M. G.L. Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. **Temas de Ensino e formação de professores de ciências**. EDUFRN, p. 181-192, 2012.

GALIZA, A.; GONÇALVES, D.; ALMEIDA, I.; CARVALHO, M.; PEREIRA, T. **Pilhas e baterias: estudo da capacidade disponível para pilhas recarregáveis**. 2014. 23 f. (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores). Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

GAUCHE, R. Interdisciplinaridade e processo seletivo para a graduação: da influência inevitável à interação desejável. In: SANTOS, C. A.; QUADROS, A. F. (Orgs.). **Utopia em busca de possibilidade: abordagens interdisciplinares no ensino das ciências da natureza**. UNILA, Foz do Iguaçu, 2011, p. 147-159.

HOBBS, E. **A era das revoluções: Europa 1789-1848**. Paz e Terra, 1981. 366p.

MARIA, L. C. S.; AMORIM, M. C. V.; AGUIAR, M. R. M. P.; SANTOS, Z. A. M.; CASTRO, P. S. C. B. G.; BALTHAZAR, R. G. Petróleo: um tema para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, n.15, p. 19-23, mai. 2002.

OLIVEIRA, R.S.; GOMES, E. S.; AFONSO, J. C. O lixo eletrônico: uma abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 4, p. 240-248, nov. 2010.

PINSKY, J. As primeiras civilizações. 25 ed. São Paulo: Contexto, 2011.

RODRÍGUEZ, J. A. P. B. **Efeito da corrosão do chapeamento do fundo do casco sobre a confiabilidade estrutural de navios**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas Navais). Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência e Tecnologia: transformando o homem e sua relação com o mundo. **Revista Eletrônica Gestão Industrial**, UTFPR, v. 02, p. 68-86, 2006.

SANTOS, W. L. P. **Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica.** *Ciência & Ensino* (UNICAMP. Impresso), v. 1, p. 1-12, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, jul. 2002.

SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; AQUINO, K. A. S. Estudo da eletroquímica a partir de pilhas naturais: uma análise de mapas conceituais. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 4(2), pp. 45-56, 2014.

SILVA, B. O.; CAMARA, S. C.; AFONSO, J.C.; NEUMANN, R.; ALCOVER NETO, A. Série Histórica da Composição de Pilhas Alcalinas e Zinco-Carbono Fabricadas entre 1991 e 2009. **Química Nova** (Impresso), v. 34, p. 812-818, 2011.

STRIEDER, R. B.; KAWAMURA, M. R. D. Educação CTS: parâmetros e propósitos brasileiros. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 1, p 27-56, mai. 2017.

VILCHES, A; GIL-PÉREZ, D.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa.** Editora Universidade de Brasília, Brasília, 2011, p. 161-184.

VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GOZÁLEZ, E.R. Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. **Química Nova na Escola**, n. 15, p. 28-34, mai. 2002.

WUILLDA, A. C. J. S.; OLIVEIRA, C. A.; VICENTE, J. S.; GUERRA, A. C. O.; SILVA, J. F. M. Educação ambiental no Ensino de Química: Reciclagem de caixas Tetra Pak® na construção de uma tabela periódica interativa. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 3, p. 268-275, ago. 2017.

ANEXOS

Anexo I

Lista de materiais:

1 batata

1 limão

1 voltímetro

6 fios elétricos com garras de jacaré

4 placas de cobre

4 placas de zinco

1 calculadora pequena

Anexo II

Tabela 1. Principais substâncias encontradas em materiais eletrônicos (ALVES *et al.*, 2016)

Substância	Onde é encontrado	Danos Causados
Chumbo	Computadores, celulares e televisões	Danos aos sistemas nervoso e sanguíneo
Mercúrio	Computadores, monitores e tvs de tela plana	Danos cerebrais e ao fígado
Cádmio	Computadores, monitores antigos e baterias de notebooks	Envenenamento, danos aos ossos, rins e pulmões
Arsênio	Celulares	Doenças de pele, prejudica o sistema nervoso e pode causar câncer no pulmão
Berílio	Computadores e celulares	Câncer no pulmão
BRT	Diversos componentes eletrônicos para prevenção de incêndios	Desordens hormonais, nervosas e pulmonares
PVC	Fios, para isolamento elétrico	Se queimado e inalado, pode causar problemas respiratórios
Lítio	Pilhas e baterias	Afeta o sistema nervoso central, gerando visão turva, ruídos nos ouvidos vertigens, debilidade e tremores
Níquel	Pilhas e baterias	Dermatites, distúrbios respiratórios, gengivites, “Sarna de níquel”, efeitos carcinogênicos, cirrose e insuficiência renal.

ALVES, C. T. S.; CAVALCANTI, J. G. S.; SILVA, E. A.; NETO, J. E. S. Abordando o tema lixo eletrônico em uma sequência didática. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18, 2016, Florianópolis.

Anexo III

Dicas para se tornar um bom usuário de tecnologias	
Pesquise	É importante descobrir se o fabricante tem preocupações com o ambiente e se recolherá as peças usadas para reciclagem, depois que o aparelho perder sua utilidade.
Prolongue	Você não precisa trocar de celular todos os anos ou comprar um computador com essa mesma frequência. Quanto mais eletrônicos adquirir, maior será a quantidade de lixo eletrônico. Por isso, cuide bem de seus produtos e aprenda a evitar os constantes apelos de troca.
Doe	Caso seja realmente necessário comprar um novo eletrônico quando o seu ainda estiver funcionando, doe para alguém que vá usá-lo. Dessa forma, ainda é possível prolongar a vida útil do aparelho e a pessoa que recebê-lo não precisará comprar um novo.
Recicle	Os grandes fabricantes de eletrônicos oferecem programas de reciclagem. Antes de jogar aquele monitor estragado no lixo, entre em contato com a empresa (via internet ou central de atendimento telefônico) e pergunte onde as peças são coletadas. Muitas assistências também coletam esse material.
Substitua	Procure sempre fazer mais com menos. Produtos que agregam várias funções, como uma multifuncional, consomem menos energia do que cada aparelho usado

	<p>separadamente. Também vale minimizar o uso de recursos ligados ao ambiente: para que imprimir se dá para ler na tela?</p>
<p>Informe-se</p>	<p>O usuário de tecnologia deve ser adepto ao consumo responsável, sabendo as consequências que seus bens causam ao ambiente. Por isso, é importante estar atendo ao assunto – somente assim será possível eliminar hábitos ruins e tomar atitudes que minimizem o impacto do lixo eletrônico.</p>
<p>Opte pelo original</p>	<p>As empresas que falsificam produtos não seguem políticas de preservação do ambiente ou se responsabilizam pelas peças comercializadas, depois que sua vida útil chega ao fim. Por isso, é sempre importante comprar eletrônicos originais.</p>
<p>Pague</p>	<p>Os produtos dos fabricantes que oferecem programas de preservação ambiental podem ser mais casos – isso porque parte dos gastos com essas iniciativas pode ser repassadas para o consumidor. A diferença de preço não chega a níveis absurdos e por isso, vale a pena optar pela alternativa “verde”.</p>
<p>Economize Energia</p>	<p>Na hora de comprar um eletrônico, opte pelo produto que consome menos energia. Além disso, o consumidor consciente deve usar fontes de energia limpa (como a solar) sempre que possível.</p>
	<p>É importante passar informações sobre lixo eletrônico para frente, pois muitos</p>

Mobilize	usuários de tecnologia não se dão conta do tamanho do problema. Divulgue, mas evite aqueles discursos inflados e catastróficos dos “ecochatos”, que não são nada populares.
----------	---

CARPANEZ, J. **“Dez mandamentos” reduzem lixo eletrônico**. G. 13 ago. 2007. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Tecnologia/0,,MUL87082-6174,00-DEZ+MANDAMENTOS+REDUZEM+LIXO+ELETRONICO.html>. Acesso em: 03 jun. 2019.

Anexo IV

DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS

O uso de pilhas e baterias é intenso em nossa sociedade. Algumas dessas pilhas e baterias são descartáveis, como as de relógio; outras são recarregáveis, como as de automóveis e celulares, possuindo maior vida útil. Entretanto, todas elas, um dia, predem sua utilidade e são descartadas.

Apesar da aparência inofensiva, as pilhas e baterias usadas e descarregadas podem causar sérios problemas ambientais. De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), o Brasil produz cerca de 800 milhões de pilhas por ano. Onde elas vão parar depois de usadas?

Outro problema é que muitas pilhas utilizam metais pesados, como mercúrio, cádmio, chumbo e níquel, que podem contaminar plantas e animais entre os quais o ser humano.

Um exemplo desse problema é a utilização de grande quantidade de baterias de automóveis, gerando-se enorme quantidade de sucata que não pode ser descartada no lixo devido à grande quantidade de chumbo e de ácido sulfúrico nela presente. O processo de reciclagem desses materiais, embora viável economicamente, libera grande quantidade de chumbo para o ambiente e contamina as pessoas nele envolvidas, causando problemas de saúde ocupacional, isto é, gerados durante o trabalho. Na década de 1990, o Greenpeace denunciou que empresas brasileiras estavam importando sucatas de baterias dos Estados Unidos. De acordo com o Greenpeace, mesmo existindo legislação proibitiva, essas importações foram autorizadas.

Agindo dessa forma, países ditos desenvolvidos usufruem benefícios de tecnologias e paga para países mais pobres assumirem seus riscos, transferindo para outros os problemas ambientais gerados por eles.

O descarte das baterias de celulares também é um problema, ainda mais se considerarmos que a vida útil dessas baterias é relativamente curta – cerca de um ano. Por outro lado, sua demanda é cada vez maior; para se ter uma ideia, em 2005 existiam mais de 150 milhões de celulares em funcionamento somente no Brasil. Conseqüentemente, imagine quantas baterias de celular são descartadas anualmente no mundo todo.

Com relação às pilhas comuns, estima-se que cada brasileiro consuma menos de cinco pilhas por ano. Em países de Primeiro Mundo, como a Alemanha, o consumo anual é de cerca de 30 unidades.

Os metais que reagem com o nosso organismo

Como já dizia o estudioso Paracelso (1493-1541), a diferença entre o remédio e o veneno é a dose. Por isso substâncias que são letais para os seres humanos, quando consumidas acima de certas dosagens, podem ser remédios em doses menores. Os metais são bons exemplos. Alguns deles são muito importantes para o metabolismo do nosso corpo.

O ferro, presente na hemoglobina, é responsável pelo transporte de oxigênio no sangue; o cobalto entra na composição de vitaminas; o manganês o molibdênio, o zinco e o crômio estão presentes na estrutura de enzimas que regula o metabolismo do organismo. Além desses, diversos outros, como o lítio, o cálcio, o magnésio, o sódio e o potássio, também participam de funções metabólicas.

Por outro lado, vários metais são considerados tóxicos. Os metais que agredem demasiadamente o ambiente são denominados metais pesados. Essa denominação é usada porque geralmente os metais tóxicos são de maior massa atômica – massa de um átomo dada em relação à unidade de massa atômica (u), que se refere à massa de 1/12 do átomo de carbono-12, como o mercúrio (200,59 u), o cádmio (112,41 u) e o chumbo (207,2 u), apesar da toxidez dos metais não estar associada diretamente às suas massas atômicas.

Assim, um metal é classificado como metal pesado em consideração ao seu risco toxicológico, e não à sua massa. Por isso, o crômio de massa atômica 52 u, é um metal pesado, enquanto o ferro, de massa atômica 56 u, não é classificado como metal pesado.

Os resíduos de metais pesados têm propriedades indesejáveis de toxidez, corrosividade, reatividade, entre outras. A toxidez dos metais deve-se ao fato de os organismos vivos não conseguirem eliminá-los depois de absorvidos, o que provoca uma série de complicações. Em razão disso, eles ficam depositados em alguma parte do corpo, como nos ossos ou em células nervosas. Esses metais são chamados cumulativos.

Uma forma de eliminar os metais pesados do organismo é tratamento com substâncias que reagem mais fortemente com eles do que com as substâncias de nosso organismo. Um bom exemplo é a substância etilediaminotetracético – EDTA – utilizada por formar substâncias muito estáveis com átomos de metais pesados, permitindo a remoção deles de nosso organismo.

No Brasil, a contaminação por mercúrio tem causado muita preocupação. Esse metal pesado é usado na purificação do ouro, por meio de um processo conhecido como amalgamação, no qual o mercúrio adere ao ouro metálico, formando o amálgama. Posteriormente, o amálgama é aquecido e o mercúrio é vaporizado, restando ouro puro.

Essa forma de garimpo de ouro é extremamente poluidora, uma vez que o mercúrio se acumula no ambiente sob diversas formas. Os peixes são os mais afetados, e seu consumo em áreas de garimpo representa um perigo para a saúde humana e, principalmente, para mulheres gestantes. Fetos podem sofrer teratogênese (malformações) e deficiências de desenvolvimento nervoso e motor quando as mães alimentam-se desses peixes.

Essa contaminação poderia ser evitada caso fossem adotadas algumas práticas de tratamento da lama contaminada e de vaporização do mercúrio em recipientes fechados, em que o mercúrio seria depois condensado. Com tais práticas, o mercúrio seria reaproveitado, diminuindo o custo de extração e os problemas ambientais.

Além da contaminação do mercúrio nos garimpos, temos a contaminação pelo uso indevido em indústrias, em consultórios odontológicos, entre outras. Nesse sentido, é preciso tomar todo o cuidado com qualquer manipulação do mercúrio metálico.

O descarte de materiais que o contenham jamais deverá ser feito em lixo urbano ou em solo e água, pois ele poderá contaminar a água.

Outra fonte de metal pesado são indústrias que despejam seus efluentes, contendo elevadas quantidades de metais pesados em rios. O lixo urbano também pode ser fonte de poluição de metais pesados devido à presença de pilhas e baterias.

ABREU, D. C.; MACHADO, P. F. **Resíduo eletrônico e o ensino de química:** uma proposta de educação para a cidadania. 2014. 57 f. Proposta de Ação Profissional (Mestrado em Ensino de Química). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília.

Os riscos provocados pela corrosão em equipamentos



Em 2007, após um problema de corrosão nos dutos de transporte, uma empresa britânica petrolífera perdeu mais de 8,5 bilhões de dólares. A deterioração do metal provocou vazamento de óleo no maior campo de exploração da América do Norte, o que gerou consequências como multas de valores astronômicos, gastos para a contenção do vazamento e limpeza da baía e perda de valor de mercado da empresa.

Os problemas causados pela deterioração dos metais atingem diversos tipos de indústrias, da construção civil – com o desgaste de estruturas de ferro, por exemplo – até a medicina, onde a corrosão afeta próteses e equipamentos.

Em 1988, um avião de uma companhia aérea havaiana perdeu uma parte de sua fuselagem em pleno voo, causando a morte de um tripulante. Depois das investigações, percebeu-se que devido à corrosão provocada pelo vapor da água do mar, o metal da estrutura do avião perdeu sua resistência.

Um outro acidente em 1967 provocou a morte de 46 pessoas em Ohio, nos Estados Unidos. Isso aconteceu devido à corrosão na estrutura da ponte Silver Bridge, que enfraqueceu e, quando foi submetida a um esforço que seria comum no cotidiano, simplesmente não suportou e caiu.

Assim, podemos ver a importância do controle e monitoramento da **corrosão em equipamentos** no que diz respeito à segurança das pessoas que dependem das estruturas.

Um outro ponto que também precisa ser abordado aqui é o aumento nos custos das indústrias devido a esse fenômeno, sendo assim mais um motivo para o estudo e prevenção.

São muitos os casos de deterioração de materiais provocada por reações com o meio onde estão inseridos. E são também conhecidos os elevados valores para tratar desses problemas. Assim, muitas vezes torna-se mais barato utilizar um material que seja um pouco mais caro, porém que sofra uma ação menor da corrosão.

DARGAINS, P. **Como ocorre a corrosão de um equipamento?** Fluxo: Blog de Engenharia, 22 nov. 2016. Disponível em: <<https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/projetos-mecanicos/como-ocorre-corrosao-equipamento/>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

Anexo VI

1. Tema

Reações de Oxirredução

2. Subtema

Corrosão Eletroquímica

3. Conceitos que o professor deseja enfatizar

Redução, oxidação, eletrodos, ânodo, cátodo, eletrólito.

4. Título do experimento (sob a forma de uma pergunta inicial a ser respondida após a realização e discussão do experimento)

O que acontece com o ferro quando em contato com a água da torneira, água salgada e água sanitária?

5. Materiais

3 tubos de ensaio;

3 pregos de ferro;

Lixa;

Solução aquosa de cloreto de sódio;

Água de torneira;

Água sanitária.

6. Procedimento (de forma bem sucinta)

Colocar cada solução (água da torneira, água salgada e água sanitária) em tubo de ensaio. Lixar os pregos e colocar um prego em cada tubo de ensaio de modo eu

fiquem totalmente imersos nas soluções. Reservar e observar o que aconteceu aós 24 horas.

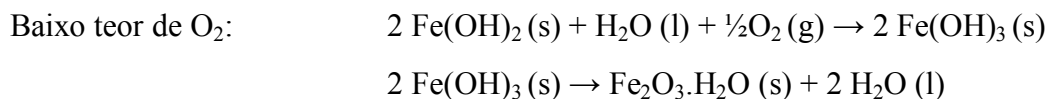
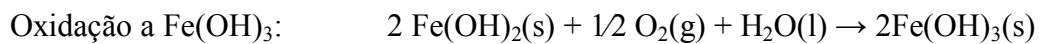
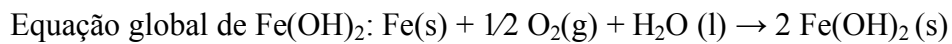
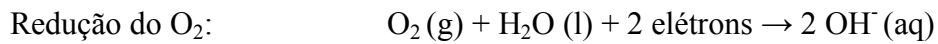
7. Observação macroscópica

Após 24 horas, o prego mergulhado na água da torneira, observa-se que a formação de uma pequena quantidade de uma substância avermelhada, que se desprende do prego. No tubo de ensaio com água salgada, também observa-se uma quantidade um pouco maior dessa substância avermelhada, já no tubo de ensaio com água sanitária, observa-se uma grande quantidade dessa substância que se desprende do prego.

8. Interpretação microscópica

O ferro na presença de água e oxigênio se oxida, formando um composto de coloração castanho-avermelhada, conhecida popularmente como ferrugem. O ferro metálico passa então de seu estado reduzido Fe^0 para forma de íon Fe^{2+} , simultaneamente ocorre a redução da água, formando H^+ e OH^- . As substâncias formadas são $Fe(OH)_2$, e $Fe(OH)_3$, que na presença de excesso de oxigênio transformam-se em Fe_3O_4 e $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, que são o produto final da corrosão, ou seja, a ferrugem, que ao se formada na superfície do ferro, solta-se em flocos, deixando o ferro novamente exposto e sujeito a oxidação, visto que os óxidos formados não são protetores. Assim, uma parte do ferro pode atuar como ânodo, no qual ocorre a oxidação do Fe a Fe^{2+} . Os elétrons produzidos migram pela solução eletrolítica para a outra parte do eletrodo (aquela que fica mais próxima a interface água-ar) e que atua como cátodo, onde o O_2 será reduzido. Os íons cloretos atuam com catalisadores e aumentam a velocidade desta reação. Portanto, como a água sanitária tem uma grande quantidade de Cl^- disponível e um pH mais suscetível ao processo de corrosão, formou-se nesse tubo uma maior quantidade de ferrugem, do que o tubo com água salgada que tem uma quantidade menor de Cl^- . A formação da ferrugem foi observada em menor quantidade no tubo de ensaio com água da torneira, porque nessa solução, a quantidade de íons Cl^- é bem menor do que nas outras soluções.

9. Expressão representacional



10. Fechamento da aula

b) Resposta à pergunta inicial:

Quando em contato com a água (eletrólito) e o oxigênio do ar, o ferro se oxida, formando a ferrugem, um composto castanho-avermelhado que se solta na forma de flocos. O ferro em contato com a água sanitária (eletrólito) oxida-se formando uma grande quantidade ferrugem, isso porque os íons cloreto da solução aumentam a velocidade da reação. O ferro em contato com a água salgada (eletrólito), também oxida, mas essa oxidação ocorre numa velocidade menor. Já o ferro em contato com a água da torneira também oxida, mas numa velocidade ainda menor do quando em contato com a água sanitária e a água salgada, devido à baixa quantidade de íons Cl^- nessa solução.

b) Interface Ciência-Tecnologia-Sociedade:

Evitar a corrosão dos metais, especialmente do aço, é um desafio de grande importância econômica e ambiental. Atualmente, estima-se que um quarto da produção de aço é utilizada para repor estrutura enferrujadas. Isso significa um custo econômico para a sociedade, além de um prejuízo ambiental, pois a

produção do aço envolve uma série de impactos ambientais, desde a exploração do minério até a grande quantidade de energia envolvida na redução dos óxidos de ferro nos fornos siderúrgicos.

ABREU, D. C.; MACHADO, P. F. **Resíduo eletrônico e o ensino de química:** uma proposta de educação para a cidadania. 2014. 57 f. Proposta de Ação Profissional (Mestrado em Ensino de Química). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília.

Anexo VII

Arrancar a envoltória	Remover a capa facilita a ocorrência de oxidação ou de uma reação entre os componentes internos. Em ambos os casos, a pressão interna aumenta e a pilha fica mais suscetível a se romper.
Inverter os polos no aparelho	Colocar o polo positivo da pilha no encaixe do aparelho voltado ao polo negativo (e vice-versa) faz passar por ela uma corrente que provoca reações eletroquímicas indesejadas, formando hidrogênio.
Excesso de calor	Uma alta temperatura aplicada sobre a pilha pode detonar uma explosão. O excesso de calor aumenta a geração de hidrogênio. Quanto mais quente, maiores as chances de o gás entrar em ignição.
Carregar pilha não recarregável	Os recarregadores invertem as reações químicas das pilhas para tentar restaurar seu estado original. Aplicar esse método a uma pilha comum, cuja composição química não é apropriada, aumenta a geração do perigoso gás hidrogênio.

NORONHA, H. **Por que as pilhas estouram?** Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/por-que-as-pilhas-estouram/>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

Anexo VIII

Custos sociais e ambientais de usinas hidrelétricas são subestimados, aponta estudo.

Enquanto os países mais desenvolvidos têm diminuído nas últimas décadas a construção de grandes hidrelétricas, nações em desenvolvimento começaram a construir no mesmo período barragens ainda maiores. É o caso do Brasil.

Impactos ambientais – como o desmatamento e a perda da biodiversidade – e sociais – como o deslocamento de milhares de pessoas e os prejuízos econômicos causados a elas – não têm sido levados em conta e incluídos no custo total desses projetos. Além disso, esses empreendimentos têm ignorado os cenários de mudanças climáticas, que preveem a diminuição da oferta de água e, conseqüentemente, da geração de energia hidroelétrica.

O alerta foi feito por pesquisadores da Michigan State University, nos Estados Unidos, em artigo publicado em 5 de novembro na revista *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (PNAS).

O primeiro autor do estudo é **Emilio Moran**, professor visitante da pós-graduação em Ambiente e Sociedade do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (Nepam) da Unicamp. O pesquisador coordena um projeto, **apoiado pela FAPESP** na modalidade São Paulo Excellence Chair (**SPEC**), em que estuda os impactos sociais e ambientais da construção da usina hidrelétrica de Belo Monte, próxima à cidade de Altamira, no Pará.

“Argumentamos que se continuar a construção de grandes hidrelétricas nos países em desenvolvimento, precisaremos fazer uma avaliação do custo real dessas obras que inclua os impactos ambientais e sociais gerados por elas”, disse Moran à **Agência FAPESP**.

“Quando uma grande barragem é construída, o rio a jusante [direção em que correm as águas de uma corrente fluvial] perde grande parte de espécies de peixes que são importantes para a população ribeirinha. Aquelas comunidades terão que conviver com a diminuição de sua atividade de pesca ao longo de 15 ou 20 anos, por exemplo, e esses prejuízos econômicos e sociais não têm sido incorporados no custo desses projetos”, disse.

De acordo com os autores do estudo, a energia hidrelétrica tem sido a principal fonte de energia renovável em todo o mundo, respondendo por até 71% da oferta da energia proveniente de recursos naturais a partir de 2016.

Essa capacidade de geração de energia hidrelétrica foi iniciada na América do Norte e na Europa entre 1920 e 1970, quando milhares de barragens foram construídas. A partir do fim da década de 1960, contudo, grandes barragens deixaram de ser construídas em nações desenvolvidas. Algumas das razões foram que os melhores locais para construção de represas nessas regiões tinham sido ocupados e as crescentes preocupações ambientais e sociais tornaram esses projetos inviáveis.

O resultado disso foi que, hoje, passado seu tempo de vida útil, mais barragens estão sendo removidas do que construídas na América do Norte e na Europa. Só nos Estados Unidos, 546 represas foram removidas entre 2006 e 2014, exemplificam os pesquisadores.

“O custo para remover uma barragem, passada sua vida útil, é altíssimo, e também deve ser levado em conta na avaliação do custo total de um novo projeto de hidrelétrica”, apontou Moran.

“Se esse custo de remoção fosse incluído, muitas barragens não seriam feitas, porque seria muito mais cara a geração de energia por quilowatt-hora por uma usina elétrica com vida útil estimada entre 30 e 50 anos, como a das que estão sendo construídas no Brasil”, disse.

Impactos locais

Segundo Moran, as primeiras barragens construídas na América do Norte e na Europa tinham o objetivo de prover energia para áreas rurais e possibilitar o funcionamento de sistemas de irrigação. “Esses projetos tinham um objetivo social”, disse.

Já as usinas que estão sendo construídas ao longo dos rios da bacia Amazônica, na América do Sul, do Congo, na África, e Mekong, no Sudeste Asiático, são voltadas, em grande parte, para fornecer energia para empresas siderúrgicas, por exemplo, sem beneficiar as comunidades locais.

O caso mais emblemático é o da megausina de Inga, planejada para ser construída na homônima maior cachoeira do mundo em volume, no rio Congo. A barragem, que poderia aumentar em mais de um terço o total da eletricidade atualmente produzida na

África, exportará a energia gerada para a África do Sul para atender às empresas de mineração.

“As pessoas afetadas por esses projetos acabam não se beneficiando do acesso ou da diminuição do custo da energia, por exemplo. No caso da usina de Belo Monte, o linha de transmissão de energia passa por cima das pessoas afetadas e aquela energia vai para as regiões Sul e Sudeste”, disse Moran.

Segundo o estudo, tanto em Belo Monte como em Santo Antônio e Jirau, na Amazônia brasileira, onde também foram instaladas barragens recentemente, em vez de diminuir, a conta de energia elétrica da população no entorno das obras aumentou. E os empregos prometidos aos moradores no início das obras foram ocupados principalmente por pessoas de fora e desapareceram no prazo de cinco anos.

“Em Altamira, antes do início da construção da usina de Belo Monte, os moradores apoiavam a obra pois pensavam que ela beneficiaria enormemente a cidade. Hoje em dia ninguém apoia mais, porque a usina acabou com a tranquilidade da cidade e, em vez de benefício, só trouxe problemas para a maioria das pessoas”, disse Moran.

“Belo Monte foi tão caótico e afetou tão profundamente a vida dos moradores da região que contribuiu para repensar os projetos de construção de grandes barragens na bacia Amazônica”, disse.

Além dos problemas gerados para as comunidades a jusante, as novas usinas em construção na América do Sul, África e no Sudeste Asiático têm causado graves impactos ambientais.

Na bacia Amazônica, por exemplo, onde está sendo planejada a construção ao longo de seus 6 milhões de quilômetros quadrados (km²) de 147 barragens – das quais 65 no Brasil –, a construção de hidrelétricas tem afetado as populações e a dinâmica das cerca de 2,3 mil espécies de peixes encontradas na região. Após a instalação de barragens no rio Tocantins houve uma redução de 25% no número de peixes nesse curso d'água, que deságua na foz do rio Amazonas.

Na região da barragem de Tucuruí, o pescado diminuiu quase 60% imediatamente após a construção da barragem e mais de 100 mil pessoas que vivem no entorno do rio foram afetadas pela perda da pesca, da agricultura de irrigação por inundações e outros recursos naturais, destacam os autores do estudo.

“A maioria das espécies de peixe na bacia Amazônica são endêmicas [*só ocorrem naquela região*]. A perda dessas espécies representa um enorme dano para a biodiversidade mundial”, disse Moran.

Impactos das mudanças climáticas

As barragens que têm sido construídas na bacia Amazônica nos últimos anos também deverão ser fortemente impactadas pelas mudanças climáticas globais, projetam os pesquisadores.

Estima-se que as barragens de Jirau e de Santo Antônio, no rio Madeira, concluídas nos últimos cinco anos, produzirão apenas uma fração dos 3 gigawatts (GW) cada que eram projetadas para gerar em razão das mudanças climáticas e da pequena capacidade de armazenamento de seus reservatórios a fio d'água – com menor acúmulo de água.

Já a usina de Belo Monte, no rio Xingu, concluída em 2016, também produzirá 4,46 GW dos 11,23 GW que foi construída para gerar, mesmo em cenários otimistas, devido à variabilidade climática, a um reservatório relativamente pequeno e a níveis insuficientes de água, afirmam os pesquisadores.

Para agravar esse cenário, a maioria dos modelos climáticos prevê maior temperatura e menor precipitação nas bacias do Xingu, Tapajós e do Madeira.

“Depender só da água como fonte de energia em um futuro em que teremos menos esse recurso natural parece ser uma estratégia pouco confiável”, avaliou Moran.

“Para diminuir sua vulnerabilidade energética, em um cenário de mudanças climáticas globais, o Brasil precisa diversificar sua matriz, que ainda é muito dependente do setor hidrelétrico. É preciso que o país aumente os investimentos em outras fontes de energia renovável, como solar, biomassa e eólica”, disse.

Os pesquisadores também ressaltam que, de maneira similar às mudanças climáticas, os projetos de construção de barragens frequentemente não consideram os efeitos da mudança do uso da terra no potencial de geração de energia hidrelétrica por uma represa.

Outro estudo estimou que na bacia do Xingu, onde está localizada a usina de Belo Monte, a energia gerada estimada poderia cair para abaixo da metade da capacidade instalada da barragem com o desmatamento em torno da bacia. Isso porque o desmatamento pode inibir a chuva e a umidade do solo nas regiões tropicais úmidas da floresta.

Estima-se que metade da precipitação na bacia Amazônica seja devido à reciclagem interna de umidade. Dessa forma, o desmatamento pode reduzir as chuvas na

região, independentemente do declínio esperado com as mudanças climáticas globais, afirmam os pesquisadores.

“A hidroenergia é uma entre várias soluções para evitar apagões de energia no Brasil. A solução é procurar diversificar as fontes de energia e adotar soluções inovadoras que possam reduzir os impactos ambientais e sociais das barragens”, disse Moran.

Uma das alternativas tecnológicas às usinas hidrelétricas em estudo pelos pesquisadores é a instalação de turbinas em linha, no leito ou submersas nos rios, que dispensam a necessidade de represamento da água.

A tecnologia poderia ser útil para a geração ininterrupta de energia para as comunidades ribeirinhas, a um custo baixo, e manteria a ecologia fluvial e não envolveria o reassentamento de comunidades e outros custos sociais das barragens.

“Essa solução poderia ser aplicada no país inteiro onde há rios pequenos, com água com velocidade de mais de um metro por segundo. Além disso, as turbinas também poderiam ser instaladas próximas de barragens para complementar a produção de energia e eliminar a necessidade de construir outras usinas”, disse o pesquisador.

ALISSON, E. Custos sociais e ambientais de usinas hidrelétricas são subestimados, aponta estudo. Disponível em: <<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2018/11/07/custos-sociais-e-ambientais-de-usinas-hidreletricas-sao-subestimados-aponta>>. Acesso em: 07 jul. 2019.