

PRODUTO EDUCACIONAL

REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE QUÍMICA:
DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS VIRTUAIS PARA APLICATIVO
SMARTPHONE COMO PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROQUÍMICA

LUIZ FERNANDO DE ARRUDA REIS

Orientador: César Reis
Coorientadora: Odilaine Inácio de Carvalho Damasceno

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2019

5.6. Aplicação da RA utilizando o material didático

O texto a seguir reproduz o material didático com a aplicação da RA. Os acionamentos dos vídeos estão reproduzidos nas figuras 67 a 92.

A bateria de íon lítio

César Reis e Luiz Reis

Alessandro Volta

1. Uma breve História da Pilha

“[...] O aparato de que vos falo, e que sem dúvida surpreendê-los-á, é apenas a reunião de certo número de bons condutores de diferentes tipos arranjados de uma maneira determinada. Trinta, quarenta, sessenta peças ou mais de cobre, ou melhor, de prata, cada uma em contato com um pedaço de estanho ou de zinco e um número igual de cada um destes metais mergulhados em algum outro líquido que seja melhor condutor, como a água salgada, ou o ácido nítrico, ou pedaços de papelão embebidos nestes líquidos; quando estas placas são interpoladas entre cada combinação de metais diferentes, tais séries alternadas de condutores sempre na mesma ordem formam um novo instrumento [...]”.

O pequeno trecho transcrito acima é uma carta escrita por Alessandro Volta em uma sessão realizada na Royal Society of London. Era o anúncio oficial da pilha datada em 26 de junho de 1800. A **figura 01** representa um modelo da pilha desenvolvida por Alessandro Volta.

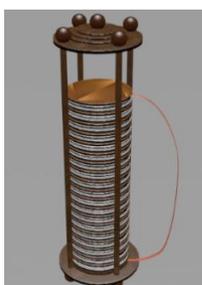


Figura 01 - Modelo da pilha de Volta.

O modelo acima representa uma das várias pilhas construídas por Volta. A pilha consistia no empilhamento alternado de placas de zinco e cobre e entre as placas um papel umedecido com uma solução acidificada, como por exemplo, solução de ácido sulfúrico. O polo positivo fica na base da placa de cobre e o negativo na base da placa de zinco. Nos mesmos ocorrem respectivamente reações de redução e oxidação. A **figura 02** representa o conjunto placa de zinco-eletrólito-cobre que é repetido ao longo da pilha.

Figura 67 - Acionamento Pilha de Volta-composição.



Fonte: Elaborada pelo autor

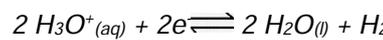
Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta nasceu em 1745 em Como, próximo de Milão, na Itália. Em 1774, ele iniciou sua primeira posição acadêmica como dirigente de uma escola de segundo grau no State no. Em 1777, de física na, interessou Ciências de Luigi e acreditava-se as nervosas em capazes de (eletricidade ões de Galvani ssandro Volta a construção da primeira bateria elétrica. A participação de eletrodos metálicos nas experiências de Luigi Galvani com as rãs tinham uma importância fundamental De acordo com a interpretação de Volta, os movimentos dos músculos da perna na rã morta eram induzidos por fluxos de corrente entre os metais conectados na rã. Isto permitiu a Volta a primeira demonstração de produção de corrente elétrica devido a reações químicas em presença de eletrólitos. Então em 1799, Volta desenvolveu uma pilha vertical de discos de metais (zinco com cobre ou prata-(Figura 01) separados por discos de papel molhados por soluções salinas. Este arranjo é conhecido como pilha de Volta e é a base de todas as baterias modernas.



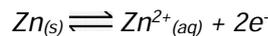
Figura 02- Conjunto placa de zinco-eletrólito-

Considerando o eletrólito o ácido sulfúrico, a presença de íons hidrônio (H_3O^+) é devida ao mesmo. As semirreações que ocorrem nas placas de cobre e zinco estão descritas abaixo:

Semirreação na placa de cobre (Cu): Eletrodo (Polo Positivo):



Semirreação na placa de zinco (Zn): Eletrodo (Polo negativo):



Equação global: $Zn(s) + 2 H_3O^+(aq) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2 H_2O(l) + H_2(g)$

Mais tarde, John Frederic Daniell (1790-1845) constrói sua pilha denominada Pilha de Daniell. Essa pilha é composta por duas placas metálicas condutoras distintas como na pilha original de Volta. No entanto, a solução ácida usada por Volta como eletrólito foi substituída por uma solução salina o que passou a ser conhecido como pilha de Daniell.

A pilha de Daniell funciona com dois eletrodos. Entende-se como sendo formado por um metal imerso em uma solução que contém o cátion desse metal, formando uma solução eletrolítica. A presença do cátion impede a dissolução de um eletrólito, ou seja, o metal não sofre ionização ou dissociação **caixa ao lado**).

Um exemplo de pilha de Daniell com cobre. Um esquema representativo para esta pilha de Daniell está representada na **figura 03**.

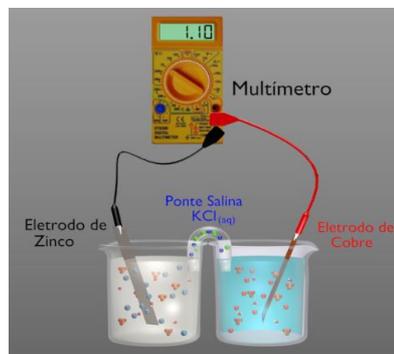
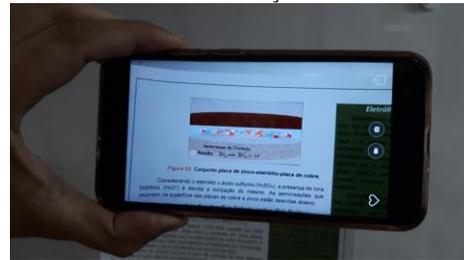


Figura 03 - Modelo da Pilha de Daniell.

Eletrólitos

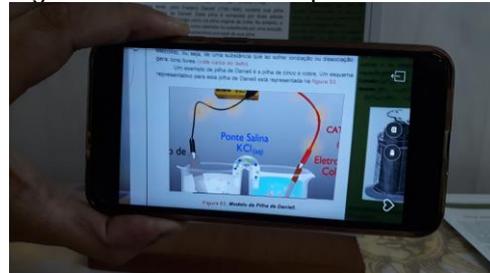
Eletrólitos são substâncias que, uma vez dissolvidas, formam íons livres. O solvente mais comum é a água e as soluções formadas são conhecidas como eletrólíticas. Os eletrólitos mais comuns são os sais.

Figura 68 - Acionamento pilha de Volta-semirreação.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 69 - Acionamento pilha de Daniell.

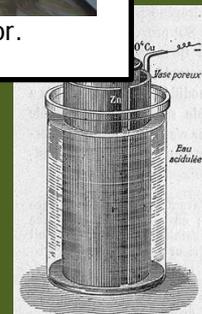


Fonte: Elaborada pelo autor.

representada na figura-03 difere da montagem desenvolvida por Daniell (imagem abaixo).

Isso não quer dizer que a montagem representada na figura-03 esteja errada, tanto é que a montagem desse sistema eletrolítico é conhecida como Pilha de Daniell.

que ocorrem no sistema bem como a



Fonte:

<https://educador.brasilecola.uol.com.br/>

Uma placa de zinco é imersa numa solução aquosa de sulfato de zinco ($ZnSO_4$). Este sistema é conhecido como eletrodo de zinco (**figura 04**). Nesse sistema estabelece um equilíbrio dinâmico entre o zinco metálico (Zn^0) e o cátion zinco (Zn^{2+}) presente na solução. A semirreação que representa e o eletrodo de zinco é: $Zn^0(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

Diferença de Potencial (ddp)



Figura 04 - Esquema do eletrodo de zinco.

Uma placa de cobre é imersa numa solução aquosa de sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$). Este sistema é conhecido como eletrodo de cobre (**figura 05**). Nesse sistema estabelece um equilíbrio dinâmico entre o cobre metálico (Cu^0) e o cátion cobre II (Cu^{2+}) presente na solução. A semirreação que representa e o eletrodo de cobre é: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Cu^0(s)$.

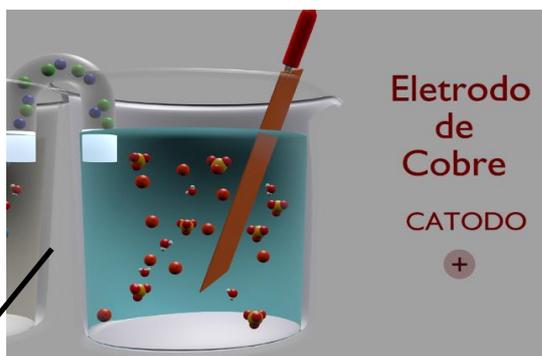
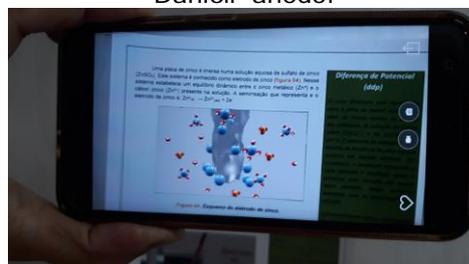


Figura 71 - Acionamento pilha de Daniell- cátodo.



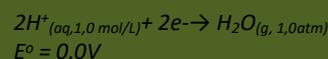
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 70 - Acionamento pilha de Daniell- ânodo.

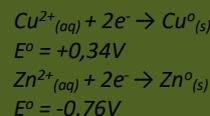


Fonte: Elaborada pelo autor.

Convencionou-se que a semirreação de redução como referência é a redução do íon hidrogênio ($H^+(aq)$) em hidrogênio molecular (H_2) que sob condições padrão ($25^\circ C$ e $1 atm$) foi atribuído um potencial padrão de redução com o valor de $0,0 V$. Observe:



Para as espécies químicas cobre (II) (Cu^{2+}) e cátion zinco (Zn^{2+}) as semirreações bem como os seus respectivos potenciais de redução são:



A diferença de potencial entre os eletrodos que contém os íons Cu^{2+} e o eletrodo que contém os íons Zn^{2+} pode ser calculado através da relação:

$$\Delta E^0 = E^0_{Maior} - E^0_{Menor}$$

Logo o valor obtido será:

$$\Delta E^0 = +0,34V - (-0,76V)$$

$$\Delta E^0 = +1,10V$$

os eletrodos são condutor. Já os íons em as soluções salina. Uma mesma efeito da eletroquímico é por meio de constituído de íons que permite a migração de íons para isso manter a

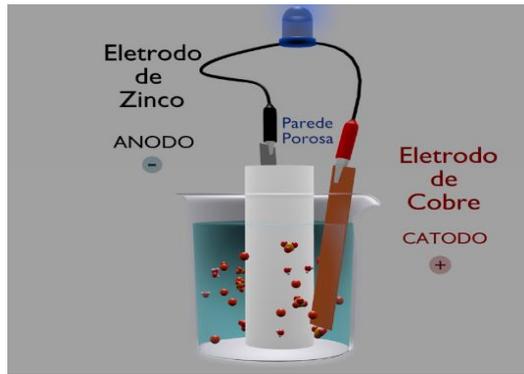


Figura 06 - Conexão dos eletrodos via parede porosa

A ponte salina é constituída de um tubo em forma de U contendo uma solução concentrada de um sal solúvel, como cloreto de potássio (KCl) ou nitrato de sódio (NaNO₃). (Figura 07).

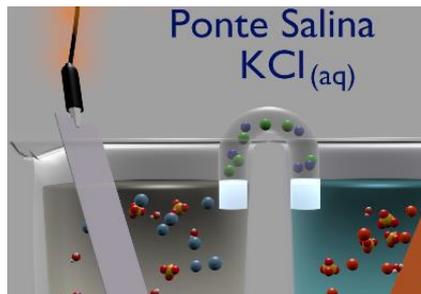


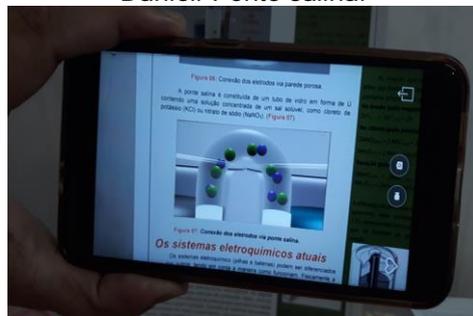
Figura 07 - Conexão dos eletrodos via ponte salina.

1.1. Os sistemas eletroquímicos atuais

ser dife
como
bateria
constitu
denomi
classifi

Primár
Uma ve
devem
manga
manga
enxofre,

Figura 73 - Acionamento pilha de Daniell-Ponte salina.



Fonte: Elaborada pelo autor.

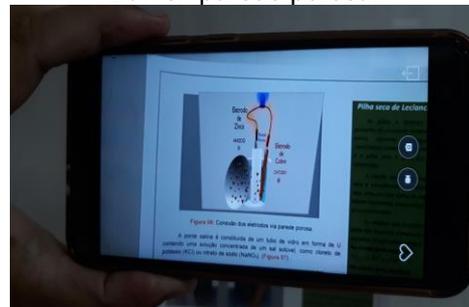
Secundários: São sistemas eletroquímicos recarregáveis. As reações de oxirredução que ocorrem nesses sistemas são reversíveis. Assim, uma vez descarregadas, aplica-se uma diferença de potencial para que ocorra a reação de oxirredução inversa e assim a recarga. Exemplos de sistemas secundários: A baterias cádmio/óxido de níquel (níquel/cádmio), chumbo/óxido de chumbo (chumbo/ácido), hidreto metálico/óxido de níquel, íon lítio etc.

Pilha seca de Leclanché

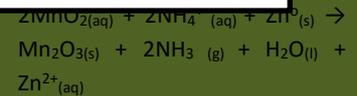
As pilhas e baterias estão presentes na sociedade moderna. Há vários sistemas eletroquímicos classificados como baterias primárias e a pilha seca é uma das mais conhecidas.

A reação que ocorre na pilha seca é considerada irreversível, ou seja, uma vez que todos os reagentes forem totalmente

Figura 72 - Acionamento pilha de Daniell-parede porosa.



Fonte: Elaborada pelo autor.



A diferença de potencial da pilha seca apresenta valor correspondente a 1,5V, diminuindo com o uso a medida que se formam os produtos da reação.



Fonte: LEMBO,1999.

2. O FUNCIONAMENTO DA BATERIA ÍON LÍTIO.

Nas últimas décadas, a difusão de equipamentos eletroeletrônicos portáteis, como computadores, celulares, câmeras fotográficas, intensificou a tendência de miniaturização dos mesmos, aumentando assim a necessidade de baterias menores, com massa reduzida, maior durabilidade, alta segurança e baixo potencial de agressão ao meio ambiente quando descartadas. Você já se perguntou o que gera a eletricidade que alimenta esses equipamentos? E um carro elétrico (Figura 08) vindo a nova geração de dispositivos elétricos através da energia química: As baterias íons lítio.

2.1. COMPOSIÇÃO.

As baterias íons lítio são assim como as baterias de chumbo, usa, em vez de lítio metálico, apenas fóssforo como eletrólito na forma de sais de lítio dissolvidos em líquidos não aquosos.



Figura 08 - Carro Elétrico

Fonte: <http://carroeletrico.com.br/>

Portanto, os materiais dos eletrodos são formados geralmente por compostos (denominados compostos de intercalação) que permitem a entrada e saída de íons lítio. (Figura 09).

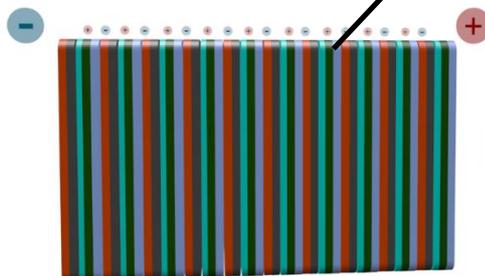
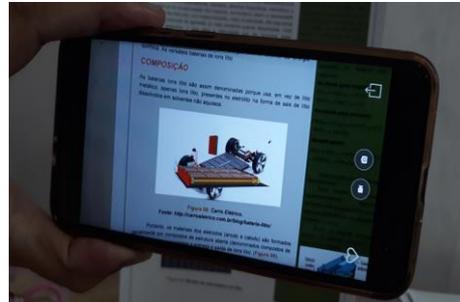


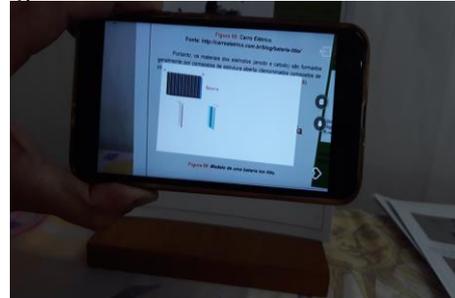
Figura 09 - Modelo de uma bateria íon lítio.

Figura 74 - Acionamento bateria íon lítio-carro elétrico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 75 - Acionamento bateria íon lítio.

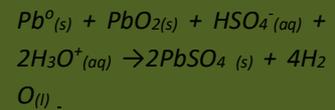


Fonte: Elaborada pelo autor.

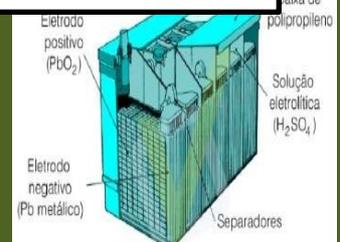
Bateria de Automóvel

Uma bateria de chumbo é composta de seis (6) pilhas, cada uma apresentando uma diferença de potencial de 2,0 V produzindo 12,0 V no total. O esquema abaixo mostra a constituição de

Equação global :

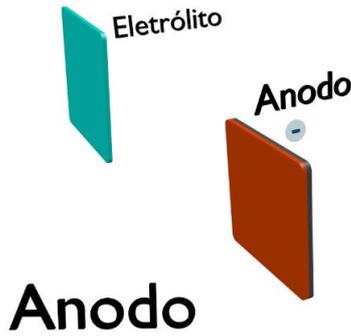


Essas reações de oxidação-redução são reversíveis.



Fonte: BACCHIO, N.,2000.

No anodo (**Figura 10**), geralmente o grafite é o material mais comumente usado, pois além de sua estrutura lamelar é capaz de intercalar íons lítio sem alterar significativamente a estrutura. Uma lâmina de cobre está associada à estrutura atuando como receptor de elétrons.



Anodo

Figura 10 - Composição do anodo.

Os íons lítio combinam com grafite para formar compostos de intercalação. Cada átomo do metal doa um elétron para a grafite e, como cátion monovalente, insere-se na região interlamelar do cristal de grafite (placas de grafeno) (**Figura 11**). O elétron recebido pela grafite fica deslocalizado em sua nuvem eletrônica.

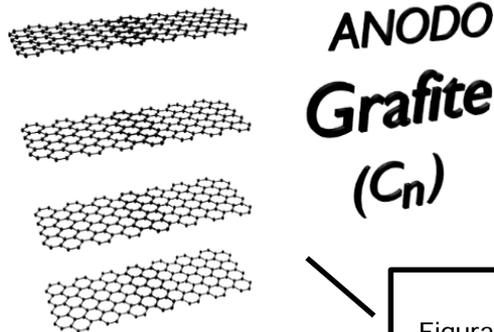
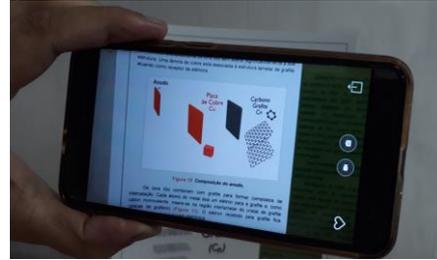


Figura 11 - Placas de grafite.

Já cátodo (**Figura 12**) contém, geralmente, estrutura lamelar (LiCoO_2 , LiNiO_2 , LiMnO_2), sendo o óxido de cobalto lítio frequentemente usado. Uma lâmina associada à estrutura lamelar LiCoO_2 atua como receptor de elétrons.

Figura 76 - Acionamento anodo-composição.



Fonte: Elaborada pelo autor.

recarregada.

Este problema de segurança foi resolvido substituindo o metal de lítio pelos íons lítio.

Na década de 1980, o químico americano John B. Goodenough liderou uma equipe de pesquisa da Sony para produzir uma versão mais estável da bateria de lítio recarregável. Foi somente em 1991 que a Sony comercializou a primeira bateria de íons lítio, baseada no ânodo de grafite (C) e cátodo de óxido cobalto de lítio (LiCoO_2).

A nova composição foi comprovada como mais segura, e, mesmo sendo um pouco menos eficiente que a primeira, passou a ser comercializada. A primeira empresa a utilizar a bateria de íons de lítio foi a Sony, em 1991.

Figura 77 - Acionamento ânodo-composto de intercalação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

ênio
ador
o foi
m só
70,
áveis
rgir.
lítio
lítio,
quito
s no
era

ítio
das
lta
gos
de
no
de
ixa
am
a e

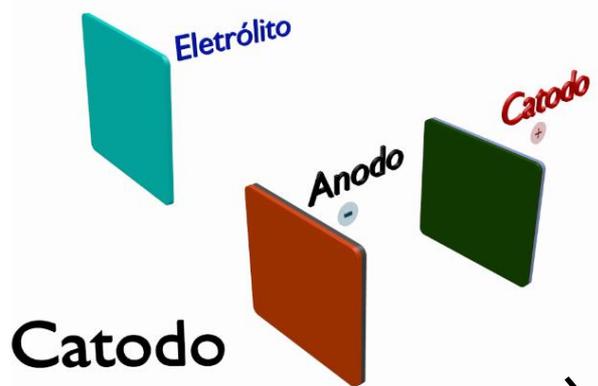


Figura 12 - Composição do catodo.

Na bateria íons lítio o eletrólito é o íons lítio serão transportados do anodo para a descarga e do cátodo para o ânodo durante a recarga, o íon lítio tem que ser carregado e para fora da estrutura do óxido pela estrutura lamelar (Figura 13).

Os íons lítio combinam com o óxido para formar compostos de intercalação.

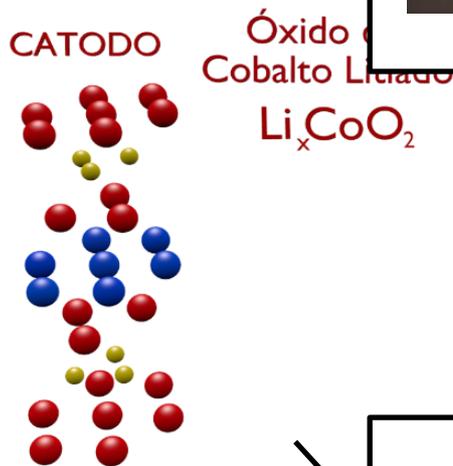


Figura 13 - Estrutura lamelar

A função da solução eletrolítica na pilha é de ser um meio pelo qual as partículas carregadas, cátions e ânions, se movem e transportam carga para manter os eletrodos neutros.

Na bateria de íons lítio o eletrólito e os eletrodos que constituem a pilha bem como os compostos de intercalação, as lamelas do anodo e as lamelas do óxido de cobalto lítio que constitui o catodo (Figura 14).

Pilha de lítio
x
Pilha de íons lítio

É importante não confundir pilha de lítio com pilha de íons lítio. A pilha de lítio, também conhecida como pilha lítio-iodo, é utilizada em aparelhos de marca-passo cardíaco que são implantados no interior da caixa torácica do paciente para controlar as batidas do coração por meio de impulsos elétricos.

Figura 78 - Acionamento catodo-composição.

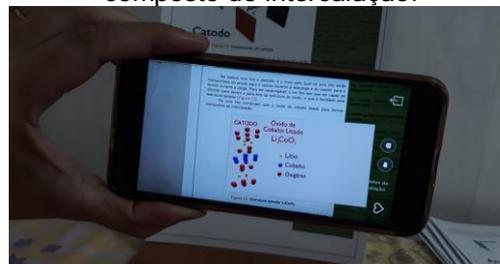


Fonte: Elaborada pelo autor.

separados por uma camada cristalina de iodeto de lítio por onde ocorre a difusão dos íons lítio, do anodo para o catodo. A pilha de lítio-iodo fornece uma voltagem de 2,8V, e pode funcionar continuamente por 10 anos.

Compostos de intercalação

Figura 79 - Acionamento catodo-composto de intercalação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

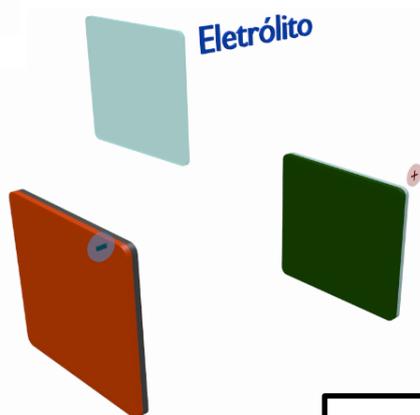


Figura 14 - Eletrólito

A solução eletrolítica que constitui a bateria é uma mistura de solventes orgânicos (DMC, ...) e sais de lítio (LiClO_4 , LiPF_6). Quando este tipo de bateria está descarregada, o ânodo é repleto de íons de lítio e o cátodo vazio. Durante a primeira reação possível é a desintercalação do ânodo para a solução eletrolítica e a contagem do Li^+ da solução eletrolítica para o cátodo. Quando um elétron deve deixar o ânodo e migrar pelo circuito externo.

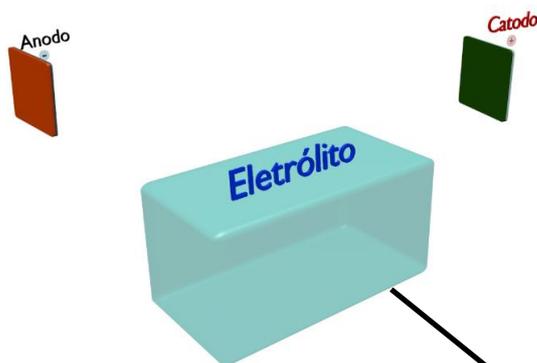


Figura 15 - Composição do eletrólito.

2.2. FUNCIONAMENTO.

Uma bateria recarregável que armazena energia elétrica através de reações eletroquímicas reversíveis. Durante a carga, a energia elétrica transforma energia química em energia elétrica. Durante a descarga, a energia química armazenada nos eletrodos se transforma diretamente em energia elétrica.

Nestas reações a transferência de elétrons ocorre pelo circuito elétrico externo, o que gera uma corrente elétrica. Quando a bateria é utilizada, isto é, na descarga, a energia química armazenada nos eletrodos se transforma diretamente e espontaneamente em energia elétrica.

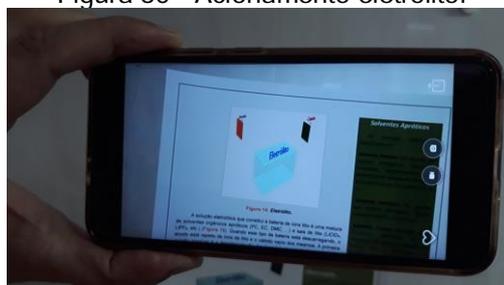
Solventes Apróticos

Os solventes podem ser classificados em:

Solventes Próticos: São aqueles que contêm hidrogênios ligados a elementos eletronegativos que podem formar ligações de hidrogênio com outros grupos ou átomos (O, N, S).

Solventes Apróticos: São aqueles que contêm hidrogênios ligados

Figura 80 - Acionamento eletrólito.

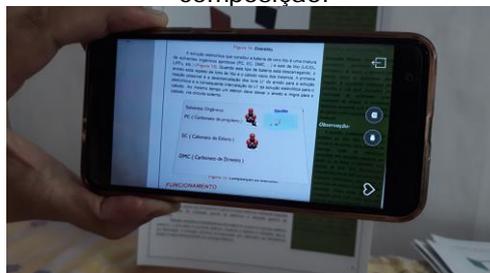


Fonte: Elaborada pelo autor.

Observação:

A questão fundamental para as baterias de íons lítio é que, ao contrário de outros tipos comuns de baterias, onde os eletrólitos consistem em soluções aquosas de ácido ou de base, o eletrólito nas células de íons lítio tipicamente consiste em sais de lítio em solventes orgânicos inflamáveis, tais como o

Figura 81 - Acionamento eletrólito-composição.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O princípio de funcionamento das baterias de íon lítio baseia-se no fenômeno de intercalação iônica. Este fenômeno é descrito pela difusão dos íons de lítio (Li^+) através do eletrólito, do catodo para o ânodo, com a diferença de potencial. Durante a carga, os íons de lítio saem do catodo e entram no ânodo, e vice-versa durante a descarga. A intercalação de um Li^+ num eletrodo requer, obviamente, o ganho de um elétron para manter sua neutralidade, o ganho de um elétron no ânodo recebe o íon intercalante e consequentemente é reduzido, enquanto o outro eletrodo que cede o elétron, é oxidado.

As reações de oxirredução das baterias íons lítio:

2.3. DESCARGA DA BATERIA ÍONS LÍTIO

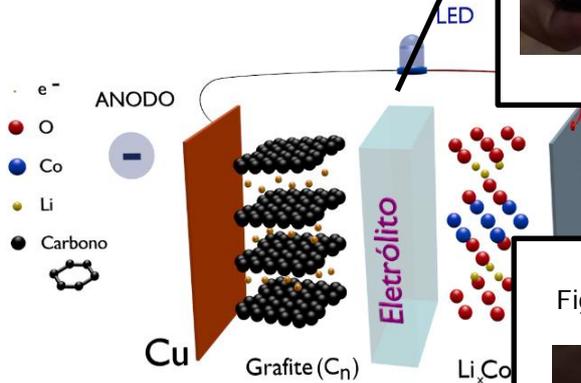
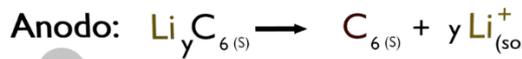


Figura 16 - Processo de descarga

No ânodo ocorre a oxidação do carbono, liberando íons lítio a fim de manter a neutralidade do eletrodo:

2.3.1. SEMIRREAÇÃO NO ÂNODO

DESCARGA DA PILHA Semirreação de Oxidação



No cátodo, o cobalto se reduz na presença de elétrons, provocando a entrada de íons lítio em sua estrutura:

2.3.2. SEMIRREAÇÃO NO CÁTODO

DESCARGA DA PILHA Semirreação de Redução

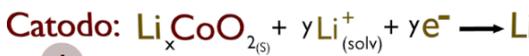
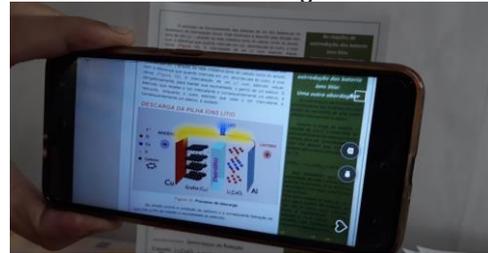
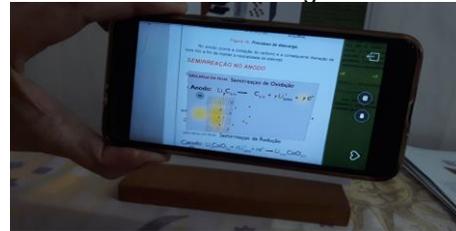


Figura 82 - Acionamento Bateria íon lítio-descarga.



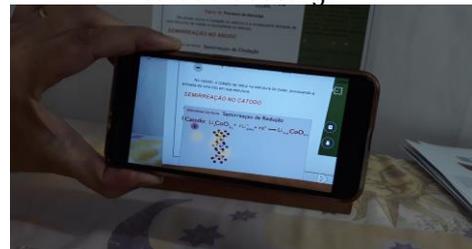
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 83 - Acionamento semirreação anodo-descarga.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 84 - Acionamento semirreação catodo-descarga.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.3.3. EQUAÇÃO GLOBAL

DESCARGA DA PILHA

Semirreações



As baterias íons lítio possuem um elevado potencial de operação (4,0 V) (Figura 17) e alta densidade de energia, quais estão relacionados às propriedades físicas e químicas por este ser um metal leve e possuir o potencial de redução padrão mais negativo (-3,0 V), em relação ao par redox padrão de hidrogênio a 25°C. Devido a essas propriedades, o lítio metálico também pode ser aplicado como ânodo de íons lítio apresentam riscos ambientais muito maiores do que as demais baterias citadas anteriormente.

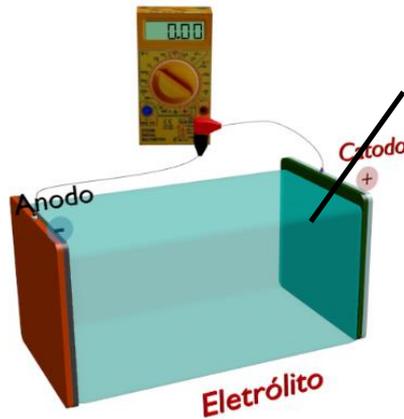


Figura 17 - Voltagem da pilha de íons lítio.

2.4. CARGA DA BATERIA ÍONS LÍTIO

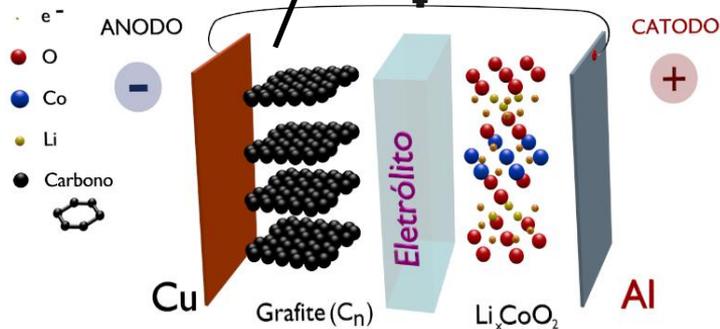


Figura 18: Processo de carga.

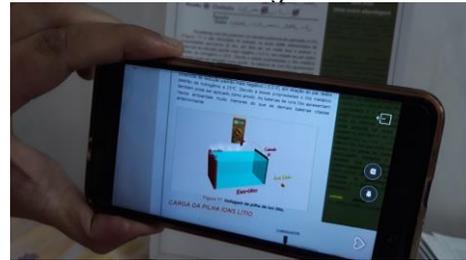
As reações de oxidação da

Figura 85 - Acionamento equação global-descarga.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 86 - Acionamento bateria íon lítio- voltagem.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 87 - Acionamento Bateria íon lítio-carga.

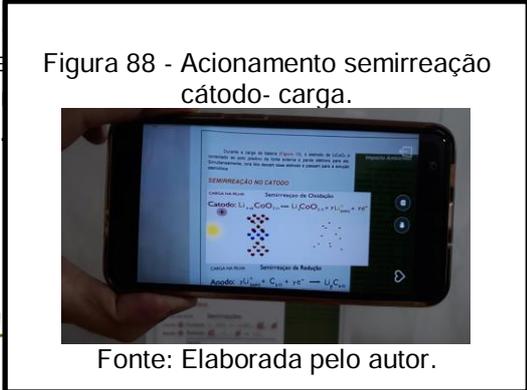
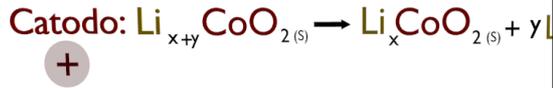


Fonte: Elaborada pelo autor.

Durante a carga da bateria (Figura 1) LiCoO_2 é conectado ao polo positivo da fonte de elétrons para ele. Simultaneamente, íons Li^+ migram para o outro eletrodo e passam para a solução eletrolítica.

2.4.1. SEMIRREAÇÃO NO CÁTODO

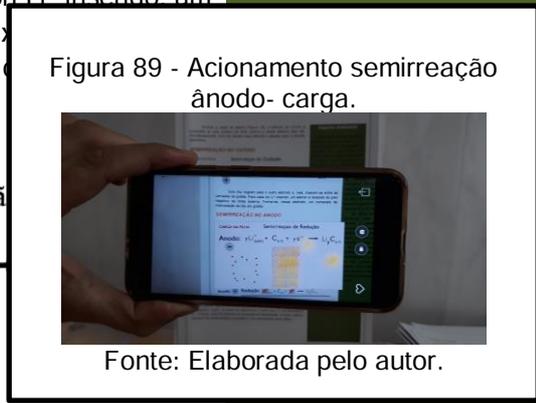
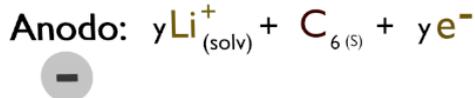
CARGA NA PILHA Semirreação de Oxidação



Íons lítio migram para o outro eletrodo e, nele, inserem-se entre as camadas da grafite. Para cada íon Li^+ inserido, um elétron é recebido do polo negativo da fonte externa. Nesse eletrodo, um composto de intercalação é formado.

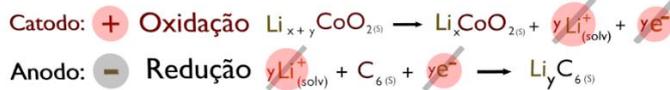
2.4.2. SEMIRREAÇÃO NO ÂNODO

CARGA NA PILHA Semirreação de Redução

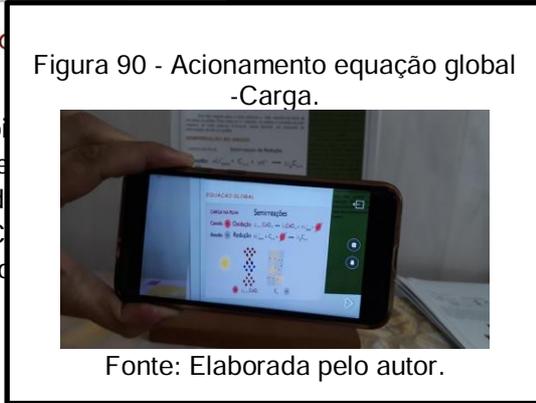


2.4.3. EQUAÇÃO GLOBAL

CARGA NA PILHA Semirreações



Essa equação indica que y mol de lítio foi oxidado e y mol de carbono grafite, com o simultâneo recebimento de elétrons da fonte carregadora. Assim, de forma formal, é como se o Li^+ se reduzisse a Li^0 . Como o lítio participa do composto de intercalação, não se libera, e o recebido fica deslocalizado na grafite e o lítio permanece como cátion.



O resultado do acionamento do vídeo, sobreposto sobre a montagem da pilha de Daniell (Figura 93), com emprego da tecnologia RA e utilizando do dispositivo móvel *smartphone*, é representado nas figuras 94 a 97.

Figura 93:Montagem para aplicação da realidade aumentada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 94:Montagem para aplicação da realidade aumentada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 95:Montagem para aplicação da realidade aumentada.



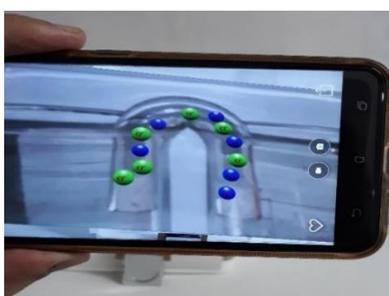
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 96: Montagem para aplicação da realidade aumentada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 97: Montagem para aplicação da realidade aumentada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.7. Análise do acionamento dos vídeos utilizando o HPreveal®

O aplicativo móvel HPreveal® está disponível para os sistemas operacionais iOS e Android. Foi feita a aplicação da realidade aumentada utilizando os dois sistemas operacionais (Quadro 10). Esta análise se fez necessária uma vez que os alunos e professores fazem usos de diferentes dispositivos móveis.

Quadro 10: Quanto aos dispositivos móveis smartphone obteve-se os seguintes resultados.

Dispositivo móvel	Sistema operacional	Observação
Samsung Galaxy J7	Android	Vídeos acionados
Iphone 7	iOS	Vídeos acionados

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foi verificado que a qualidade da impressão da imagem é fundamental para acionar os vídeos associados às respectivas imagens. Para as imagens impressas a jato de tinta em papel comum no modo econômico e modo imagem (melhor qualidade) foram observados os seguintes problemas

- demora no acionamento do vídeo associado à imagem;
- não acionamento do vídeo associado a imagem.

Para as imagens impressas a laser em papel branco normal ou couchê os acionamentos dos vídeos foram bastante satisfatórios. O material didático foi impresso a laser em papel A4 branco por impressão a laser.

Verificou-se a reprodução dos vídeos dirigindo-se a câmera do smartphone diretamente para a imagem reproduzida na tela do computador.

Os vídeos foram reproduzidos como objetos virtuais sobre as imagens associadas a estes vídeos obedecendo o que é proposto pela tecnologia Realidade Aumentada: inserir objetos virtuais, no caso os vídeos, sobrepostos em um ambiente real, no caso, o material didático impresso.

Quando utiliza da RA, espera-se que o objeto virtual a ser sobreposto obedeça a dimensão do objeto real no qual se fará a sobreposição. Foi observado que alguns vídeos não foram reproduzidos dentro das dimensões das imagens inseridas no material didático elaborado, sendo reproduzidas fora dos limites da imagem.

Como foi abordado no tópico 5.5, quando se insere os vídeos e as imagens desenvolvidas, seja via plataforma, seja via aplicativo, é feito o dimensionamento do vídeo sobre a imagem obedecendo o limite desta.

As prováveis causas que levam a reprodução do vídeo fora do limite da imagem associada ao vídeo podemos citar:

- durante a inserção, não sobreposição ideal do vídeo sobre a imagem via plataforma ou via aplicativo;
- não orientação ideal da câmera do dispositivo móvel sobre a imagem;
- problemas no próprio software desenvolvido pelo HPRReveal®.

Para os vídeos, associados às semirreações da bateria íon lítio, já se esperava a não sobreposição sobre a imagem, obedecendo os limites das mesmas. O motivo é que estas animações representam as estruturas dos compostos de intercalação bem como a movimentação dos íons lítio. Os quadros 11, 12 e 13 registram os vídeos reproduzidos dentro do limite da imagem.

Quadro 11: Análise dos vídeos reproduzidos dentro dos limites da imagem: pilha de Volta.

Sistema eletroquímico	Vídeo reproduzido	Limite da imagem
Pilha de Volta	Constituição	Obedeceu
	Semirreação	Obedeceu

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 12: Análise dos vídeos reproduzidos dentro dos limites da imagem: pilha de Daniell.

Sistema eletroquímico	Vídeo reproduzido	Limite da imagem
Pilha de Daniell	Constituição	Obedeceu
	Ânodo	Obedeceu
	Cátodo	Obedeceu
	Parede Porosa	Obedeceu
	Ponte Salina	Obedeceu
	Experimento	Obedeceu

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 13: Análise dos vídeos reproduzidos dentro dos limites da imagem: bateria íon lítio.

Sistema eletroquímico	Vídeo reproduzido	Limite da imagem
Bateria íon-Lítio	Carro elétrico	Obedeceu
	Constituição	Obedeceu
	Ânodo	Obedeceu
	Ânodo: Composto de intercalação	Obedeceu
	Cátodo	Obedeceu
	Cátodo: Composto de intercalação	Obedeceu
	Eletrólito	Obedeceu
	Eletrólito	Não obedeceu
	Descarga	Obedeceu
	Semirreação do Ânodo	Não obedeceu
	Semirreação do Cátodo	Não obedeceu
	Equação global- descarga	Não obedeceu
	Voltagem	Obedeceu
	Carga	Obedeceu
	Semirreação do Ânodo-Carga da bateria	Não obedeceu
	Semirreação do Cátodo-Carga da bateria	Não obedeceu
	Equação global-Carga da bateria	Não obedeceu
Descarga- Exercício	Obedeceu	

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.8. Apresentação do trabalho para os estudantes do curso de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional-UFV

O trabalho foi apresentado aos estudantes que fazem o curso de Pós- Graduação em Química em Rede Nacional (PROFQUI) ofertado pela Universidade Federal de Viçosa na forma de seminário (Figura 98), em 13 de abril de 2019.

Foram apresentados os vídeos desenvolvidos associados a:

- Pilha de Volta;
- Pilha de Daniell;
- Pilha de Daniell: Parte experimental;
- Aos compostos de intercalação que constituem a bateria íon lítio;
- A descarga da bateria íon lítio.

Todos estes vídeos foram apresentados fazendo uso do material didático elaborado para demonstrar de emprego da RA.

Figura 98: Seminário PROFQUI-UFV. Apresentação do trabalho.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a apresentação, os professores responderam a um questionário onde se pode avaliar os OVAs desenvolvidos bem como sua aplicação utilizando RA. O questionário foi respondido por quatorze (14) professores.

Quanto ao questionamento: *Utiliza de dispositivo móvel smartphone como mediador de algum recurso didático?*



Fonte: Elaborada pelo autor.

O presente trabalho fez uso de dispositivos móveis para aplicação da RA utilizando os OVAs desenvolvidos. Quase a metade dos professores que responderam a este questionamento não utilizam do smartphone na aplicação de algum recurso didático embora sejam tais dispositivos móveis um poderoso recurso tecnológico no processo de ensino e aprendizagem. Com este questionamento, o presente trabalho procura motivar o professor a aplicar o uso da tecnologia RA em sala de aula com uso do dispositivo móvel smartphone bem como outros aplicativos voltados ao ensino de Química.

Quanto ao questionamento: *Conhecia, antes da realização do seminário, da tecnologia Realidade Aumentada (R.A.)?*



Fonte: Elaborada pelo autor.

Pelo levantamento feito, muitos professores conhecem a tecnologia RA. A RA está sendo empregada em vários setores sociais. Procurou demonstrar o emprego da realidade RA como recurso didático para o ensino de Química. Muitos aplicativos utilizam da RA voltados para o ensino de Química, principalmente abordando temas como Tabela Periódica e Ligações Químicas.

Quanto ao questionamento: *Aplicaria a tecnologia R.A. como recurso didático?*



Fonte: Elaborada pelo autor.

O resultado para questionamento reforça que a RA é um poderoso recurso didático no processo de ensino e aprendizagem de Química. Os vídeos desenvolvidos procuram minimizar a abstração associada ao ensino de Química exibindo a movimentação das unidades estruturais que constituem os sistemas eletroquímicos abordados.

Quanto ao questionamento: *Caso tenha acesso às animações, empregaria as mesmas, como recurso didático, sem necessariamente empregar a tecnologia R.A.?*



Fonte: Elaborada pelo autor.

O resultado para este questionamento mostra que as animações digitais bem como os vídeos a partir destas foram bem desenvolvidos mesmo se tendo pouco conhecimento do programa de modelagem Blender®. Muitos erros foram cometidos, mas com dedicação e trabalho os mesmos foram minimizados e mesmo sanados.

Quanto ao questionamento: *Explica a bateria de íon lítio?*



Fonte: Elaborada pelo autor.

O resultado para este questionamento mostra que a escolha do tema bateria íon lítio foi acertada. Pouco abordada no ensino médio, as baterias íon lítio apresentam conceitos e fenômenos químicos peculiares. O emprego da RA no ensino destes sistemas eletroquímicos reforça o entendimento associados à bateria íon lítio ao exibir, através de animações, os compostos de intercalação, a movimentação dos íons lítio intercalados de um eletrodo para outro e a associação desses movimentos às semirreações representativas desses fenômenos.

APÊNDICE

Apêndice 01: Aplicação da Realidade Aumentada.

Para aplicação da realidade aumentada utilizando do dispositivo móvel smartphone utilizou do aplicativo HPReveal®.

- Instale o aplicativo HPReveal®.
- Na tela principal toque em iniciar sessão.



- Na tela seguinte crie uma senha. Na próxima tela digite sua senha.



- No campo busca digite: luizreis. Em seguida clique em seguir.
- Para a próxima tela, aperte o marcador destacado em azul na parte inferior da tela. Sequência para aplicar a realidade aumentado via aplicativo HPReveal®.

