

**Redação selecionada e publicada  
pela Olimpíada de Química SP-2011**

**Autor:** Patrik Vencovsky Moura Miranda

**Série:** Segunda Ensino Médio

**Profs.** Lilian Siqueira e Fábio Siqueira

**Colégio:** Bandeirantes

**Cidade:** São Paulo, SP

**Do “órgão elétrico artificial” aos carros elétricos: a incrível trajetória das pilhas.**

No século XXI, constata-se que a sociedade está cada vez mais dependente dos aparelhos eletroeletrônicos para a realização de seus afazeres cotidianos. De fato, com o advento da Química, juntamente às outras ciências exatas, grandes conquistas puderam ser obtidas. Neste contexto ímpar de crescimento tecnológico, uma área em especial tem proporcionado muitas aplicações para o mundo cotidiano: a eletroquímica, que por meio da aplicação prática dos conceitos físico-químicos envolvidos, têm permitido o uso de diversos aparelhos, muitos deles apresentando mecanismos de funcionamento baseados no uso de pilhas. Computadores, celulares, câmeras fotográficas, carros, marca-passos cardíacos, tocadores de áudio digital, são muitos os exemplos de aparelhos cujo funcionamento está baseado neste dispositivo eletroquímico tão importante para a sociedade, a tal ponto de ser considerado por muitos como a grande invenção do final do século XVIII, realizada pelo físico italiano Alessandro Volta em 1799.

É interessante comentar como a primeira pilha foi concebida: a invenção deste incrível dispositivo eletroquímico surgiu de uma controvérsia entre os cientistas italianos Alessandro Volta e Luigi Galvani. Tendo este último feito uma experiência em 1780 na qual pôde observar a contração dos músculos de uma rã através do contato entre a perna do anfíbio e dois metais, Galvani propôs que o efeito era devido à existência do que chamou de “eletricidade animal”. Volta, por sua vez, acreditava que o efeito se devia ao contato dos diferentes metais, instigando-o a construir um “órgão elétrico artificial” para confirmar suas idéias. Este dispositivo era formado por vários discos de dois metais empilhados (por isso o nome “pilha”) alternadamente e separados por um fino papel embebido por solução de cloreto de sódio ou por ácido sulfúrico. Desse modo foi criada a primeira pilha elétrica, revolucionando a ciência no final do século XVIII.

Primeiramente, faz-se necessário esclarecer os princípios básicos do funcionamento de uma pilha elétrica. A pilha é uma célula galvânica, um tipo de cela eletroquímica caracterizada pelo fato de nela ocorrer uma reação química de oxidação-redução (portanto, com transferência de elétrons) espontânea, gerando corrente elétrica através do fluxo ordenado de cargas elétricas. Assim, pode-se concluir que o mecanismo básico de funcionamento de uma pilha consiste na transformação de energia química, presente nas

substâncias envolvidas, em energia elétrica. Entretanto, surge uma dúvida: de que maneira converter esta energia? Para responder a esta questão, recorre-se ao modelo da chamada Pilha de Daniell, uma cela galvânica cujo funcionamento é simples e muito didático, construída pelo químico inglês John Daniell em 1836 e cujo mecanismo de funcionamento é aplicável aos outros tipos de pilhas.

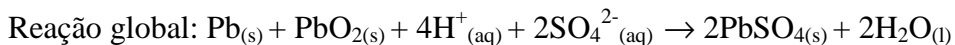
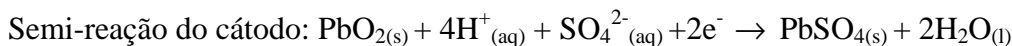
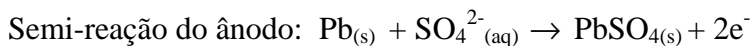
Uma pilha é constituída, essencialmente, de dois eletrodos (conjunto que estabelece contato com o circuito elétrico do dispositivo— uma placa metálica e uma solução iônica). O eletrodo em que ocorre oxidação (perda de elétrons) recebe o nome de Ânodo, enquanto que o eletrodo no qual ocorre redução (ganho de elétrons) é chamado de Cátodo. A transferência de elétrons do ânodo para o cátodo de uma pilha deve-se à diferença de reatividade dos metais: metais mais reativos, como os alcalinos, tendem a doar elétrons. Já os íons de metais menos reativos, tais como a prata, tendem a receber elétrons.

Na pilha de Daniell, cada semi-cela é constituída por um dos eletrodos, e em ambas a placa do seu respectivo metal está mergulhada em uma solução que contém normalmente os íons deste elemento metálico. A conexão entre as semi-celas é feita por meio de um fio metálico (no qual ocorrerá a transferência de elétrons do ânodo para o cátodo) e por uma ponte salina (para evitar acúmulo de cargas). Desse modo, estabelece-se um fluxo de cargas elétricas (corrente elétrica). Vale ressaltar que no fio são os elétrons que se movimentam, ao passo em que na ponte salina cátions e ânions realizam movimento. Por fim, estabelece-se assim uma diferença de potencial elétrico (tensão elétrica) entre cátodo e ânodo, o que confirma a idéia de Alessandro Volta de que a perna da rã seria apenas um condutor de eletricidade, contraindo-se quando em contato com dois metais diferentes (e assim com diferentes reatividades).

Entretanto, conforme o estudo das pilhas passou a se difundir ao longo do século XIX, começaram a surgir propostas de melhoramentos à pilha de Daniell, visando conferir maior praticidade e portabilidade às pilhas elétricas. As evoluções foram tamanhas que na atualidade têm-se diversos tipos de pilhas, com diferentes características. Faz-se necessário, então, analisar o funcionamento de algumas delas, visando melhor compreendê-las. Também é importante ressaltar que o termo “bateria” é utilizado para designar uma associação de duas ou mais pilhas, porém popularmente é usado para designar uma única pilha.

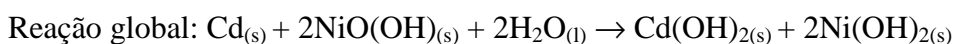
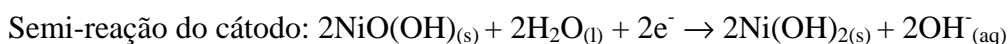
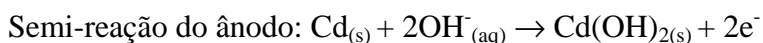
A bateria de automóvel (bateria de ácido-chumbo ou ainda acumulador) foi inventada em 1859 pelo francês Raymond Gaston Planté e consiste em uma associação de 6 pilhas ligadas em série, o que gera um fornecimento total de 12V. Ela é constituída por 6 compartimentos, nos quais está contida uma pilha em cada um deles, sendo produzida uma força eletromotriz (diferença de potencial) de 2V por compartimento. O ânodo (pólo negativo) da bateria de ácido-chumbo é formado por um conjunto de placas de chumbo, enquanto o cátodo (pólo positivo) da bateria é constituído por um grupo de placas de óxido de chumbo (IV). Ambos os eletrodos estão imersos em uma solução de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), sendo separados por um revestimento de fibra de vidro ou por espaçamentos de madeira, enquanto que o revestimento externo e as superfícies que separam as pilhas são constituídos por plástico. As dimensões de uma bateria de ácido-chumbo usada em automóveis são próximas de 55 cm x 10 cm x 30 cm (comprimento x largura x altura).

Sua densidade média de energia é de 0,10 MJ/kg, tendo durabilidade de 20 a 60 meses. As semi-reações e a reação global da bateria de ácido-chumbo são as seguintes:



Outra característica interessante sobre a bateria de ácido-chumbo diz respeito ao ácido sulfúrico: à medida que as reações ocorrem, a concentração de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  vai diminuindo, de modo que a densidade da solução diminui. Desse modo, é possível determinar se a bateria foi descarregada através do uso de um densímetro. Uma grande vantagem da bateria de ácido-chumbo é o fato de ela ser recarregável, processo este que ocorre através da passagem de corrente elétrica em sentido contrário ao seu funcionamento normal, forçando as reações a ocorrerem no sentido inverso. No carro, o dínamo (alternador) é responsável por carregar continuamente a bateria, pois caso contrário, sua durabilidade seria baixíssima. Assim, conclui-se que as principais vantagens desta bateria são sua capacidade de recarga (cabe aqui ressaltar que o sólido  $\text{PbSO}_4$  formado é continuamente convertido em  $\text{Pb}$ ,  $\text{PbO}_2$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ) e a produção de eletricidade em um curto intervalo de tempo, o que é propício para a partida dos motores de carros. Entre as suas principais desvantagens, há a necessidade de reposição periódica de água, a emissão de vapores tóxicos, a possibilidade de corrosão e vazamento, além de seu elevado peso.

Outra pilha muito utilizada nos aparelhos eletroeletrônicos é a de níquel-cádmio (pilha nicad). Seu ânodo é constituído por cádmio metálico, já seu cátodo é formado pelo oxi-hidróxido de níquel (III) -  $[\text{NiO}(\text{OH})]_{(s)}$ . As reações da pilha nicad ocorrem em meio básico. Suas semi-reações e a reação global são:



A pilha de níquel-cádmio, assim como a bateria de ácido-chumbo, pode ser recarregada, uma vez que os produtos da reação, por serem sólidos, aderem aos eletrodos, de modo que as reações podem ser revertidas. De fato, ela pode ser recarregada até 4000 vezes. Uma única pilha de níquel-cádmio fornece uma voltagem de 1,4 V, porém elas normalmente são usadas em pacotes revestidos por uma capa de plástico, compostos por três ou mais pilhas em série, gerando maiores voltagens. Até a descarga, a voltagem se mantém constante, e quando não está em uso, demora bastante para se descarregar. Uma bateria de 4 pilhas desse tipo possui dimensões pequenas, densidade média de energia superior à da bateria de ácido-chumbo e durabilidade condicionada pelo seu uso, porém geralmente baixa.

Uma das grandes desvantagens da pilha nicad que, aliás, é um dos grandes problemas das pilhas de maneira geral, é o seu perigoso descarte. Por ser constituída por cádmio, um metal pesado, seu descarte

inadequado representa um sério risco ao meio-ambiente e à saúde das pessoas, já que este metal é tóxico e possui efeito cumulativo no organismo humano. Medidas capazes de solucionar este grave problema são a reciclagem das pilhas e baterias, juntamente à criação de depósitos específicos para resíduos químicos perigosos. Ademais, apesar de seu alto custo em relação à bateria de chumbo, a pilha nicad é pequena, sendo empregada em aparelhos sem fio, como telefones, câmeras de vídeo e alguns celulares.

Enfim, é possível discorrer sobre inúmeras outras pilhas, importantíssimas para a humanidade, tais como a pilha de íon-lítio, cujo funcionamento é baseado no movimento dos íons de lítio, o que confere características peculiares, tais como alta densidade de energia, maior capacidade de armazenamento e menor peso, sendo muito utilizada em laptops e outros aparelhos. Por fim, é imprescindível falar sobre a pilha de lítio-iodo, responsável por salvar vidas: por ser leve, pequena, não emitir gases e ter duração de 5 a 8 anos, ela é empregada no marca-passo cardíaco, um aparelho implantado no peito do paciente com problemas cardíacos e que gera impulsos elétricos que regularizam os batimentos do coração.

Entretanto, ainda há muitos desafios a serem solucionados, como a viabilidade do uso do carro elétrico, uma promissora opção tecnológica da indústria automobilística. Este tipo de veículo proporciona várias vantagens, tais como o mínimo impacto ambiental (são menos poluentes do que carros movidos por motor a combustível), além das significativas reduções de custo para recarga. Apenas para se ter uma idéia mais concreta, estima-se que, para um carro elétrico que possua 50 baterias de ácido-chumbo, são necessários 12 kWh para que ele rode 80 km. Fixando o preço do kWh em R\$0,50, teríamos um custo médio de R\$0,075 por km rodado. Já um carro movido a gasolina, fixando o preço do litro em R\$2,50 e adotando o seu consumo como sendo de 12 km/litro, através de um simples cálculo chega-se à conclusão que seu custo médio é de R\$0,20 por km rodado. Percebe-se pela análise quantitativa dos dados que o custo de recarga por km do carro elétrico corresponde a menos de 40% do custo por km do carro a gasolina. No entanto, por serem movidos por motores elétricos, estes carros apresentam obstáculos a serem superados, justamente quanto ao uso de suas baterias. Entre os diversos problemas, há o seu elevado peso (seu conjunto pode ter até 500 kg), a limitação de sua capacidade de armazenamento (suficiente para percorrer até 200 km), a sua curta durabilidade e a demora para serem recarregadas (de 1 a 8 horas). Diante destes problemas, uma alternativa que tem sido adotada pela indústria automobilística é o uso das células a combustível, menores, de recarga instantânea, mais leves e não poluidoras (há apenas produção de água). Embora de menor densidade de energia do que etanol e gasolina, as suas vantagens são tantas que o único grande entrave à sua utilização ainda é o seu alto custo.

Desse modo, conclui-se que ainda existem muitos problemas a serem solucionados, todos eles através da intensificação das pesquisas científicas e do barateamento das tecnologias existentes. Todavia, os benefícios que as pilhas e baterias têm trazido à humanidade no decorrer dos anos são muitos, sendo muito difícil poder imaginar como os avanços tecnológicos teriam ocorrido sem a sua existência.

**Bibliografia:**

Livros: Francisco M. Peruzzo e Eduardo L. do Canto – *Química: na abordagem do cotidiano V.2*-Ed. Moderna–2006-São Paulo;  
Ricardo Feltre – *Físico Química V. 2*-Ed. Moderna–2004-São Paulo. Sites: <http://carros.hsw.uol.com.br>;  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Energy\\_density](http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_density); <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pilha>.