

PILHA VOLTAICA: ENTRE RÃS, ACASOS E NECESSIDADES⁺*

Marcelo Gomes Germano

Departamento de Física – UEPB

Isabelle Priscila Carneiro de Lima

Mestranda em Ensino de Ciência e Matemática – UEPB

Ana Paula Bispo da Silva

Departamento de Física – UEPB

Campina Grande – PB

Resumo

O estudo e a construção de geradores eletroquímicos, como baterias e pilhas, embora bastante enfatizados nos laboratórios de química, não recebem a mesma atenção nos cursos de física. Em muitos casos, o estudo da corrente elétrica negligencia o caráter processual de elaboração deste conceito que, de acordo com relatos históricos, está diretamente vinculado ao evento de construção da primeira pilha elétrica. Em uma tentativa de persuadir o professor a iniciar o estudo da corrente elétrica considerando os experimentos históricos que contribuíram para a construção deste conceito, apresentamos uma proposta para a construção de uma bateria voltaica, isto é, um gerador de corrente galvânica construído a partir de material simples e de fácil aquisição que, conforme mediação do professor, pode ser útil para introduzir uma discussão em torno das controvérsias históricas e dos acontecimentos que contribuíram para a construção da primeira pilha elétrica e a consequente obtenção de uma corrente elétrica sustentável.

⁺ Voltaic cell: between frogs, chances and needs

^{*} *Recebido: abril de 2011.
Aceito: novembro de 2011.*

Palavras-chave: Experimentos. Históricos. Pilha voltaica.

Abstract

We have observed that the study and the construction of electrochemical generators, such as batteries and voltaic cells, although quite emphasized in Chemistry labs, do not receive the same attention in Physics courses. In many cases the study of electrical current appears dissociated from the historical development process of this concept, which we understand it is directly related to the construction of the first electric battery. In an attempt to persuade the teacher to start the study of the electrical current, considering the historical experiments that contributed to the construction of this concept, this paper presents a proposal for building of a voltaic cell, ie a galvanic current generator constructed from inexpensive and simple material. We believe that this experiment can be useful to the teacher to introduce a discussion of the historical controversies and events that contributed to build the first electric cell and the consequent achievement of a sustainable electrical current.

Keywords: Experiments. Historical. Voltaic cell.

I. Introdução

Muito raramente, o acaso figura como elemento desencadeador de uma investigação científica e, embora a história da ciência revele alguns acidentes importantes, a maioria deles já acontece em um ambiente de pesquisa e no contexto da necessidade de resposta a um determinado problema. A construção do conceito de corrente elétrica é um exemplo de como um imprevisto no ambiente de pesquisa acaba contribuindo para intensificar o curso de uma investigação em andamento. A história da convulsão da perna de uma rã, embora contada de muitas maneiras diferentes e, independente da veracidade no tocante aos detalhes, aponta para o fato de que um resultado inesperado influenciou Galvani a intensificar suas pesquisas sobre a já conhecida hipótese da eletricidade animal. O experimento de fácil reprodução teria despertado a curiosidade de Alessandro Volta que, no final do século XVIII, sugeriu uma explicação diferente para o fenômeno observado por

Galvani e, a partir de um experimento simples, conseguiu, pela primeira vez, uma fonte de corrente elétrica constante.

Neste artigo, apresentamos uma proposta com os detalhes de construção e funcionamento de um gerador de corrente galvânica que tem características semelhantes às do segundo modelo proposto por Volta. Construído a partir de material simples e de fácil aquisição, esse aparato pode ser importante para inaugurar a discussão do episódio histórico envolvendo as diferentes explicações apresentadas por Luigi Galvani e Alessandro Volta em torno da controvertida hipótese da eletricidade animal.

De fato, conforme reconhece Alves Filho (2000), a possibilidade de reconstituir um cenário histórico ligado a um determinado assunto a partir de uma atividade experimental pode valorizar o contexto histórico, permitindo ao professor trabalhar e ensinar de forma menos dogmática. Entretanto, a História da Ciência deve inspirar um cenário próprio para uma recontextualização epistemológica, caso contrário, não tem o potencial didático preconizado.

No caso da construção experimental, a atividade pode ser desenvolvida através de oficinas pedagógicas onde os estudantes, divididos em grupos de quatro ou cinco, sejam envolvidos na construção do modelo experimental previamente planejado e, a partir de situações problematizadoras, sejam motivados a explicar os fenômenos observados, à luz do bom senso, ou a partir de algum modelo físico conhecido. Naturalmente, conforme a mediação do professor, a atividade poderá evoluir para uma discussão em torno do conceito de corrente elétrica, diferença de potencial, sentido real e convencional da corrente, além de uma excelente oportunidade de diálogo interdisciplinar com os estudos de química. Contudo, não é objetivo deste artigo fornecer um roteiro didático-metodológico para a condução do experimento em uma aula de Física. Sempre caberá ao professor adequar a proposta metodológica aos limites impostos pela realidade de sua sala de aula.

II. Da eletricidade animal à construção da pilha elétrica: aspectos históricos

O século XVIII foi marcado por estudos intensivos e demonstrações públicas de fenômenos relacionados à eletricidade, ramo da filosofia natural que experimentou grandes realizações durante aquele século. Por esse motivo, muitas teorias e diversos aparatos experimentais foram construídos para explicar os novos fenômenos observados, dentre estes, podemos citar a Garrafa de Leyden, as experiências de Cisternay Du Fay (1698-1739) sobre a eletricidade vítrea e resinosa e as

ideias do fluido elétrico positivo e negativo de Benjamin Franklin (1706-1790) (SILVA, 2008).

É nesse contexto que Luigi Galvani (1737-1798), médico, filósofo e professor de anatomia na Universidade de Bolonha, na Itália, concentra sua atenção para a aplicação terapêutica da eletricidade, um campo conhecido na época como “*eletricidade médica*”. Naturalmente, atraído pelos seus interesses terapêuticos, Galvani orientou sua pesquisa para o que se chamava, na época, de *eletricidade animal*, termo cunhado pelo médico francês Pierre Bertholon (1741-1800), que juntamente com o italiano Giuseppe Gardini (1740-1816), defendia a existência de uma eletricidade própria dos animais.

Em janeiro de 1781, enquanto trabalhava com uma rã dissecada, cujos membros inferiores repousavam sobre uma mesa do seu laboratório, junto com alguns equipamentos elétricos, Galvani observou que, quando os nervos internos da perna do animal morto eram tocados com um bisturi, uma violenta contração dos músculos era verificada. Interessado pelo fenômeno, desenvolveu uma pesquisa para tentar explicá-lo e, em pouco tempo, publicou um trabalho intitulado *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius* (Comentários sobre as forças da eletricidade no movimento muscular), no qual revelou uma descoberta extraordinária: rãs, quando dissecadas, poderiam produzir contrações em suas pernas por um longo período se os seus nervos fossem conectados aos seus músculos através de algum tipo de metal. Com esse experimento, Galvani afirmou existir um tipo de eletricidade animal (MARTINS, 2000; BROWN, 2007).

Considerada a facilidade de reprodução, muitos cientistas da época reproduziram os experimentos de Galvani. Um deles, Alessandro Volta (1745-1827), físico da Universidade de Pavia, também na Itália, reconstruiu-o e atribuiu aos metais condutores e ao fluido existente no tecido animal o motivo da condução elétrica, negando, assim, a existência de uma eletricidade animal. Para ele, o par de condutores metálicos quando conectado ao condutor úmido (neste caso, o líquido ácido contido nos músculos do animal), permitia o fluxo de uma corrente de eletricidade de um para o outro. Volta conseguiu, pela primeira vez, uma fonte de corrente elétrica constante, que não necessitaria de ser carregada como a Garrafa de Leyden. Através de um condensador construído por ele, era possível observar a presença de uma pequena tensão elétrica, quando esse circuito estava aberto (FALOMO, 2008).

O dispositivo montado por Volta era formado por discos de prata e zinco ou prata e chumbo ou prata e estanho ou, ainda, cobre e estanho. Cada par metálico era separado do seguinte por um disco de um material poroso – papelão, couro ou outro material absorvente similar – embebido em uma solução de sal. A “*pilha*” de

discos, que mais tarde receberia o nome de *Pilha elétrica de Volta*, era construída de tal forma que o disco inferior era de prata e o superior de outro metal, geralmente zinco. A essas placas terminais eram ligados fios metálicos para conduzir a eletricidade produzida (MAGNAGHI; ASSIS, 2008; TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 2000).

Volta também testou outro modelo, semelhante a uma cadeia de recipientes de vidro, madeira ou cerâmica, cheias até a metade com uma solução de sal ou com barrela. Esses recipientes eram colocados lado a lado e conectados por um conjunto de lâminas, cujos terminais eram um de prata, depositada sobre cobre, e o outro de zinco (ou estanho), imerso na próxima vasilha (CHAGAS, 2000).

Apesar de Volta ter realizado os seus experimentos no segundo semestre de 1799, somente divulgou o seu invento em 20 de março de 1800, através de um comunicado ao presidente da Sociedade Real de Londres, *sir* Joseph Banks (1743-1820), intitulado *Sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre metais de natureza distinta e também pelo contato de outros condutores*, em que descrevia detalhadamente seus estudos (HEILBRON, 2007).

Como se observa pelo título, Volta acreditava, equivocadamente, que a eletricidade gerada pela pilha era devida ao contato de dois metais diferentes (teoria da eletricidade por contato) e, ainda, não percebia a importância da substância eletrolítica. Somente em 1834, com as leis da estequiometria, Michael Faraday apresentou evidências em favor dos que defendiam a tese de uma correspondência quantitativa entre a eletricidade e os eventos químicos. Em oposição a algumas ideias, defendidas por La Rive, de que o fenômeno da eletricidade ocorria apenas localmente, na parte do metal que estava em contato com a substância química, Faraday mostrou que havia uma “condução” da eletricidade, através de decomposições e recomposições das moléculas que constituíam a substância. Dessa forma, foi possível fazer uma analogia entre os fenômenos químicos e elétricos (WHITTAKER, 1987, p. 170).

III. Pilha elétrica: uma proposta de construção

Nesta seção, apresentamos uma sugestão simples e detalhada para a construção de uma pilha elétrica com material simples e de fácil aquisição. Também chamamos a atenção para o que pode sair errado e acrescentamos uma explicação detalhada da reação química envolvida no processo de geração de uma ddp de aproximadamente 2,2 V.

III.1 Material necessário

- 1 Placa de madeira
- 2 Sarrafos de madeira
- Pregos
- Ferro de solda
- Furadeira elétrica
- Dois tubos plásticos tipo saleiros
- Fio fino
- Substância ácida: vinagre ou suco de limão
- Fitas ou bastões de cobre e de zinco
- *Leds* ou lâmpadas pequenas

III.2 Detalhes da construção

A construção é bastante simples e pode ser dividida em duas partes principais: a montagem das “pilhas” e de uma base que lhe servirá de sustentação. Na referida base, pode ser introduzido um *led*, uma pequena lâmpada ou um relógio que, ao serem alimentados, revelarão alguns dos efeitos da corrente elétrica. A montagem de duas pilhas se deve ao fato de que uma única pilha apresenta uma corrente muito fraca que não consegue acender o *led*.

Para a construção das “pilhas”, serão necessárias quatro lâminas, duas de cobre e duas de zinco, cortadas de acordo com os tamanhos dos dois potinhos plásticos onde serão introduzidas juntamente com a solução ácida. Na sugestão apresentada, as lâminas são de 6 cm por 2 cm, cortadas conforme a Fig. 1. Depois de aprontar as lâminas, utilizando um estilete, são feitos dois cortes nas duas laterais das tampas plásticas dos recipientes. Os cortes devem ter tamanhos compatíveis com as placas, conforme especifica a Fig. 2. A parte superior de cada lâmina é introduzida através dos cortes e, em seguida, dobrada, uma para a esquerda e outra para a direita (Fig. 2).



Fig. 1 - Imagem das lâminas.



Fig. 2 - Visão de uma das pilhas.

Após a montagem das duas pilhas, é importante construir uma base onde elas serão fixadas e associadas em série. Para a montagem da base, utiliza-se uma placa de madeira (1x 15 x 20 cm), onde são fixados dois sarrafos (1,0 x 1,0 x 15 cm) que servirão de pés de apoio. Depois de marcar os pontos onde serão colados os dois geradores eletroquímicos, com o auxílio de uma furadeira, são feitos dois pequenos furos para a passagem dos fios de conexão e um outro, um pouco maior, para a fixação de um *led* (para uma melhor visualização, o *led* deve ficar dentro do orifício). Veja as Fig. 2 e 3.

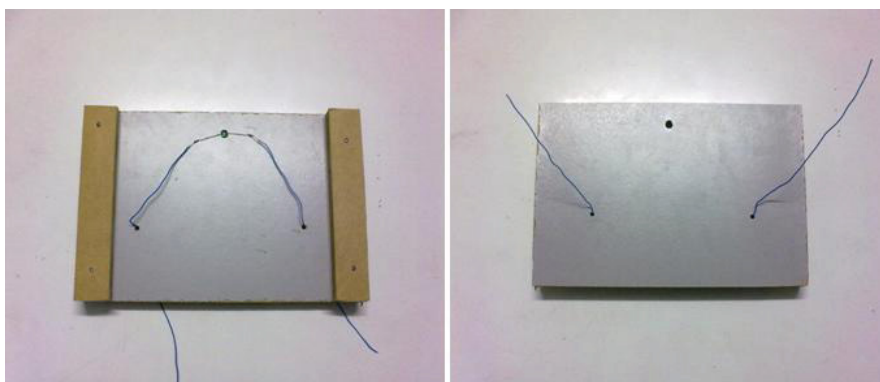


Fig. 3 - Visão da parte inferior da base. Fig. 4 - Visão da parte superior da base.

Utilizando cola quente ou outro recurso semelhante, fixa-se os potes plásticos de modo que, ao serem fechados, a lâmina de zinco de um encontre a lâmina de cobre do outro. Com as lâminas já ajustadas às tampas, pode-se introduzir vinagre de cozinha ou outra solução ácida nos potes e depois fechá-los cuidadosamente, de modo que as lâminas não entrem em contato no interior da solução e a parte externa da lâmina de cobre de um dos tubos seja conectada à parte externa da lâmina de zinco do outro (ver Fig. 5). Agora, basta ligar o *led* a bateria e observar o seu brilho.

III.3 O que pode dar errado

Caso o *led* não acenda, é importante verificar o que pode ter saído errado. Algumas possibilidades são as seguintes: como os *leds* são polarizados, o sentido da corrente é fundamental para o seu funcionamento. Neste caso, faça a ligação dos fios aos polos contrários da bateria. Se ainda não funcionar, o *led* pode estar quei-

mado. Também é importante verificar se as placas não estão se tocando no interior da solução. Utilize um multímetro para medir as tensões e as correntes.

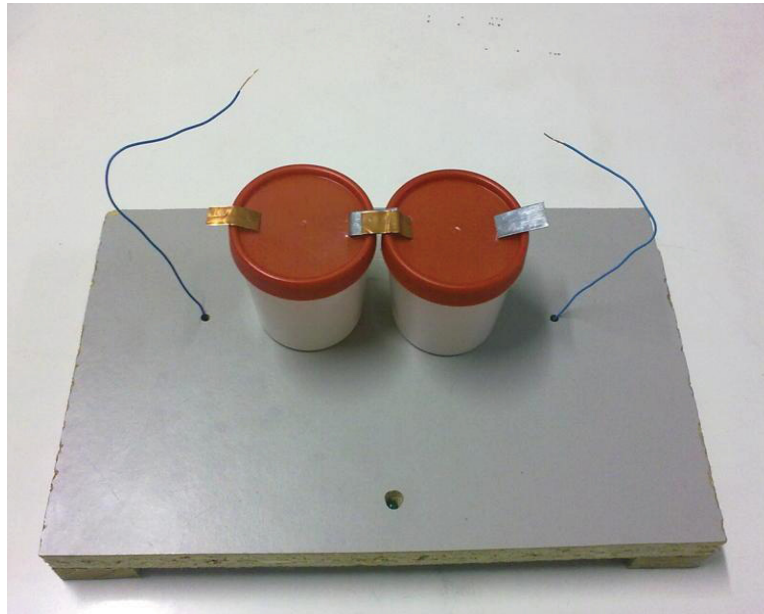


Fig. 5 - Visão da pilha completa.

III.4 Explicando o fenômeno

Em termos atuais, diríamos que, entre o cobre (Cu) e o zinco (Zn), aparece uma voltagem de, aproximadamente, 1,10V. Essa diferença de potencial é devida ao fato de ambos os metais reagirem com o ácido acético, enviando íons Cu^{++} e Zn^{++} para a solução. Nesse caso, ambos os metais ficam em um potencial mais baixo que a solução, mas, como um deles (o zinco) se dissolve mais que o outro (cobre), a lâmina de zinco ficará com um potencial mais baixo.

A liberação de íons não permanecerá indefinidamente, pois as cargas positivas que contornam qualquer uma das lâminas atingem um valor limite, a partir do qual qualquer novo íon liberado na solução será imediatamente repellido, retornando à lâmina e unindo-se a dois elétrons na forma de um átomo neutro.

Por outro lado, se a lâmina de zinco for ligada a lâmina de cobre através de um fio condutor externo, os seus elétrons em excesso fluirão para a fita de cobre

e logo estarão em um mesmo potencial. Como explicar a sustentabilidade da corrente elétrica por um intervalo considerável de tempo? A se resposta encontra na reação química.

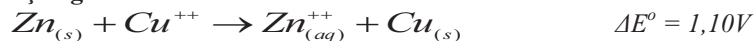
Redução



Oxidação



Equação global

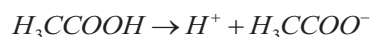


Apresentação:

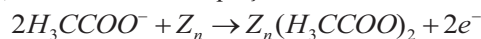
Ánodo/ Solução Ânodo // Solução de Cátodo/ Cátodo



A solução de ácido acético (H_3CCOOH) produz íons hidrogênicos mais íons acetatos



O íon acetato se dirige para o zinco e reage com ele, formando-se acetato de zinco, de acordo com a equação:



Conforme se observa, a reação libera dois elétrons que podem ser conduzidos para a placa de cobre através de um fio condutor qualquer. Essa reação química é, de fato, a fonte de elétrons que a pilha fornece para sustentar a corrente elétrica no circuito externo.

O íon de hidrogênio H^{+} dirige-se para a lâmina de cobre, onde recebe um elétron, transformando-se em um átomo de hidrogênio neutro. Unindo-se dois a dois, os átomos se transformam em moléculas de hidrogênio que se desprendem junto à lâmina de cobre.



Com a utilização da pilha, a reação química permanece e a lâmina de zinco vai sendo desgastada e transformada em acetato de zinco. Em linhas gerais,

pode-se afirmar que a energia elétrica fornecida pela pilha é proveniente da energia química liberada a partir do desgaste da lâmina de zinco.

Naturalmente, depois de algum tempo de uso, para garantir o funcionamento da pilha, a lâmina de zinco deve ser trocada. No caso do cobre, embora o desgaste seja menor e o tempo de vida da lâmina seja maior, também deve ser trocado convenientemente.

IV. Conclusão

A partir dos esforços de Galvani e Volta, tornou-se possível criar correntes elétricas estáveis, suscetíveis de serem estudadas com o devido cuidado e, embora o vínculo que unia as cargas elétricas obtidas por atrito e as correntes galvânicas continuasse obscuro – alguns físicos separavam os fenômenos elétricos dos fenômenos “galvânicos” –, a importância da corrente elétrica para o desenvolvimento da eletricidade como um ramo consolidado da ciência e da tecnologia da época merece um destaque e não deveria ser omitida nos cursos de eletromagnetismo.

Acreditamos que, a partir de uma atividade simples como a que sugerimos neste artigo, o professor possa discutir questões conceituais relacionadas à diferença de potencial, à intensidade e ao sentido convencional da corrente, ao circuito simples, às medidas elétricas e a muitas outras questões que julgar pertinente. Em caso de mostras de trabalhos, pode-se associar a bateria a um carrinho de pilhas ou qualquer outro aparelho que possa ser alimentado por uma pequena corrente contínua. O efeito é interessante e a construção é bastante simples. Por outro lado, a atividade também pode ser introduzida como experimento histórico que, associada a um bom texto, pode resgatar importantes episódios envolvidos no processo de construção da primeira pilha elétrica.

Referências

BROWN, T. M.; Galvani, L. **Dicionário de Biografias Científicas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007. p. 974-976.

CHAGAS, A. P. Os 200 anos da pilha elétrica. **Química Nova**, v. 23, n. 3, p. 427-429, 2000.

FALOMO, L. The Volta-Galvani Debate. Disponível em:

<<http://stet.wetpaint.com/page/The+Volta-Galvani+Debate>>. Acesso em: 09 jun. 2010.

FELTRE R.; YOSHINAGA S. **QUÍMICA para o segundo grau**. São Paulo: Ed. Moderna, 1977.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o primeiro Grau. Coleção: Na sala de aula**. São Paulo: Editora Ática, 1992.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física III: Eletromagnetismo. São Paulo, 1990.

HEILBRON, J. L.; VOLTA, A. **Dicionário de Biografias Científicas**. Rio de Janeiro: Contraponto; 2007. p. 2552-2565.

MAGNAGHI, C. P.; ASSIS, A. K. T. Sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre substâncias condutoras de tipos diferentes – uma tradução comentada do artigo de Volta de 1800 descrevendo sua invenção da pilha elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 118-140, abr. 2008.

MARTINS, R. A. O contexto da invenção e divulgação da pilha elétrica por Alessandro Volta. p. 285-290. In: GOLDFARB, J. L.; FERRAZ, M. H. M. (Eds.). **Anais do VII Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia e da VII Reunião da Rede de Intercâmbios para a História e a Epistemologia das Ciências Químicas e Biológicas**. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência/EDUSP, 2000.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: O caso de Benjamin Franklin. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 141-159, abr. 2008.

TOLENTINO, M; ROCHA-FILHO, C. O bicentenário da invenção da pilha de Volta. **Química Nova na Escola**, n. 11, maio 2000.

WHITTAKER, E. **A history of the theories of aether and electricity. I. The classical theories**. American Institute of Physics, Tomash publishers, 1987. 434p.