

Este arquivo contém o texto completo do seguinte trabalho:

MARTINS, Roberto de Andrade. O contexto da invenção e divulgação da pilha elétrica por Alessandro Volta. Pp. 285-290, in: GOLDFARB, José Luiz & FERRAZ, Márcia Helena Mendes (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.

Este arquivo foi copiado da biblioteca eletrônica do Grupo de História e Teoria da Ciência <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>> da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), do seguinte endereço eletrônico (URL):

<<http://ghtc.ifi.unicamp.br/pdf/ram-75.pdf>>

Esta cópia eletrônica do trabalho acima mencionado está sendo fornecida para uso individual, para fins de pesquisa. É proibida a reprodução e fornecimento de cópias a outras pessoas. Os direitos autorais permanecem sob propriedade dos autores e das editoras das publicações originais.

This file contains the full text of the following paper:

MARTINS, Roberto de Andrade. O contexto da invenção e divulgação da pilha elétrica por Alessandro Volta. Pp. 285-290, in: GOLDFARB, José Luiz & FERRAZ, Márcia Helena Mendes (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.

This file was downloaded from the electronic library of the Group of History and Theory of Science <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>> of the State University of Campinas (UNICAMP), Brazil, from following electronic address (URL):

<<http://ghtc.ifi.unicamp.br/pdf/ram-75.pdf>>

This electronic copy of the aforementioned work is hereby provided for exclusive individual research use. The reproduction and forwarding of copies to third parties is hereby forbidden. Copyright of this work belongs to the authors and publishers of the original publication.

O Contexto da Invenção e Divulgação da Pilha Elétrica por Alessandro Volta

ROBERTO DE ANDRADE MARTINS

Em 20 de março de 1800 Alessandro Volta escreveu uma famosa carta ao Presidente da Royal Society de Londres, Sir Joseph Banks, comunicando-lhe a invenção de um novo tipo de aparelho que mais tarde se tornou conhecido sob o nome de pilha elétrica. A correspondência foi logo publicada sob forma de artigo nos anais da *Royal Society (Philosophical Transactions)*. A repercussão foi positiva e imediata. O aparelho foi reproduzido e utilizado por toda parte, e em pouco tempo surgiram novas descobertas científicas importantes, como a decomposição da água pela eletricidade.

Para nós, leitores do final do século 20, o estilo da carta de Volta suscita surpresa. A descrição da construção do aparelho é acompanhada por uma longa análise dos efeitos fisiológicos produzidos pela pilha, deixando de lado a discussão dos aspectos puramente físicos, que esperaríamos encontrar. Para entender o estilo adotado por Volta na divulgação da pilha é necessário compreender o contexto dessa descoberta, e esse é o objetivo principal do presente artigo.

Na sua carta Volta descreveu a construção da pilha de forma bastante cuidadosa, o que permitiu que outras pessoas imediatamente construíssem aparelhos semelhantes. Ele recomendava utilizar discos de prata (P) e de zinco (Z), intercalados com discos de papel molhado

em água salgada (A), em uma seqüência do tipo: PZA-PZA-PZA-PZA-...-PZ (Volta, 1800, p. 406). No entanto, nesse trabalho ele não forneceu nenhuma explicação teórica para o funcionamento do aparelho.

À medida que descrevia a pilha, Volta indicava os efeitos fisiológicos que podiam ser obtidos com ela. Com 20 pares metálicos era possível sentir alguns choques, “que se assemelham à pequena comoção que faz sentir uma garrafa de Leyden fracamente carregada, ou um torpedo extremamente enfraquecido, que imita melhor ainda os efeitos de meu aparelho, por causa da seqüência de repetidos choques que pode dar incessantemente” (Volta, 1800, p. 407). Com uma pilha de 40 a 50 pares a sensação se tornava dolorosa e insuportável (Volta, 1800, p. 410). O artigo continua com descrições de montagens de aparelhos equivalentes à pilha, mencionando apenas efeitos fisiológicos (choques). Volta comparou seu aparelho à arraia elétrica (“torpedo”) e sugeriu que dentro do corpo desse animal existiria uma seqüência de membranas ou discos semelhante à estrutura da sua pilha (Volta, 1800, p. 416).

Mais adiante, Volta indicou que, além dos choques, a “corrente de fluido elétrico” podia também “irritar os órgãos do paladar, da visão, da audição e do tato” (Volta, 1800, p. 420). Descreveu as sensações produzidas na pele por

choques curtos, por correntes de duração mais longa e pela interrupção da corrente, enfatizando que a sensação é muito mais dolorosa quando a corrente elétrica atinge ferimentos (Volta, 1800, pp. 420-422). Volta descreveu em seguida que a corrente elétrica de uma pilha com poucos pares produz na língua uma sensação de sabor ácido ou amargo, conforme o sentido da corrente (Volta, 1800, p. 423). Com um outro arranjo, podia-se fazer a corrente elétrica passar pelo olho do experimentador, produzindo uma sensação luminosa. Volta descreveu diversas variações do experimento, como esta:

Mas a mais curiosa de todas essas experiências é manter a lâmina metálica entre os lábios cerrados, e em contato com a ponta da língua; pois, quando se completa o círculo, da forma conveniente, se o aparelho for suficientemente grande e estiver em boas condições, e se a corrente elétrica for bastante forte, excita-se ao mesmo tempo uma sensação luminosa nos olhos, uma convulsão nos lábios, e mesmo na língua, uma picada dolorosa na ponta, seguida enfim da sensação de sabor (Volta, 1800, pp. 426-427).

Volta procurou também observar o efeito de uma corrente elétrica na audição, introduzindo sondas metálicas em ambos os ouvidos e conectando-as a um aparelho com 30 a 40 pares metálicos. Além de sentir um choque inicial, que sacudiu sua cabeça, sentiu um ruído difícil de definir (Volta, 1800, p. 427). No caso do nariz, não conseguiu produzir nenhuma sensação de odor. O artigo termina com uma análise do órgão elétrico do torpedo, questionando as explicações anteriores e defendendo novamente que esse animal dispõe de um órgão semelhante à pilha (Volta, 1800, pp. 429-431).

Este é o conteúdo do famoso artigo de Volta. Vejamos, agora, o seu contexto.

No final do século XVIII os fenômenos elétricos eram estudados sob diferentes aspectos. Por um lado, havia a eletricidade gerada por atrito, que produzia atrações e repulsões e podia ser conduzida por metais. Havia a eletricidade atmosférica, estudada por Benjamin

Franklin e outros pesquisadores, que também havia adquirido grande destaque. O conhecimento “popular” sobre a eletricidade estava associado a descargas elétricas e choques, que eram exibidos em salões elegantes, sob a forma de uma ciência divertida. Além disso, grande parte da investigação “séria” dessa época estava voltada para fenômenos de natureza biológica, como os choques produzidos por certos peixes e as contrações de pernas de rãs estudadas por Galvani.

Os peixes “elétricos” (certos tipos de arraias e de enguias) haviam sido descritos por John Walsh e John Hunter no início da década de 1770, e estudados por Henri Cavendish em 1775 (Berry, *Henry Cavendish*, p. 111). Eles produziam fortes comições em quem os tocava, semelhantes às que eram sentidas tocando-se garrafas de Leyden carregadas. No entanto, era impossível observar faíscas ou efeitos eletrostáticos produzidos pelos peixes. Cavendish explicou essas propriedades e defendeu a natureza puramente elétrica do fenômeno. Para convencer seus colegas, construiu um torpedo artificial de madeira e couro, colocado em água salgada, conectado a garrafas de Leyden. As pessoas que o tocavam sentiam choques do mesmo tipo dos produzidos pelos peixes (Heilbron, *Electricity in the 17th and 18th centuries*, p. 489).

Desde meados do século 18, após a criação da garrafa de Leyden, experiências com choques elétricos em pessoas e animais haviam se tornado comuns, e sabia-se que a eletricidade produzia contrações musculares. O efeito foi estudado, por exemplo, por Giambattista Beccaria in 1753 (Pera, *The ambiguous frog*, pp. 54-55). Na década de 1770, Giuseppe Veratti e sua esposa Laura Bassi estudaram contrações de rãs submetidas a descargas elétricas (Bresadola, 1999, pp. 73-74).

Os experimentos elétricos sugeriram que talvez a eletricidade tivesse um papel importante no funcionamento dos organismos vivos, mas a idéia mais aceita era a de que existia um “fluido nervoso” peculiar, gerado pelo cérebro e

transportado pelos nervos, capaz de atuar sobre os músculos (Home, 1970). Alguns autores, como Bossier de Sauvages, Tommaso Laghi e Giambattista Beccaria, defenderam a idéia de que esse fluido nervoso era da mesma natureza que a eletricidade. Beccaria foi o mais influente defensor dessa idéia, na época (Simili, 1999, p. 50). Outros autores assumiam que existia uma “eletricidade animal” distinta, pertencente aos seres vivos, capaz de explicar as contrações musculares e movimentos. Os principais propagandistas dessa idéia foram o Abade Nicolas Bertholon e Giuseppe Gardini, em trabalhos premiados pela Academia de Lyon em 1780 (Bresadola, 1999, p. 72). Esses autores tiveram forte influência sobre Galvani.

Em 1791 Luigi Galvani (1737-1798) publicou a descrição de uma série de novos fenômenos. Primeiramente, ele observou que a perna de uma rã dissecada, tocada com um bisturi, se contraía fortemente quando uma máquina elétrica estava em funcionamento perto da rã. Através de vários testes, ele se convenceu de que o fenômeno era de natureza elétrica e que só ocorria quando um condutor era colocado em contato com os músculos da rã ao mesmo tempo em que ocorria uma descarga elétrica no aparelho.

Depois de realizar grande número de experimentos, notou que rãs penduradas ao ar livre em uma cerca metálica pareciam sofrer contrações espontâneas. Pensou inicialmente que a eletricidade atmosférica havia se acumulado nas rãs, e que estava sendo descarregada quando o gancho de latão era pressionado contra a grade de ferro. No entanto, repetindo esses experimentos no laboratório, verificou que as contrações continuavam a ocorrer e a se repetir muitas vezes. Utilizando diferentes materiais, Galvani notou que era necessário conectar a medula da rã ao músculo da perna utilizando condutores metálicos para obter o efeito. Galvani supôs que o próprio animal estava produzindo eletricidade, ou algum tipo de “fluido nervoso” semelhante à eletricidade. Notou também que o fenômeno era muito mais forte quando eram utilizados dois metais diferentes (um

tocando a medula e outro tocando o músculo) do que quando um único metal era utilizado.

Como já foi citado, antes dos experimentos de Galvani já se falava sobre o “fluido nervoso”, que era comparado à eletricidade. Havia no entanto muitas dúvidas sobre se havia uma mera analogia entre eletricidade e o fluido nervoso, ou se ambos poderiam ser idênticos (Kipnis, 1987, p. 111). Logo após a publicação do trabalho de Galvani, muitos trabalhos foram publicados, discutindo a natureza dos fenômenos descritos.

Galvani claramente favorecia a idéia de que a eletricidade animal era diferente da eletricidade comum:

[...] É adequado e razoável supor [...] que a eletricidade artificial atua sobre o nervo da mesma maneira que a [eletricidade] natural, mas que não é completamente igual; pois embora pareça muito semelhante, isso não está demonstrado, permitindo a suspeita de que a eletricidade artificial age como um estímulo e determina a descarga da [eletricidade] natural; e parece provável que, seja qual for a diferença de natureza que exista entre elas, que isso ocorre através de alguma mutação, ou preparação e modificação, que a eletricidade comum sofre por parte da máquina animal [...] (carta de Galvani a Carminati, 8. 05. 1792, em Galvani, *Commentary on the effect of electricity on muscular motion*, pp. 95-96).

Alessandro Volta (1745-1827) tomou conhecimento dos trabalhos de Galvani, e repetiu com sucesso esses experimentos. Inicialmente Volta acreditava, como Galvani, que o corpo dos animais produzia um tipo especial de eletricidade. No entanto, fazendo várias repetições e modificações nos experimentos descritos por Galvani, acabou por concentrar sua atenção nos metais. Em preparações com rãs mortas era possível, algumas vezes, produzir contrações utilizando um único metal, mas as contrações eram muito mais fortes quando se utilizavam dois metais diferentes. Com rãs vivas, o efeito só era observado utilizando um par metálico. Se os condutores metálicos tivessem apenas um papel passivo (de conduzir a eletricidade animal), o fenômeno deveria ser tão forte com um metal quanto com dois metais diferentes.

Volta foi assim conduzido à conjectura de que era o par de metais que produzia o efeito. Os metais, evidentemente, não podiam produzir “eletricidade animal”, portanto poderia tratar-se de um mero fenômeno elétrico, e a rã funcionaria apenas como um delicado detetor de eletricidade. No início de 1893 Volta publicou uma carta dirigida a Giovanni Aldini (sobrinho de Galvani) na qual declarava sua posição contrária à hipótese da eletricidade animal (Heilbron, 1970, p. 77).

Havia no entanto muitos problemas em relação à posição de Volta. Era difícil imaginar, em primeiro lugar, que o mero contato entre metais diferentes (ou entre os metais e as substâncias orgânicas) pudesse produzir eletricidade. Em segundo lugar, todos os experimentos iniciais em que Volta tentava mostrar a existência dessa eletricidade utilizavam animais ou partes de animais, e podiam portanto ser interpretados como devidos a uma “eletricidade animal”.

No ano seguinte, Eusebio Valli (que apoiava a interpretação de Galvani) atacou a visão de Volta, mostrando que era possível produzir contrações em rãs dissecadas sem o uso de nenhum metal – utilizando apenas suas próprias mãos para fechar o circuito entre a medula espinhal e o músculo das pernas (Heilbron, 1970, pp. 77-78). O experimento parecia decisivo contra Volta, mas este deu uma interpretação simples para o novo efeito: supôs que qualquer seqüência de condutores diferentes poderia gerar efeitos elétricos. Analisando várias combinações diferentes de condutores metálicos e não-metálicos, Volta estabeleceu comparações entre suas “forças eletromotoras”, sempre utilizando rãs como detetores.

Para enfatizar a existência de eletricidade gerada nos seres vivos, Galvani resolveu investigar as propriedades dos torpedos marinhos. Em maio de 1795 viajou para Senigallia e Rimini, onde estudou esses peixes, investigando se os choques eram transmitidos pelos mesmos condutores que transmitem a eletricidade artificial. Um relato resumido de seus resultados foi publicado em 1796 (Pupilli, 1953, p. xiv).

Os peixes elétricos constituíam uma forte evidência de que os organismos vivos podiam produzir eletricidade (Simili, 1999, p. 43). Esse tipo específico de “eletricidade animal”, que só existia enquanto o peixe estava vivo, era um fenômeno que Volta não podia explicar com sua teoria de eletricidade gerada por metais.

Além de contrações em rãs, observou-se que a utilização de pares metálicos podia produzir certos efeitos sensoriais nos seres humanos.

Em maio de 1792 Volta realizou um experimento em que colocava dois metais diferentes em contato com a língua, e sentia um sabor ácido forte. Utilizando-se a eletricidade produzida por uma máquina eletrostática também podia ser excitada uma sensação semelhante. Um único condutor metálico não produzia efeitos desse tipo (Pera, *The ambiguous frog*, pp. 107-108). Aldini fez questão de assinalar que esses experimentos já haviam sido realizados 25 anos antes por Johann Sulzer (Aldini, em Galvani, *Commentary on the effects of electricity on muscular motion*, p. 14).

John Robinson observou também, em 1793, que um pedaço de zinco e um de prata, aplicados ao olho, produziam uma sensação luminosa (Jacyna, 1999, p. 167). Esses experimentos foram descritos por Robinson a Richard Fowler, que desenvolveu uma pesquisa sistemática sobre os efeitos produzidos por pares metálicos nos órgãos sensoriais, confirmando os efeitos descritos por Robinson. Notou também que um par de metais podia produzir efeito fortes nos ouvidos (Jacyna, 1999, pp. 171-172).

Fowler repetiu o experimento com os metais na língua, e considerou que o sabor excitado pelos metais era completamente diferente do que era produzido pela eletricidade. Concluiu que não se podia identificar o galvanismo à eletricidade, pois eles produziam sensações diferentes (Jacyna, 1999, pp. 170-171).

A propriedade que caracterizava a eletricidade produzida por fricção, desde a Antigüidade, era a capacidade de produzir atrações (e, depois, repulsões). Com um par metálico, era possível produzir diretamente contrações em

rãs, mas não atrações ou repulsões visíveis. Volta dedicou grande parte de seu esforço à busca de evidências de que o contato entre dois metais produzia realmente eletricidade¹. No entanto, como a tensão elétrica produzida por um único par de metais era muito pequena, era impossível observar diretamente efeitos não fisiológicos dessa eletricidade. Volta realizou vários experimentos indiretos, mas que não foram muito convincentes na época.

A pilha foi inventada como resultado da tentativa de Volta de produzir efeitos elétricos diretos mais fortes, a partir de pares metálicos. Em 1793, fazendo experimentos com diversas séries de metais, Volta percebeu que o efeito produzido por uma seqüência de diferentes substâncias (por exemplo, ABCDE) era igual ao efeito produzido por seus extremos (AE). Por isso, um par ZP de zinco-prata, por exemplo, produzia o mesmo efeito que uma série ZPZPZPZP de pares desse tipo (Heilbron, *Electricity in the 17th and 18th centuries*, p. 493). Em 1799, entretanto, ele percebeu que interpondo um condutor úmido entre os pares metálicos era possível obter um efeito que era muito maior do que o de cada par metálico – e esse foi o passo fundamental na invenção da pilha voltaica.

Considerando-se todo o contexto de estudos fisiológicos em que surgiu a invenção da pilha, era natural que Volta dedicasse grande atenção a fenômenos desse tipo, na carta em que divulgou seu invento. A pilha não era capaz, por si só, de resolver as controvérsias existentes na época. Mas Volta deixou de lado todas as dificuldades ainda existentes, e preocupou-se apenas em divulgar os aspectos positivos de seu trabalho. Reproduzindo experimentos anteriores, mas mostrando que era possível aumentar progressivamente os efeitos utilizando pilhas com número cada vez maior de pares metálicos, Volta reforçava a idéia de que todos os fenômenos fisiológicos eram pro-

duzidos pela eletricidade externa, e não por uma eletricidade animal. No entanto, existiam seres vivos que aparentemente produziam seu próprio fluido elétrico, como os peixes elétricos. Enquanto não explicasse o que ocorria nesse caso, Volta estaria sujeito a críticas. Assim, ao construir sua pilha e apontar uma analogia com o órgão elétrico do torpedo, Volta estava eliminando uma forte objeção às suas idéias.

A pilha permitiu a Volta mostrar efeitos puramente físicos importantes (como produzir deflexões nos eletômetros e carregar garrafas de Leyden), confirmando suas idéias anteriores de que o contato entre dois metais diferentes gerava uma força eletromotriz. Mas ele não enfatizou esses pontos na sua famosa carta de março de 1800, dedicando-se à discussão de efeitos fisiológicos, porque eram estes que chamavam maior atenção na época, sendo portanto de grande importância estratégica tentar associar a pilha a esses fenômenos. Dessa maneira, Volta pretendia – e conseguiu – desviar a atenção dos pesquisadores dos fracos efeitos obtidos pelas técnicas de Galvani, e iniciar um novo período de investigações, no qual as pilhas eram empregadas para produzir todo tipo de choques, contrações em cadáveres humanos, efeitos sensoriais, etc., consagrando o trabalho de Volta e também sua interpretação desses fenômenos.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece o apoio recebido da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

BIBLIOGRAFIA

- BERRY, A. *Henry Cavendish: his Life and Scientific Work*. London, Hutchinson, 1960.
- BRESADOLA, Marco. Exploring Galvani's Room for Experiments, pp. 65-82. In BRESADOLA & PANCALDI (eds.). *Luigi Galvani International Workshop*, 1999.

1. Esse aspecto do trabalho de Volta é estudado no artigo: MARTINS, 1999.

- BRESADOLA, Marco & PANCALDI, Giuliano (eds.). *Luigi Galvani International Workshop. Proceedings*. Bologna, Università di Bologna, 1999.
- GALVANI, Luigi. *Commentary on the Effects of Electricity on Muscular Motion: a Translation of Luigi Galvani's De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*. Trad. Robert M. Green. Cambridge, MA, Elizabeth Licht, 1953.
- HEILBRON, John L. *Electricity in the 17th and 18th Centuries. A Study of Early Modern Physics*. Berkeley, University of California Press, 1979.
- . "Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio", vol. 14, pp. 69-82. In GILLISPIE, Charlton Coulston (ed). *Dictionary of scientific biography*. New York, Charles Scribners Sons, 1970.
- HOME, Roderick. "Electricity and the Nervous Fluid". *Journal of the History of Biology* 3, pp. 235-251, 1970.
- JACYNA, L. S. Galvanic Influences: Themes in the Early History of British Animal Electricity, pp. 167-185. In BRESADOLA & PANCALDI (eds.). *Luigi Galvani International Workshop*, 1999.
- KIPNIS, Nahum. "Luigi Galvani and the Debate on Animal Electricity, 1791-1800". *Annals of Science* 44, pp. 107-142, 1987.
- MARTINS, Roberto de Andrade. "Alessandro Volta e a Invenção da Pilha: Dificuldades no Estabelecimento da Identidade entre o Galvanismo e a Eletricidade". *Acta Scientiarum* 21 (4), pp. 823-35, 1999.
- PERA, Marcello. *The Ambiguous Frog: the Galvani-Volta Controversy on Animal Electricity*. Trad. J. Mandelbaum. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1992.
- PUPILLI, Giulio C. "Introduction", pp. ix-xx. In GALVANI, *Commentary on the Effects of Electricity on Muscular Motion*, 1953.
- SIMILI, Raffaella. "Luigi Galvani", pp. 33-63. In BRESADOLA & PANCALDI (eds.). *Luigi Galvani International Workshop*, 1999.
- VOLTA, Alessandro. "On the Electricity Excited by the mere Contact of Conducting Substances of Different Kinds". *Philosophical Transactions of the Royal Society* 90, pp. 403-431, 1800.