
**SOBRE A ELETRICIDADE EXCITADA PELO SIM-
PLES CONTATO ENTRE SUBSTÂNCIAS CONDU-
TORAS DE TIPOS DIFERENTES – UMA TRADUÇÃO
COMENTADA DO ARTIGO DE VOLTA DE 1800 DES-
CREVENDO SUA INVENÇÃO DA PILHA ELÉTRICA⁺**

C. P. Magnaghi

A. K. T. Assis

Instituto de Física ‘Gleb Wataghin’ – UNICAMP

Campinas – SP

Resumo

É apresentada uma tradução completa para o português do artigo de Volta descrevendo sua invenção da pilha elétrica.

Palavras-chave: *Volta; bateria; corrente elétrica; força eletromotriz.*

Abstract

It is presented a complete Portuguese translation of Volta's paper describing his invention of the electrical battery.

Keywords: *Volta; battery; electric current; electromotive force.*

I. Introdução

Alessandro Volta (1745-1827) apresentou sua invenção da pilha elétrica em 1800. Com ela conseguiu-se pela primeira vez uma fonte de corrente elétrica

⁺ On the Electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds – A commented translation of Volta's Work of 1800 describing his invention of the electric battery

* *Recebido: fevereiro de 2008.
Aceito: março de 2008.*

constante. Este é um dos artigos mais importantes da história do eletromagnetismo e desencadeou uma revolução na ciência e na tecnologia. A carta onde descreve sua descoberta foi endereçada a Joseph Banks (1743-1820), então presidente da Royal Society em Londres, sendo datada de 20 de março de 1800. Ela foi lida perante a Royal Society em 26 de junho de 1800. Ela foi escrita e publicada em francês, com apenas o título em inglês (VOLTA, 1800). Existem traduções em diversos idiomas como, por exemplo, italiano e inglês (VOLTA, 1923, 1964).

Não temos conhecimento de qualquer trabalho de Volta que tenha sido traduzido para o português. Para esta versão em português utilizamos o original em francês, assim como as traduções para o italiano e inglês. Os termos entre colchetes no meio do texto são dos tradutores para facilitar a compreensão de algumas frases.

II. Tradução

Carta do Sr. Alessandro Volta ao Sr. Joseph Banks:

Sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre substâncias condutoras de tipos diferentes

Lida em 26 de junho de 1800.

De Como, província de Milão, 20 de Março de 1800.

Após um longo silêncio, do qual não procurarei desculpas, tenho a satisfação de comunicar-lhe, senhor, e, por vosso meio à Sociedade Real, alguns resultados surpreendentes aos quais cheguei no prosseguimento de minhas experiências sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre metais de natureza distinta e também pelo contato de outros condutores, também diferentes entre si, sejam líquidos ou contendo algum líquido ao qual se atribui o poder de condutor. O principal destes resultados e que inclui quase todos os outros, é a construção de um aparelho que, pelos seus efeitos, pelos choques que é capaz de provocar nos braços, etc., assemelha-se às garrafas de Leiden¹ e ainda mais às baterias elétricas²

¹ O primeiro a construir um condensador foi Ewald Jürgen von Kleist (c. 1700-1748) em 1745. A garrafa de Leiden foi criada por Andreas Cunaeus (1712-1788) em 1745, ao desenvolver algumas experiências realizadas por Pieter van Musschbroek (1692-1761). Estes aparelhos eram inicialmente um frasco de vidro parcialmente preenchido por água e com um

fracamente carregadas, atuando sem interrupção, ou cuja carga, após cada descarga, seria restabelecida por si, que teria, em uma palavra, uma carga indefectível, uma ação ou um impulso contínuo sobre o fluido elétrico; mas que, todavia, difere totalmente, seja por esta ação contínua que lhe é característica, seja porque, em lugar de ser constituído, como as garrafas [de Leiden] e as baterias elétricas usuais, de uma ou mais chapas isolantes, finas camadas daqueles materiais considerados como *elétricos*³, montados em condutores ou materiais chamados *não-elétricos*,

condutor aterrado pela superfície exterior. O vidro funcionava como um isolante, sendo que a água e o metal externo agiam como condutores. Ele era carregado por um fio ligado à água e a uma máquina eletrostática, armazenando carga elétrica. Cargas opostas ficavam armazenadas na água e na superfície condutora externa. Podia ser descarregado quando um condutor era ligado entre a água e o condutor externo. Esta descarga era muito rápida, praticamente instantânea. Se o condutor de descarga fosse um ser vivo, a sensação seria de um choque, que podia ser muito intenso. Para mais detalhes ver o livro de Heilbron (HEILBRON, 1999, Cap. 13, The Invention of the Condenser, p. 309-323).

² A expressão “bateria elétrica” foi usada pela primeira vez por Daniel Gralath (1708-1767) e por Benjamin Franklin (1706-1790) na década de 1740. Eles a aplicaram para uma seqüência de garrafas de Leiden ligadas em paralelo de maneira a aumentar o poder das descargas elétricas que elas produziam ao serem descarregadas (HEILBRON, 1999, p. 317 e 333; DIBNER, 1964, p. 76). Depois esta expressão passou a ser usada também para as pilhas inventadas por Volta e descritas neste artigo, composta de uma seqüência de pares de dois metais diferentes intercalada por um líquido ou por um papelão umedecido. A célula básica seria composta destes dois metais diferentes e o papel umedecido. Várias destas células ligadas em série formavam a pilha de Volta. Hoje em dia utiliza-se indistintamente as expressões “bateria elétrica” e “pilha elétrica” mesmo quando existe apenas uma única célula básica. Esta utilização moderna ocorre, por exemplo, com uma “bateria” de lítio utilizada em calculadoras ou em relógios de pulso, ou uma “pilha” comum dos tipos AA, AAA ou D.

³ A expressão “elétrico” foi criada por William Gilbert (1544-1603) para designar os materiais que tinham o poder de atrair como o âmbar (*elêtron* em grego) ao serem atritados (GILBERT, 1978, págs. 27-30). Entre elas incluiu o azeviche, diamante, etc. Entre as substâncias não-elétricas colocou todos os metais, diversos tipos de madeira, o ímã natural, etc. Em 1729 Stephen Gray (1666-1736) descobriu que alguns corpos tinham a capacidade de conduzir o eflúvio elétrico, ou a virtude elétrica, enquanto que outras substâncias não permitiam a passagem da eletricidade. Na primeira categoria estavam quase todas as substâncias como metais, madeiras, água, o corpo humano, etc. Na segunda estavam a seda, alguns tipos de vidro, a crina de cavalo e algumas resinas. Entre outras coisas conseguiu com que metais e madeiras carregados ou polarizados eletricamente também atraíssem corpos leves, desde que os metais, madeiras, etc. estivessem apoiados ou sustentados por corpos que não permitissem a passagem do fluido elétrico. Seu artigo descrevendo sua descoberta foi publicado em 1731 (GRAY, 1931-2). Com isto perdeu sentido a antiga denominação de Gilbert. Os

este novo aparelho é constituído unicamente por muitos destes últimos materiais, escolhidos entre os melhores condutores e, portanto, os mais distantes da natureza elétrica, segundo o que sempre se acreditou. Sim, o aparelho de que estou falando e que sem dúvida causará admiração, não é senão a junção de certa quantidade de bons condutores de natureza diferente, dispostos em uma determinada maneira. 30, 40, 60 peças ou mais, de cobre, ou melhor, de prata, cada uma delas aplicada a uma peça de estanho, ou, melhor ainda de zinco, e igual número de camadas de água, ou de algum outro líquido que seja melhor condutor que a água pura, como a água salgada, lixívia, etc., ou pedaços de cartão ou pele bem molhados nestes líquidos; estas camadas interpostas entre cada par ou combinação de dois metais diferentes, tal seqüência alternada e sempre na mesma ordem dessas três espécies de condutores, eis tudo o que constitui o meu novo instrumento; o qual imita, como já disse, os efeitos das garrafas de Leiden ou das baterias elétricas, causando os mesmos choques que estas; ele, na verdade, permanece abaixo das atividades das baterias carregadas em um alto nível, quanto à intensidade e ao ruído das explosões, à centelha, à distância na qual pode-se efetuar a descarga, etc., sendo igual somente aos efeitos de uma bateria com carga muito fraca, mas que tem, todavia, uma capacidade imensa; ultrapassa porém infinitamente as virtudes e o poder dessas mesmas baterias, pois não necessita, como estas, ser carregada anteriormente por meio de eletricidade externa e no fato de que é capaz de produzir o choque todas as vezes que seja tocado adequadamente, qualquer que seja a freqüência dos toques.

Este aparelho, similar na essência, como demonstrarei, e mesmo pela maneira como o construí, também na forma, ao *órgão elétrico natural* do torpedo⁴, da

corpos que permitiam o fluxo ou passagem do fluido elétrico passaram a ser denominados de “não-elétricos” ou de “condutores,” enquanto que aos outros corpos foi dado o nome de “elétricos” ou de “isolantes.” O sentido das palavras elétrico e não-elétrico passou a ser o de isolante e condutor, respectivamente. Hoje em dia utilizam-se apenas as expressões isolante e condutor.

⁴ O peixe elétrico torpedo foi muito estudado pelos cientistas nas décadas de 1760-1770, entre eles Henry Cavendish (1731-1810). A analogia dos choques que ele produzia com aqueles produzidos pelas garrafas de Leiden sugeriu que o poder do peixe era elétrico. Ao ser dissecado percebeu-se que seu órgão elétrico era constituído de uma coluna de câmaras idênticas, semelhantes a condensadores. Cavendish chegou a ligar várias garrafas de Leiden em paralelo aumentando sua capacidade de armazenar cargas. Construiu até mesmo um modelo de peixe elétrico artificial com estas garrafas de Leiden (HEILBRON, 1999, p. xxi-xxii e 487-489).

enguia elétrica, etc. mais do que às garrafas de Leiden e às baterias elétricas conhecidas, gostaria de chamar a este aparelho de *órgão elétrico artificial*. E na verdade não é este aparelho, como aquele, constituído unicamente por corpos condutores? Não é ele, por outro lado, ativo por si mesmo, sem necessidade de carga anterior, sem a ajuda de qualquer eletricidade excitada por algum dos meios até agora conhecidos; de ação incessante; enfim capaz de fornecer a cada instante choques mais ou menos fortes, dependendo das circunstâncias, choques que se intensificam a cada toque e que, repetidos assim com frequência, ou aplicados de maneira contínua por certo tempo, produzem o mesmo entorpecimento dos membros como no caso do torpedo, etc.?

Agora vou dar uma descrição mais detalhada deste aparelho, e de alguns outros análogos, como também das experiências relacionadas mais notáveis.

Obtive algumas dúzias de pequenas chapas redondas ou discos de cobre, de latão, ou melhor, de prata, mais ou menos de uma polegada de diâmetro⁵ (por exemplo, algumas moedas) e igual número de discos de estanho, ou que é muito melhor, de zinco, com a mesma forma e largura. Digo mais ou menos, porque não é necessária uma precisão rigorosa, e em geral, tanto o diâmetro quanto a forma das peças metálicas são arbitrários. Somente temos que prestar atenção para que possam ser dispostos facilmente uns sobre os outros, na forma de coluna. Além disso, preparo um grande número de discos de papelão, ou de couro, ou de qualquer outro material esponjoso capaz de absorver e de reter água ou outro líquido, com o qual será necessário, para o sucesso das experiências, que permaneçam bem umedecidos. Faço esses discos, que chamarei de discos umedecidos, um pouco menores que os discos metálicos, para que, quando interpostos entre eles, da maneira descrita adiante, não transbordem.

Tendo todas essas peças em bom estado, isto é, os discos metálicos bem adaptados e secos, e os não-metálicos bem molhados simplesmente com água ou, o que é bem melhor, com água salgada, e tendo enxugado todo o conjunto para que não haja gotejamento, resta finalizar com uma disposição adequada, a qual é simples e fácil.

Disponho então horizontalmente como base uma mesa qualquer e sobre essa mesa um disco metálico, por exemplo, de prata, e sobre este primeiro, um disco de zinco; sobre este disco coloco um dos discos umedecidos; depois um outro de prata, acima dele um de zinco e posteriormente um disco umedecido.

⁵ Uma polegada vale 2,54 cm.

Continuo assim, da mesma maneira, acoplando um disco de prata com um de zinco, e sempre na mesma seqüência, isto é, sempre a prata embaixo e o zinco acima; ou vice-versa, de acordo como foi o começo, e intercalando a cada um destes pares um disco umedecido; continuo até formar com várias destas camadas uma coluna tão alta que possa se sustentar sem cair.

Agora, se esta coluna chega a conter cerca de vinte dessas camadas ou pares metálicos, já será suficiente não somente de fazer dar ao eletrômetro de Cavallo⁶ uma indicação superior a 10 ou 15 graus, e de carregar um condensador através de um simples contato a ponto de provocar uma faísca etc., como também para causar um ou vários pequenos choques nos dedos que toquem as extremidades (topo e base desta coluna) e mais ou menos freqüentes de acordo com a repetição dos contatos; cada um desses choques assemelha-se ao leve choque causado por uma garrafa de Leiden levemente carregada, ou por uma bateria carregada ainda mais fracamente ou, finalmente, por um torpedo muito enfraquecido, que se assemelha ainda mais ao meu aparelho pela repetição dos choques que causa sem cessar.

Para obter estes choques leves do aparelho que descrevi, e que é ainda muito pequeno para grande resultados, é necessário que os dedos com os quais se quer tocar suas duas extremidades ao mesmo tempo, sejam molhados com água, ao ponto que a pele, que de outro modo não é boa condutora, fique bem úmida. Ainda, para conseguir [o efeito] com maior certeza e receber choques consideravelmente mais fortes, é necessário pôr em comunicação por meio de uma tira suficientemente larga ou um fio metálico bem grosso, o pé da coluna, isto é, o último disco, com a água de uma bacia ou de uma tigela bem grande, na qual se deixará imerso um, dois, ou três dedos, ou toda a mão, enquanto a extremidade superior (o último disco da coluna) será tocada com a extremidade limpa de uma lâmina metálica, segurando-a com a outra mão que deve estar bem úmida e deve tocar uma grande parte da superfície da lâmina e segurá-la com força. Com este procedimento, já posso obter um leve choque em uma ou duas articulações de um dedo imerso na água da bacia enquanto toco com a lâmina segura na outra mão, o terceiro ou o quarto par de discos; se depois tocar o quinto ou o sexto par e em seguida os outros até o último par que está no topo da coluna, é curioso sentir que os choques au-

⁶ Volta havia se encontrado com Tiberio Cavallo (1749-1809) em Londres em 1782. Ele foi o principal pesquisador inglês de eletricidade da década de 1780. Seu eletrômetro foi desenvolvido em 1779. Era pequeno e portátil, sendo às vezes chamado de eletrômetro de bolso. Entre outras melhorias continha uma campânula de vidro para evitar perturbações por correntes de ar.

mentam gradativamente de intensidade. Esta força é tal que chego a receber de uma dessas colunas, feita com 20 pares de discos (não mais), choques que tomam todo o dedo e o atingem de modo assaz dolorido, se for imerso na água da bacia; e estendem-se (sem dor) até o pulso e também até o cotovelo se a mão for imersa em grande parte ou totalmente, sendo percebidos também no pulso da outra mão.

Deve-se sempre prestar a maior atenção na construção da coluna para que cada par de metais resultante de um disco de prata aplicado a um disco de zinco esteja em comunicação com o par seguinte através de uma camada suficiente de líquido, seja água pura, ou melhor, água salgada, ou através de um disco de cartão, de couro ou material assemelhado, bem embebido desta água salgada; e que esse disco não seja pequeno demais e que as suas superfícies sejam bem aderidas àquelas dos discos metálicos entre os quais se acha colocado. Esta aderência extensa e bem feita dos discos umedecidos é muito importante, enquanto os discos metálicos de cada par podem tocar-se entre si somente em poucos pontos, desde que o seu contato seja direto.

Tudo isso mostra que se o contato dos metais entre si em poucos pontos é suficiente (sendo todos excelentes condutores) para dar livre passagem a uma corrente elétrica⁷ medianamente forte, o mesmo não acontece com os líquidos ou com os corpos embebidos de líquido, que são condutores bem menos perfeitos e que, conseqüentemente, necessitam de um grande contato com os condutores metálicos, e mais ainda entre si, para que o fluido elétrico possa passar facilmente e para que não venha a sofrer retardos em seu curso principalmente quando se desloca com pouca força, como é o nosso caso.

Por outro lado, os efeitos do meu aparelho (os choques sentidos) são consideravelmente mais sensíveis na medida em que a temperatura do ar ambiente, ou da água, ou dos discos umedecidos que constituem a coluna, ou da própria água da bacia, é mais quente, pois o calor torna a água mais condutora. Mas o que a torna bem melhor [condutora] são quase todos os sais, especialmente o sal comum. Eis uma das razões, senão a única, pela qual é tão vantajoso que a água da bacia e principalmente aquela interposta entre cada par de discos metálicos, a água com que são umedecidos os discos de papelão etc., seja água salgada, como já mencionei.

⁷ É importante observar aqui a utilização da expressão *corrente elétrica* (*courant électrique*) por Volta, um conceito que vai ficar mais claro após os trabalhos de A.-M. Ampère (1775-1836) na década de 1820.

Porém todos estes meios e todos estes cuidados, enfim, não têm senão uma vantagem limitada e nunca permitirão obter choques bem fortes, enquanto o aparelho estiver constituído por uma única coluna de 20 pares de discos, mesmo sendo constituídos pelos melhores metais para essas experiências, isto é, de prata e de zinco. Pois se eles fossem de prata e de chumbo, ou de estanho, ou de cobre e de estanho, somente obter-se-ia a metade do efeito, a menos que um número muito maior [de elementos] não suprisse a menor força de cada par. Pois o que aumenta realmente a potência elétrica deste aparelho e pode aumentá-la a ponto de igualar ou até de ultrapassar aquela do torpedo e da enguia elétrica, é o número de discos dispostos da maneira e com os cuidados que já descrevi. Se aos 20 pares acima descritos forem adicionados outros 20 ou 30, dispostos na mesma ordem, os choques que poderão ser causados pela coluna assim prolongada (descreverei em breve como pode ser sustentada de modo que não caia, ou, o que é melhor, ser dividida em duas ou mais colunas) já serão muito mais fortes e estender-se-ão nos dois braços até o ombro, especialmente naquele cuja mão é mergulhada na água; sendo que esta mão, com todo o braço, ficará até entorpecida se, repetindo os contatos com frequência, repetem-se estes choques rapidamente, uns após os outros e sem descanso. Isto [ocorre], mergulhando toda ou quase toda a mão na água da bacia; mas ao imergir somente um dedo, total ou parcialmente, os choques, concentrados somente nele, serão muito mais doloridos e tão fortes que tornam-se insuportáveis.

Espera-se que esta coluna, formada por 40 ou 50 pares metálicos, que fornece choques mais que medianos aos braços de uma pessoa, poderá ainda fornecer choques sensíveis a várias pessoas, as quais, segurando-se pelas mãos (suficientemente úmidas), formem uma cadeia ininterrupta.

Retornando à construção mecânica do meu aparelho, que permite muitas variações, descreverei aqui não todas aquelas que imaginei e realizei, sejam grandes ou pequenas, mas somente as mais úteis ou curiosas, que apresentem algum interesse real, como ser de execução fácil ou rápida, ou ter os efeitos mais garantidos, ou de maior durabilidade.

E para começar com uma [variação] que, reunindo mais ou menos todas essas vantagens, difere mais, quanto à sua forma, do *aparelho em coluna* acima descrito, mas que tem a desvantagem de ser mais volumoso; apresento este novo aparelho, que chamarei de *coroa de taças*, na figura abaixo (Fig. 1).

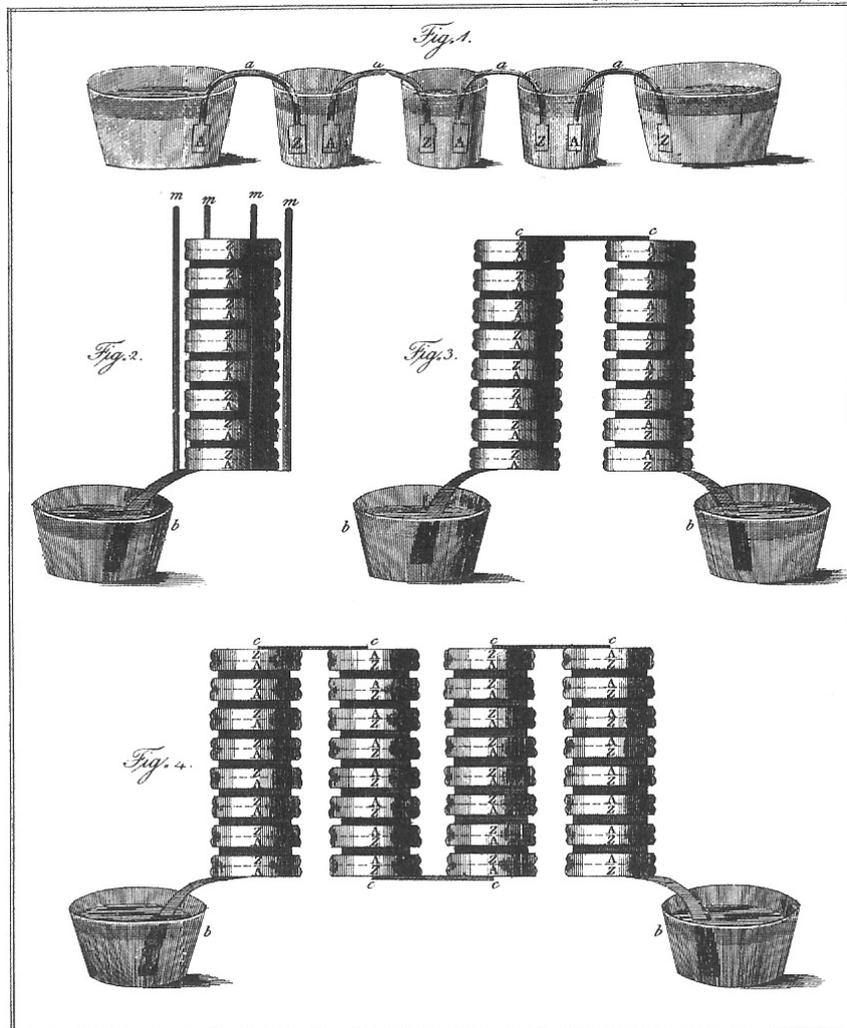


Fig. 1 - Figura original do artigo de Volta.

Disponha-se então de uma série de taças ou copos, de qualquer material, exceto os metálicos, taças de madeira, de concha, de argila, ou melhor, de cristal (copos pequenos ou grandes para beber são os mais indicados) cheias pela metade de água pura, ou melhor, de água salgada ou de lixívia. Todas são postas em co-

municação entre si, formando uma espécie de cadeia, por meio de pontes metálicas das quais um braço Aa , ou somente a extremidade A que está imersa em uma das taças é de cobre vermelho ou amarelo, ou melhor, de cobre prateado, e a outra extremidade Z , que está imersa na taça seguinte é de estanho ou melhor ainda de zinco. Observarei aqui de passagem que a lixívia e os outros líquidos alcalinos são preferíveis quando um dos metais que devem ser imersos é o estanho; a água salgada é preferível quando for o zinco. Os dois metais de que se compõe cada ponte são unidos por solda na parte superior àquela imersa no líquido e devem estar no líquido com uma superfície suficientemente larga. Portanto, é conveniente que esta parte seja uma lâmina de uma polegada quadrada ou pouco menos; o restante da ponte pode ser bem mais estreito, até um simples fio metálico. Pode também ser de um terceiro metal, diferente dos dois que estão imersos no líquido das taças; pois a ação do fluido elétrico resultante de todos os contatos de vários metais colocados diretamente um após o outro, a força que finalmente aciona o fluido elétrico é absolutamente a mesma, ou quase, daquela que teria recebido pelo contato direto entre o primeiro e o último metal, sem outros intermediários, como verifiquei por experiências diretas, das quais falarei alhures.

Então, uma série de 30, 40 ou 60 destas taças, conectadas desta maneira e dispostas seja em linha reta, seja em curva ou em qualquer disposição, forma esse novo aparelho, que basicamente é o mesmo que o outro, em coluna, anteriormente descrito. O essencial, que consiste na comunicação direta dos metais diferentes que formam cada par e a comunicação entre um par e outro, intermediada por um condutor úmido, ocorre nos dois aparelhos.

Quanto à maneira de testar o aparelho de taças e quanto às diferentes experiências que podem ser feitas com ele, não preciso falar muito depois do que observei e expliquei amplamente a propósito do aparelho em coluna. É fácil entender que para obter um choque é suficiente imergir uma mão em uma das taças e um dedo da outra mão em uma outra taça bastante distante da primeira e que este choque será tão mais forte quanto mais afastadas entre si estiverem as duas taças, isto é, quando houver maior número de taças intermediárias e que, por consequência, o choque mais forte ocorrerá tocando a primeira e a última taça da cadeia. Compreende-se também como e porque as experiências terão melhor resultado segurando, com uma mão bem úmida, uma lâmina metálica suficientemente larga (de modo que o contato seja quase perfeito e ocorra através de um grande número de pontos) e tocando com essa lâmina a água da taça enquanto a outra mão é deixada imersa na água de outra taça afastada, ou toca com outra lâmina segurada do mesmo modo, a ponte da mesma. Enfim, compreende-se e pode ser previsto o sucesso de uma

grande variedade de experiências que podem ser realizadas com este *aparelho de coroa de taças* mais facilmente e com melhor visualização, do que com o outro aparelho em forma de coluna. Portanto, evitarei descrever um grande número destas experiências de fácil intuição e referirei somente algumas ao mesmo tempo instrutivas e divertidas.

Tomamos então três vintenas de taças, alinhadas e ligadas uma à outra por meio de pontes metálicas, mas de modo que na primeira vintena as pontes sejam todas dispostas no mesmo sentido, por exemplo, a chapa de prata à esquerda e a de zinco à direita; para a segunda vintena, no sentido contrário, isto é, o zinco à esquerda e a prata à direita; finalmente, na terceira vintena, de novo, a prata à esquerda como na primeira vintena. Com essa disposição, colocai um dedo na água da primeira taça e tocai com a lâmina segurada com a outra mão, da maneira descrita, a primeira ponte metálica (aquela que une a primeira taça à segunda), em seguida a outra ponte, que liga a segunda e a terceira taça, e sucessivamente as outras pontes, até tocar todas. Se a água for bem salgada e morna e as mãos estiverem suficientemente úmidas, começareis a perceber um pequeno choque no dedo já chegando a tocar a 4ª ou 5ª ponte (já cheguei a sentir distintamente em contato com a 3ª); passando sucessivamente à 6ª ou 7ª etc. os choques aumentarão gradativamente de intensidade até à 20ª ponte, ou seja, até à última das que estão orientadas no mesmo sentido; porém, passando adiante, na 21ª, 22ª, 23ª, isto é, na 1ª, 2ª, 3ª da segunda vintena, na qual as chapas são todas colocadas no sentido contrário, os choques ficarão cada vez mais fracos, tanto que, na 36ª ou 37ª ficarão imperceptíveis e absolutamente nulos na 40ª, além da qual (iniciando a terceira vintena, contrária da segunda e análoga à primeira), os choques serão ainda imperceptíveis, até à 44ª ou 45ª ponte; mas recomeçarão a ficar perceptíveis a aumentarão gradativamente à medida em que avançareis até a 60ª, onde alcançarão a mesma força que na 20ª ponte.

Agora se as 20 pontes do meio fossem orientadas no mesmo sentido que as vinte anteriores e as vinte posteriores, se todas as 60 tendessem a empurrar o fluido elétrico no mesmo sentido, compreende-se como o efeito final seria maior e o choque mais forte, e, em geral, compreende-se como e até que ponto a força deva ser enfraquecida em todos os casos em que, por causa da posição oposta dos metais, um número maior ou menor dessas forças estejam em oposição.

Se a cadeia for interrompida em algum ponto, seja que falte água em uma das taças, seja que uma das pontes metálicas tenha sido eliminada ou que tenha sido cortada em dois pedaços, não experimentareis nenhum choque mergulhando um dedo na água da primeira e um outro na água da última taça; mas perceberéis

um choque, forte ou fraco, segundo as circunstâncias (deixando os dedos imersos) no momento em que será restabelecida a comunicação interrompida, no momento em que uma outra pessoa mergulhará, nas duas taças onde falta a ponte, dois dos seus dedos (que também perceberão certo choque), ou ainda se for recolocada a mesma ponte que tinha sido eliminada ou uma outra qualquer; e, no caso da ponte separada em dois pedaços, no momento em que for restabelecido o contato entre os dois pedaços (desta maneira o choque será mais forte que nos outros casos); finalmente, no caso da taça vazia, no momento em que, despejando água nela, esta atingirá as duas partes metálicas que estavam secas.

Quando a cadeia ou coroa de taças é bastante longa e em condições de poder fornecer uma forte descarga, sentir-se-á, ainda que muito mais fraca, mesmo que se tenha imergido dois dedos ou as duas mãos em uma única bacia bastante grande de água, na qual sejam colocados a primeira e a última ponte metálica, desde que uma ou outra das mãos imersas, ou melhor, as duas sejam colocadas respectivamente em contato com as pontes correspondentes, ou bem próximas do contato; perceber-se-á, digo, um choque no momento em que (sendo a cadeia interrompida em algum lugar) o contato seja então restabelecido e o circuito fechado em um dos modos descritos anteriormente. Agora poderá causar surpresa que neste circuito a corrente elétrica, mesmo tendo a sua passagem livre nesta massa contínua de água que está na tigela, deixe este bom condutor para buscar e prosseguir o seu curso através do corpo da pessoa que tem suas mãos imersas nesta mesma água, fazendo desse modo um trajeto mais longo. Mas não haverá surpresa se refletimos que os organismos animais vivos e quentes e principalmente os seus líquidos são em geral melhores condutores do que a água. Portanto o corpo da pessoa que imerge as mãos na água, oferecendo uma passagem mais fácil do que a água ao fluido elétrico, este o preferirá mesmo que seja mais longo. Por outro lado, como o fluido elétrico que deve atravessar condutores não perfeitos e principalmente condutores úmidos, prefere passar em um canal mais largo, ou repartir-se em muitos [canais], ou até tomar vias transversas, encontrando desta maneira uma resistência menor do que ao seguir um único canal; no nosso caso, apenas uma parte do fluido elétrico afasta-se da água e toma esta nova via [através] da pessoa, percorrendo-a de um braço ao outro, enquanto que uma outra parte, mais ou menos grande, atravessa a água da bacia. Eis a razão pela qual o choque que se sente é muito mais fraco do que quando a corrente não é dividida, quando a pessoa faz sozinha a comunicação entre uma ponte e outra, etc.

Após estas experiências, pode-se entender que quando o torpedo quer causar um choque aos braços de uma pessoa ou aos animais que o tocam ou que se

aproximam do seu corpo debaixo da água (este choque é igualmente mais fraco do que o choque que o peixe pode dar fora da água), ele só tem que aproximar algumas partes do seu órgão elétrico onde, por causa de alguma interrupção, falta o contato; ele só tem que eliminar essas interrupções entre uma e outra das colunas de que é formado o seu órgão, ou entre as membranas na forma de discos finos que estão empilhados uns sobre os outros em forma de coluna; ele, digo, somente tem que eliminar essas interrupções, substituindo-as por um contato adequado, seja comprimindo essas colunas, seja fazendo escoar entre as membranas ou diafragmas levantados, qualquer líquido etc. Eis como pode ser e, como imagino, que realmente seja, todo o trabalho do torpedo quando quer dar um choque; pois todo o restante, isto é, a incitação e o movimento fornecido ao fluido elétrico, é apenas um efeito necessário de seu órgão particular, constituído, como sabemos, por uma série numerosa de condutores que acredito serem bem diferentes entre si e dispostos de tal maneira que possam ser assim *motores* do fluido elétrico, através de seus contatos mútuos, e de os supor colocados de maneira conveniente para impelir esse fluido com uma força suficiente, de cima para baixo, ou de baixo para cima, e produzir uma corrente capaz de proporcionar o choque, etc. rapidamente, e todas as vezes que os contatos necessários forem estabelecidos.

Deixemos agora o torpedo e seu *órgão elétrico natural* e voltemos ao *órgão elétrico artificial* que inventei e particularmente àquele que imita o primeiro na sua forma (pois o modelo em forma de taças afasta-se neste aspecto), voltemos ao meu primeiro *aparelho em coluna*. Eu ainda poderia dizer algumas coisas sobre a construção do aparelho de copos ou *de coroa de taças*, por exemplo, que é melhor que a primeira e a última taça sejam suficientemente grandes para permitir a imersão, se necessário, de toda a mão etc., mas seria por demais demorado entrar em todos esses detalhes.

Quanto ao aparelho em coluna, procurei a maneira de alongá-lo bastante, aumentando os discos sem que viesse a cair; de tornar esse instrumento de uso fácil e portátil e, principalmente, durável. Encontrei entre outros, as seguintes [montagens] que vos descrevo por meio das figuras anexas (Fig. 2, 3, 4).

Na Fig. 2, *m m m m*, são suportes verticais ou pequenas barras, em número de três, quatro ou mais, montadas a partir da base da coluna, fechando como em uma gaiola os discos, apoiados uns sobre os outros, em número e altura desejados, impedindo-os assim de cair. Essas pequenas barras podem ser de vidro, de madeira ou de metal; só que, neste último caso, é necessário impedir que toquem diretamente os discos; isto pode ser feito ou cobrindo cada uma das barras metálicas com um tubo de vidro ou interpondo entre essas [barras] e a coluna uma bandagem de

tela encerada ou papel oleoso ou qualquer outro material, enfim, que seja inibidor ou mau condutor: a madeira e o papel são suficientes para o nosso caso, desde que não sejam muito úmidos, ou molhados.

Porém a melhor maneira, quando se deseja montar um aparelho com um número muito grande de discos, por exemplo, mais de 60, 80 ou 100, é de dividir a coluna em duas ou mais como se pode ver nas Figuras 3 e 4, nas quais todas as peças têm suas posições e conexões como se constituíssem uma única coluna. Pode-se efetivamente olhar as Fig. 3 e 4 como se fossem uma só coluna dobrada.

Em todas essas figuras, os diferentes discos metálicos são designados com as letras A e Z (que são as iniciais da *prata* e do *zinco*⁸); e os *discos umedecidos* (de papelão, de pele, etc.) interpostos em cada par metálico, pintados de preto. As linhas tracejadas indicam a união de um metal com outro em cada par, o seu contato recíproco através de uma quantidade indiferente de pontos; ou que eles sejam mantidos em contato por meio de solda, o que é bom sob vários aspectos; *cc, cc, cc* são as chapas metálicas que mantêm em contato as duas secções da coluna; e *b, b, b, b*, são os recipientes de água em comunicação com a base e o topo das colunas.

Um aparelho montado dessa maneira é bastante prático, pouco volumoso e se poderia torná-lo ainda mais facilmente e mais seguramente portátil por meio de algum estojo cilíndrico para a colocação de cada coluna. Pena que a sua duração não seja muito longa: os discos molhados secam-se em um ou dois dias ao ponto que é necessário molhá-los novamente, o que pode ser feito, porém, sem desmontar todo o aparelho, imergindo as colunas completamente na água, e (retirando-as algum tempo depois) enxugando-as externamente com um pano.

A melhor maneira de fazer um instrumento durável seria de fechar e manter a água interposta em cada par metálico e de fixar esses mesmos discos em seus lugares envolvendo toda a coluna com cera ou piche; mesmo que isso seja de execução um pouco difícil e exija muita paciência, consegui e montei desta maneira dois cilindros de 20 pares metálicos que ainda funcionam bem depois de algumas semanas e, espero, [continuem a funcionar] por alguns meses.

Temos a facilidade de poder usar esses cilindros nas experiências, não só de pé, mas também inclinados ou deitados, como se queira, e também imersos na água, deixando fora somente as extremidades. Eles ainda poderiam causar choques mesmo se completamente imersos, desde que contivessem um maior número de discos ou se vários desses cilindros fossem unidos; desta maneira esses cilindros imitariam bastante bem uma enguia elétrica e para assemelhar-se ainda mais no

⁸ *Argent e zinc* no original em francês.

aspecto exterior, eles poderiam ser ligados entre si por fios metálicos dobráveis ou por molas em forma de espiral e ser recobertos em todo o seu comprimento por uma pele, terminando com as extremidades configuradas adequadamente.

Os efeitos percebidos pelos nossos órgãos, produzidos por um aparelho de 40 ou 50 pares metálicos (e também por outro menor, desde que um dos metais seja prata ou cobre, e o outro zinco) não se reduzem simplesmente aos choques. A corrente do fluido elétrico, movimentado e solicitado por tal número e espécie de condutores diferentes, prata, zinco, e água, dispostos alternadamente da maneira descrita, não causa somente contrações e espasmos musculares e convulsões mais ou menos violentas nos membros que ele atravessa em seu curso, mas irrita também os órgãos do paladar, da visão, da audição e do tato, propriamente dito, produzindo assim sensações características em cada um.

Em primeiro lugar, quanto ao sentido do tato. Se, por meio de um amplo contato da mão (bem úmida) com uma lâmina metálica, ou melhor, imergindo a mão na água de uma bacia, estabeleço, de um lado, uma boa comunicação com uma extremidade do meu *aparelho eletro-motor*⁹ (é necessário dar nomes novos aos instrumentos novos, não somente na forma, mas também nos efeitos e nos princípios dos quais eles dependem), e do outro lado aplico a testa, as pálpebras, a ponta do nariz, bem umedecidos, ou alguma parte do corpo onde a pele seja mais delicada: se aplico, digo, com um pouco de pressão, alguma dessas partes sensíveis, bem úmidas, contra um fio metálico que está em contato com a outra extremidade do aparelho, percebo, no instante em que fecho o circuito condutor, no ponto tocado pela pele e um pouco além, um choque e uma pontada que passam logo e que se repetem todas as vezes que se interrompe e se restabelece o circuito; de modo que, se as alternâncias forem freqüentes, elas causam tremor e um beliscão muito desagradáveis. Porém, deixando todos os contatos sempre ligados, sem nenhuma interrupção, não sinto mais nada por alguns momentos após os quais se inicia, na parte em contato com o fio metálico, uma outra sensação que é de dor aguda (sem choque), limitada exatamente ao ponto de contato, uma queimação que não só é contínua, mas vai sempre aumentando a ponto de ficar insuportável em pouco tempo e que cessa somente ao interromper o circuito.

Que prova mais evidente da continuidade da corrente elétrica por todo o tempo em que são mantidos os contatos entre os condutores que formam o circuito

⁹ É desta expressão que vai surgir o termo de *força eletromotriz*, ou *fem*, para a voltagem gerada por uma pilha ou bateria. Para Volta são as forças geradas pelo mero contato entre dois metais diferentes que vão produzir o movimento do fluido elétrico ao longo de um circuito fechado.

contínuo? E que somente interrompendo este circuito a corrente pára? Esta circulação sem término do fluido elétrico, (este *movimento perpétuo*¹⁰) pode parecer paradoxal, pode não ser explicável; por outro lado é verdadeira e real, e pode ser tocada, por assim dizer, com a mão. Uma outra prova evidente pode ser obtida também daquilo que freqüentemente sente-se nesse tipo de experiências, no momento em que se interrompe bruscamente o circuito: um golpe, uma pontada ou um choque, segundo as circunstâncias, bem no instante em que se fecha o circuito; com a única diferença que estas sensações, causadas por uma espécie de refluxo do fluido elétrico ou por um choque que tem origem no corte instantâneo de sua corrente, são mais fracas. Mas aqui não é o lugar de apresentar as provas de tal circulação sem fim do fluido elétrico em um circuito de condutores de espécies diferentes que atuam pelo seu contato mútuo como excitadores ou *motores*: essa asserção que apresentei desde as minhas primeiras pesquisas sobre o galvanismo e que sempre sustentei embasando-a em novos fatos e experiências, não terá mais, assim espero, quem a contradiga.

Retornando à sensação de dor que se sente nas experiências acima descritas, devo acrescentar que se essa dor é bastante forte nas partes recobertas pela pele, ela é muito mais forte onde não existe pele, por exemplo, nas feridas ou nas escoriações recentes. Se por acaso há um pequeno corte no dedo que se imerge na água comunicando com uma extremidade do aparelho eletro-motor, sinto uma dor tão forte, quando, estabelecendo o contato conveniente com a outra extremidade, fecha-se o circuito, a ponto que tenho que desistir da experiência, ou seja, retirar o dedo ou interromper o circuito de alguma outra maneira. Direi mais que não posso sequer resistir mais que poucos segundos quando o tamanho do aparelho é em torno de vinte pares metálicos.

Outro fato que ainda quero comentar é que todas as sensações de beliscada e de dor são mais fortes e agudas, na igualdade de todas as outras causas, quando a parte do corpo que as percebe se encontra do lado negativo, isto é, está colocada no circuito de modo que o fluido elétrico, percorrendo o circuito, não seja dirigido no sentido dessa parte sensível, que o fluido não se dirija no sentido desta de fora para dentro, mas que seja sentido do interior ao exterior ou, em outras palavras, que saia da mesma: com relação a isto é necessário conhecer qual é o positivo e o negativo dos dois metais que constituem o aparelho. Já determinei isto

¹⁰ Mais tarde vai-se descobrir que a energia da pilha não é eterna, pois ocorrem reações químicas nos metais em contato com a água ou com os condutores úmidos. Com a passagem do tempo a energia da pilha vai diminuindo, enquanto estiver fluindo corrente elétrica, até que cessa toda a corrente.

para todos os metais em outras experiências publicadas há muito tempo nos meus primeiros trabalhos sobre o galvanismo. Portanto não repetirei aqui senão que tudo está plenamente confirmado pelas minhas experiências ainda mais demonstrativas e evidentes que me ocupam no momento.

Em relação ao sentido do paladar, já tinha descoberto e publicado nestas primeiras memórias, onde fui obrigado a combater a pretensa eletricidade animal de Galvani¹¹ e a declará-la uma eletricidade extrínseca, acionada pelo contato recíproco entre metais diferentes; eu tinha descoberto, digo, como consequência deste poder que atribuí aos metais, que duas peças destes metais distintos, precisamente uma de prata e outra de zinco, convenientemente aplicadas, excitavam na ponta da língua sensações de sabor bem definidas; o sabor seria decididamente ácido se, sendo a ponta da língua em contato com o zinco, a corrente elétrica fluísse no seu sentido e penetrasse nela: sentir-se-ia um outro sabor menos forte, porém mais desagradável, acre e com tendência ao alcalino, se (invertendo a posição dos metais) a corrente saísse através da ponta da língua; por outro lado, estas sensações continuariam e seriam até incrementadas, durante vários segundos, se o contato entre os metais fosse mantido e o circuito de condutores não fosse interrompido. Agora, quando digo aqui, que os mesmos fenômenos ocorrem quando se experimenta, no lugar de um único par metálico, um conjunto de mais peças dispostas adequadamente; e que as sensações de sabor acima descritas, seja o ácido seja o alcalino, aumentam, mas pouco, com o número de pares, [então] já disse quase tudo. Falta somente acrescentar que se o aparelho usado nas experiências com a língua for constituído por um número suficientemente grande de pares metálicos (se, por exemplo, contiver 30, 40 ou mais), a língua não experimenta somente a sensação de sabor já descrita, mas também sente um choque no instante em que se completa o circuito, causando uma pontada dolorida, mas passageira, seguida após alguns instantes por uma sensação permanente de sabor. Este choque causa também um estremecimento, uma convulsão em uma parte ou em toda a língua quando o aparelho, formado por um número ainda maior de pares metálicos, torna-se mais ativo, e quando, por meio de bons contatos, a corrente por ele produzida pode passar em todo lugar com muita facilidade.

¹¹ Luigi Galvani (1737-1798), professor de anatomia na Academia de Ciências do Instituto de Bologna desde 1766. Suas pesquisas na área da fisiologia o levaram a acreditar na existência de uma “eletricidade animal” devida a um desequilíbrio elétrico interno independente de estímulos elétricos externos causados, por exemplo, por metais. As pesquisas de Volta que o levaram à invenção da pilha tiveram início ao reproduzir e desenvolver os trabalhos de Galvani de 1780.

Volto a insistir nesta última condição, pois é fundamental para todas as experiências em que queremos obter efeitos sensíveis sobre o nosso organismo ou sensações sobre os membros ou sobre os órgãos. É necessário, portanto, que os condutores não metálicos que fazem parte do circuito, sejam bons condutores tanto quanto possível, bem molhados com água ou com qualquer outro fluido melhor condutor que a água pura (se não forem eles mesmos líquidos); além disso, é necessário que as superfícies úmidas que fazem contato com os metais sejam suficientemente largas. O contato deve ser limitado ou reduzido a um pequeno número de pontos, somente onde se quer concentrar a ação da corrente sobre alguma parte do organismo, sobre algum nervo dos sentidos, etc., como já observei falando das experiências sobre o tato, isto é, das experiências com as quais se originam dores agudas em diversas partes. Assim, portanto, o melhor modo que encontrei para causar na língua todas as sensações descritas é de aplicar na sua ponta a extremidade pontuda (não excessivamente) de uma vareta metálica que deixo em contato adequadamente, como nas outras experiências, com uma extremidade do meu aparelho, estabelecendo um bom contato da mão, ou melhor, das duas mãos com a outra extremidade. O contato da ponta da língua com a ponta de vareta metálica, por outro lado, já pode existir no momento em que se estabelece o outro contato para fechar o circuito (quando se mergulha a mão na bacia), ou depois de se ter estabelecido este contato, com a mão já mergulhada; neste último caso, acredito ter percebido a pontada e o choque na língua um pouco antes do contato em si. Sim, sempre me pareceu, particularmente se avanço a ponta da língua pouco a pouco, que quando ela fica a uma distância muito pequena do metal, o fluido elétrico (quase diria a centelha,) superando esse intervalo, se lança para atingi-la.

Quanto ao sentido da visão, que também descobri ser afetado pela fraca corrente do fluido elétrico produzido pelo mútuo contato entre dois metais diferentes em geral, e em particular por uma peça de prata e outra de zinco, deveria esperar que a sensação de luz gerada pelo meu novo aparelho fosse mais forte na medida em que ele contivesse um maior número de peças de metal; cada par dos quais, dispostos de maneira conveniente, acrescentaria um incremento de força à corrente elétrica, como demonstrado em todas as outras experiências e especialmente naquela com o eletrômetro que somente mencionei e que descreverei alhures. Porém me causou surpresa encontrar que com 10, 20, 30 pares e mais, o lampear produzido não parecesse nem mais longo nem mais intenso do que com um único par. É verdade, entretanto, que tal sensação de luminosidade fraca e passageira é gerada por tal aparelho mais facilmente e de várias maneiras. Com efeito, para obter resul-

tado com um único par temos somente as seguintes maneiras: a saber, ou uma das peças é aplicada diretamente no globo ocular ou nas pálpebras bem molhadas, enquanto o outro metal encosta no outro olho, ou é mantido na boca, o que gera o brilho mais belo; ou se segura esta segunda peça de metal com a mão bem úmida e ela é colocada em contato com a primeira [peça metálica]; ou, enfim, caso se aplique estas duas lâminas a certas partes do interior da boca, fazendo-as assim se comunicarem entre si. Porém, com um aparelho de 20 ou 30 pares se produz o mesmo efeito luminoso fazendo contato com uma lâmina metálica que esteja em comunicação com uma das extremidades do aparelho, enquanto que com uma mão se faz o contato conveniente com a outra extremidade; aplicando, digo, ou tocando com essa lâmina não somente o olho ou qualquer outra parte da boca, mas a testa, o nariz, as bochechas, os lábios, o queixo e até a garganta; em uma palavra, todas as partes e pontos do rosto, desde que bem molhadas, antes de estabelecer o contato com a lâmina metálica. Por outro lado, a forma e a força dessa luminosidade passageira que se percebe, varia um pouco dependendo das partes do rosto às quais se leva a ação da corrente elétrica; se for na testa, por exemplo, esta luminosidade é um pouco mais vívida e aparece como um círculo luminoso, figura essa que aparece também em outras experiências.

Porém a mais curiosa de todas as experiências é de segurar a lâmina metálica com os lábios e em contato com a ponta da língua; pois quando, em seguida, se completa o circuito de modo conveniente, excita-se todo o conjunto se o aparelho é suficientemente grande e a corrente elétrica suficientemente forte, produz-se uma sensação luminosa nos olhos, uma convulsão nos lábios e na língua, uma pontada dolorosa na sua ponta seguida finalmente por uma sensação de sabor.

Só me falta dizer algumas palavras sobre a audição. Este sentido que eu já tinha inutilmente tentado excitar somente com um par metálico, mesmo que dos mais ativos *motores* de eletricidade, isto é, prata (ou ouro) e zinco, finalmente consegui ativá-lo com o meu novo aparelho constituído de 30 ou 40 pares metálicos. Introduzi bem no fundo das duas orelhas duas espécies de sondas com as pontas arredondadas colocando-as em contato imediatamente com as duas extremidades do aparelho. No instante em que o circuito foi assim fechado recebi um choque na cabeça e depois de alguns instantes (mantendo o circuito fechado sem interrupção) comecei a perceber um som, ou melhor, um ruído de difícil definição, como uma espécie de crepitação ou como de massa em ebulição. Este ruído continuou sem parar e sem aumentar por todo o tempo em que o circuito foi mantido fechado. A sensação desagradável que considerei nociva ao cérebro fez com que não mais repetisse esta experiência.

Por último, tentei inutilmente experimentar com meu aparelho o sentido do olfato. O fluido elétrico, que, quando inserido em um circuito completo de condutores produz nos membros e nas partes dos organismos vivos que fazem parte deste circuito os efeitos correspondentes à sua capacidade de excitação; que, estimulando particularmente os órgãos ou nervos do tato, da audição, da visão e da audição, excitam neles alguma sensação própria de cada um deles, não produz no interior do nariz se não um beliscar mais ou menos dolorido e alguma sensação de dor mais ou menos extensa, dependendo se a corrente é mais ou menos forte. Porque então não se experimenta alguma sensação de odor, mesmo que pareça estimular os nervos neste sentido? Não podemos dizer que o fluido elétrico em si não seja capaz de produzir sensações odoríferas, pois, quando se expandem no ar os odores das experiências comuns das máquinas elétricas, sente-se pelo nariz um odor marcante, semelhante ao do fósforo. Para dizer a verdade e por analogia com outras substâncias odoríferas, ocorre que é necessário que se expanda no ar para poder excitar o olfato; ele precisa, como outros eflúvios, que o ar sirva como veículo para influenciar adequadamente este sentido a produzir as sensações de odor. Ora, nas experiências desse gênero, isto é, da corrente elétrica fluindo sem a mínima interrupção em um circuito fechado de condutores, isto não pode absolutamente ocorrer.

Todos os fatos que descrevi nesta longa carta, referentes à ação que o fluido elétrico acionado pelo meu aparelho, exerce nas diferentes partes do nosso organismo invadido e atravessado pela sua corrente; ação que, além disso, não é instantânea, mas contínua e durável por todo o tempo em que se mantém o circuito fechado; enfim, ação cujos efeitos variam de acordo com a diferente excitabilidade de cada parte, como foi visto; todos esses fatos, já bastante numerosos e outros que ainda poderão ser descobertos variando-se as experiências dessa natureza, abrirão um campo muito grande de reflexões e pontos de vista, não somente curiosos, mas particularmente interessantes para a medicina. Haverá material para interessar o anatomista, o fisiologista e o clínico geral.

Sabe-se pelos estudos anatômicos que já foram feitos, que o órgão elétrico do torpedo e da enguia elétrica é constituído por várias colunas membranosas, cheias de uma extremidade a outra, por um grande número de pequenas lâminas ou películas com o formato de discos finíssimos, superpostos uns aos outros com espaçamentos muito pequenos, nos quais parece fluir algum fluido. Ora, não se pode supor que alguma dessas lâminas seja isolante como a resina, o vidro ou a seda, e menos ainda que elas possam ser eletrizadas por atrito ou ser dispostas e

carregadas como os pequenos quadros de Franklin¹² ou pequenos eletróforos¹³, nem que elas sejam tão maus condutores que possam funcionar como um bom e durável condensador, como foi pensado pelo Sr. Nicholson¹⁴. A hipótese deste sábio e ativo físico, segundo a qual ele considera cada par destas películas, por ele comparadas a folhas de talco, como pequenos *eletróforos* ou *condensadores*, é, na verdade, muito engenhosa; é talvez a melhor explicação imaginada até agora para explicar os fenômenos do torpedo, considerando as leis e os princípios conhecidos até o momento sobre a eletricidade. Porém, além do mecanismo pelo qual deveria funcionar, para cada choque que este peixe quisesse produzir a separação respectiva das placas, de todas ou de grande número destes eletróforos ou condensadores; [estas separações] deveriam, digo, ocorrer simultaneamente, e estabelecer-se, de um lado uma comunicação entre todas as placas *eletrizadas positivamente*, e, do outro lado, uma comunicação de todas as placas *eletrizadas negativamente*, de acordo com o Sr. Nicholson; além disso, esse mecanismo muito complexo parece ser muito difícil e pouco natural; e ainda, a suposição de uma carga elétrica inicialmente existente e tão duradoura nas películas que constituiriam os eletróforos, é totalmente gratuita; uma tal hipótese cai por completo considerando que as películas do órgão do torpedo não são e nem podem ser de modo algum isolantes ou susceptíveis de possuir uma verdadeira carga elétrica e muito menos capazes de retê-la. Toda substância animal, enquanto fresca, envolvida por fluidos, e mais ou menos succulenta ela mesma, é um condutor muito bom. Digo mais; longe de ser tão *coibidor* [ou isolante] como as resinas e o talco, cujas folhas o Sr. Nicholson quer comparar com as películas de que falamos, não existe, como pude certificarme, alguma substância animal viva ou fresca que não seja melhor *deferente* [ou condutora] do que a água, com exceção somente da gordura e de algum líquido oleoso. Mas nem esses líquidos, nem a gordura, parcialmente ou totalmente fluida, tal com se encontra nos animais vivos, pode receber uma carga elétrica do mesmo

¹² Os chamados quadros ou quadrados de Franklin foram um desenvolvimento das garrafas de Leiden. Ao perceberem que o formato das garrafas não era relevante, passaram a construir condensadores de placas paralelas nos quais um retângulo de vidro isolante possuía lâminas condutoras dos dois lados, que podiam ser carregadas com cargas opostas ao serem ligadas a máquinas eletrostáticas. Eles foram inventados na década de 1740 (HEILBRON, 1999, p. 317 e 334).

¹³ Volta havia inventado o eletróforo em 1775 (HEILBRON, 1999, p. 416-417).

¹⁴ William Nicholson (1753-1815) aprimorou alguns condensadores sendo um deles, o duplicador, datado de 1788 (HEILBRON, 1999, p. 457-459).

modo que as chapas isolantes, e retê-la; por outro lado, sabe-se que as películas e os líquidos do órgão do torpedo não são gordurosos ou oleosos. Portanto, este órgão, constituído unicamente de substâncias condutoras, não pode ser comparado nem a um eletróforo ou condensador, nem a uma garrafa de Leiden, nem a qualquer outro aparelho capaz de eletrizar seja por atrito seja por outros meios os corpos isolantes que sempre se acreditou, antes de minhas descobertas, serem os únicos originalmente elétricos.

A qual eletricidade, então, a qual instrumento deve ser comparado este órgão do torpedo e da enguia elétrica? A este que construí de acordo com o novo princípio da eletricidade que descobri há alguns anos e que minhas experiências sucessivas, sobretudo as de que me ocupo atualmente, confirmaram tão bem, ou seja, que os condutores também funcionam, em alguns casos, como motores da eletricidade, no caso do contato mútuo entre diferentes condutores; chamei este aparelho de *órgão elétrico artificial*, o qual, sendo no fundo o mesmo que o órgão natural do torpedo, ainda é semelhante a ele na forma, como já foi explicado.

Referências bibliográficas

DIBNER, B. **Alessandro Volta and the Electric Battery**. New York: Franklin Watts, 1964.

GILBERT, W. **On the Loadstone and Magnetic Bodies and on the Great Magnet the Earth**. In: **Great Books of the Western World**. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1978. v. 28, p. 1-121. Traduzido por P. F. Mottelay.

GRAY, S. Several experiments concerning electricity. **Philosophical Transactions**, v. 37, p. 18-44, 1731-2.

HEILBRON, J. L. **Electricity in the 17th and 18th Centuries – A Study in Early Modern Physics**. New York: Dover, 1999.

VOLTA, A. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. **Philosophical Transactions**, v. 90, p. 403-431, 1800. Carta em francês de A. Volta para J. Banks datada de 20 de março de 1800. Foi lida perante a Royal Society em 26 de junho de 1800.

VOLTA, A. Sull'eletricità eccitata dal semplice contatto di sostanze conduttrici di diversa natura in una lettera di Alessandro Volta a Sir Joseph Banks. In: **Le Opere di Alessandro Volta**. Milano: Ulrico Hoepli, 1923. v. 2. Disponível em:

<<http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/content/electricity>>. Acesso em 2008.

VOLTA, A. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. In: B. DIBNER. **Alessandro Volta and the Electric Battery**. New York: Franklin Watts, 1964. p. 111-131. Translated from the author's paper published in French in the Philosophical Transactions for 1800, Part 2.