
MOTOR ELÉTRICO DE FARADAY: UMA MONTAGEM PARA MUSEUS E LABORATÓRIOS DIDÁTICOS⁺

Osmar Henrique Moura da Silva¹

Carlos Eduardo Laburú²

Departamento de Física – UEL

Londrina – PR

Resumo

Historicamente, pode-se apontar Michael Faraday (1791-1867) como o criador do primeiro “motor” capaz de produzir um movimento contínuo devido à ação de uma corrente elétrica. Na terceira década do século XIX, Faraday apresentou duas versões desse primitivo motor elétrico: uma, com haste móvel e ímã fixo, e outra, com haste fixa e ímã móvel. A primeira é de simples montagem, sendo facilmente encontrada em sites na internet. Por outro lado, a segunda versão necessita de uma corrente contínua bem maior, o que dificulta sua construção. Este trabalho elabora uma montagem das duas versões, adaptada à energia elétrica residencial, que pode ser aproveitada por museus e laboratórios didáticos interessados nesse tipo de demonstração.

Palavras-chave: Montagem; motor elétrico de Faraday; experimento histórico; museus; laboratórios didáticos.

Abstract

⁺ Faraday’s Electric Motor: a construction for museums and didactic laboratories

^{*} Recebido: dezembro de 2008.

Aceito: julho de 2009.

¹ Físico do Laboratório de Instrumentação em Ensino de Física.

² Apoio parcial: FAEPE/Uel e CNPq.

Historically, Michael Faraday (1791-1867) can be cited as the creator of the first “motor” capable of producing a continuous movement due to the action of an electric current. In the third decade of the XIX century, Faraday presented two versions of that primitive electric motor: one with mobile stem and fixed magnet and another with a fixed stem and mobile magnet. The first one is a simple construction, being easily found in sites on the internet. The second version needs a much larger continuous current which makes its construction difficult. This work elaborates a construction of the two versions, adapted to the residential electric energy that can be utilized by museums and didactic laboratories interested in this type of demonstration.

Keywords: *Construction; Faraday’s electric motor; historical experiment; museums; didactic laboratories.*

I. Introdução

Existe uma enorme variedade de motores elétricos que funcionam com corrente contínua ou alternada. Sendo uma máquina destinada a transformar energia elétrica em mecânica, o motor elétrico é o mais usado de todos os tipos de motores. Já não é de hoje que os motores elétricos estão por toda parte nas residências, pois, praticamente tudo que se move devido à eletricidade usa um motor elétrico. Esses motores são preferenciais por apresentarem custo reduzido, facilidade no transporte e na limpeza, simplicidade de comando, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos. Aliás, há intenções industriais de que até os carros venham a ter motores elétricos.

Como fazem parte do cotidiano, o processo educacional do princípio de funcionamento desses motores é importante e envolve o aprendizado sobre ímãs, eletroímãs e eletricidade, em geral. Muitas montagens de baixo custo são conhecidas e didaticamente utilizadas para exemplificar os mais usados motores como: os que usam ímãs permanentes, os em série ou universal, e os de indução. E como todos estes apresentam pelo menos uma bobina, uma observação natural é a de que motores elétricos necessitam de bobinas, as quais são elementos importantes na transformação de energia elétrica em energia mecânica.

Curiosamente, porém, a origem de todos esses motores está em duas versões semelhantes que não utilizam bobinas, elaboradas por Michael Faraday

(1971-1867), na primeira metade do século XIX. Embora Faraday as tenha usado apenas para demonstrar suas ideias, sem se preocupar com as aplicações práticas, na história das ciências, sem dúvida, as duas versões apresentam-se como os primeiros motores capazes de produzir um movimento contínuo devido à ação de uma corrente elétrica (Projecto Física, 1985, p. 79). As versões diferenciam-se por se estabelecer, ora um ímã permanente fixo com haste móvel, ora uma haste fixa com ímã móvel. A primeira é de simples montagem, sendo facilmente encontrada em sites na internet³. Por outro lado, a segunda versão necessita de uma corrente contínua bem maior, o que dificulta sua construção.

Com a intenção de reproduzir essas duas versões com fins educacionais, o presente trabalho elabora uma montagem que utiliza a energia elétrica residencial, na qual o experimento é acionado por um botão e chave seletora dos rotores, mais adaptada a museus e laboratórios didáticos.

II. Materiais utilizados e construção

Em princípio, o circuito fechado de um motor elétrico de Faraday é simples, podendo ser especificado com um condutor elétrico líquido (mercúrio), um ímã permanente, fiação apropriada e uma bateria, conforme se vê na Fig. 1⁴.

Entretanto, a montagem aqui proposta das duas versões é composta de bem mais detalhes, que são apresentados em três subseções para melhor orientar a construção do experimento. São elas: a fonte de corrente contínua, o circuito de controle automático do experimento, e a montagem final. Nesta última, inclui-se, além da fonte e do circuito de controle, uma estrutura de peças metálicas, cálices com ímãs e mercúrio, um resistor e uma ventoinha.

³ Exemplo: Ferraz Neto (<<http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/motor28.asp>>)

⁴ Em anexo encontra-se um desenho apresentado por Michael Faraday (FARADAY, 1844) das duas versões do seu primitivo motor elétrico.

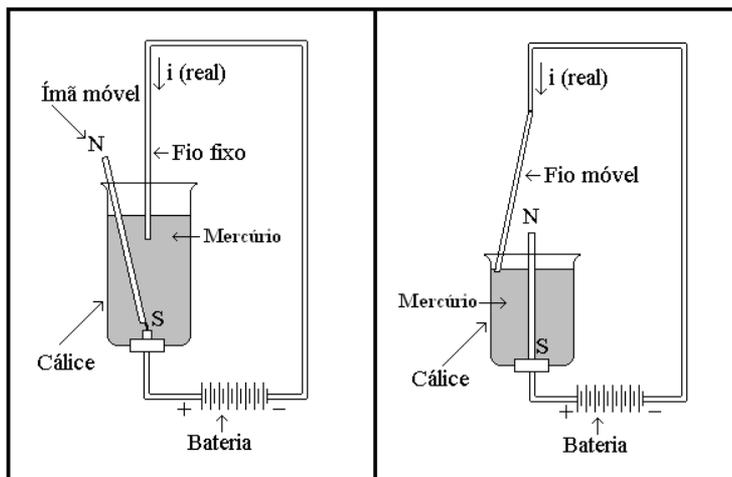


Fig. 1 – O lado esquerdo representa a versão com ímã girante em torno de uma haste fixa condutora de corrente elétrica. O lado direito representa a versão contrária, de haste girante em torno do ímã fixo.

A fonte de corrente contínua

Uma fonte de corrente contínua é necessária para adaptar a energia elétrica da rede ao experimento. Essa fonte está apropriada para os 127 V, é capaz de fornecer uma saída com tensão contínua próxima dos 6 V e suportar 40 A. Os materiais necessários para sua construção são: 140 chapas de ferro doce em formato “E” com dimensões individuais próximas de (7,5x11,5) cm; 140 chapas de ferro doce com dimensões individuais próximas de (2x11,5) cm; carretel que encaixa no núcleo das chapas “E” quando montadas; fio de cobre esmaltado n° 22 AWG; fio de cobre esmaltado n° 6 AWG; 1 par de chapas com 3 diodos de alternador de carro cada uma; um capacitor (ou associação equivalente) de valores iguais ou superiores a 44000 μF (10 V).

Primeiramente, pegar o carretel e realizar 250 espiras com o fio n° 22, deixando 10cm das extremidades desse enrolamento para fora do carretel. Sobre esse enrolamento, repetir mais 250 espiras com o mesmo fio n° 22, deixando, também, 10 cm das extremidades desse enrolamento para fora do carretel. Duas a duas, unir as extremidades desses dois enrolamentos em paralelo de modo que suas correntes elétricas circulem em mesmo sentido. Assim, essas duas bobinas (de 250 espiras cada) em paralelo estão prontas para serem ligadas em 127 V. Sobre elas,

realizar uma seqüência de enrolamento em série de 9 + 9 espiras com o fio nº 6, deixando 10 cm de fio em cada um dos três terminais (dois nas extremidades das totais 18 espiras e um terminal central). A Fig. 2 auxilia o entendimento da construção dessas bobinas.

Observação: Todas as chapas de ferro doce devem ser envernizadas. Quando secas, as chapas em formato “E” devem ser unidas para que, na região central, seja encaixado o carretel sem folga, já pronto com as bobinas. As chapas de (2x11,5) cm também são unidas e fixadas sobre o carretel, finalizando a montagem do transformador.

Para a montagem da fonte, ligar os diodos das duas chapas e o capacitor nos terminais do secundário do transformador, conforme especificação na Fig. 2.

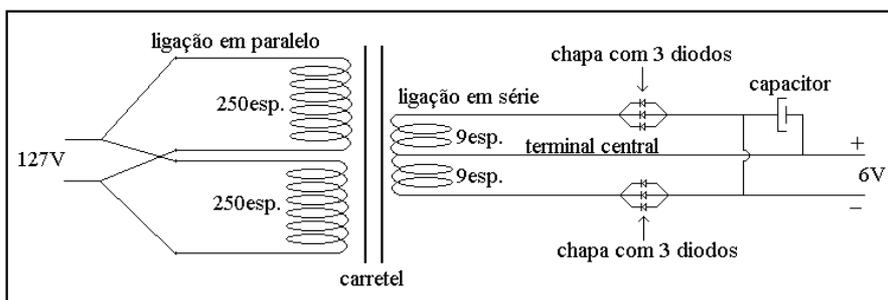


Fig. 2 – Esquema elétrico da fonte de corrente contínua⁵.

O circuito de controle automático

Um dispositivo para desligamento automático com tempo programado é interessante. Os componentes necessários são: 1 chapa para circuito impresso de (7x12) cm; 1 transformador 127 V para 12V (de 1 ou 0,5 A); 2 diodos IN 4007, 1 capacitor de 1000 μ F de 16 V; 1 capacitor de 4,7 μ F de 16 V; 1 capacitor de 10 μ F de 16 V; 1 chave liga-desliga; 1 botão push-button (tipo NA); 1 resistor de 1

⁵ Apresenta-se aqui uma fonte para ser ligada em 127 V, mas pode-se alterá-la para 220 V. Para isso, ligar em série as duas bobinas de 250 espiras do primário. Embora elas totalizem 500 espiras, ligar em 220 V apenas 460 dessas espiras. Por essa informação, se quiser, pode-se fazer ligações com chave seletora que permita à fonte ser ligada tanto em 127 V quanto em 220 V.

MΩ; 1 resistor de 22 KΩ; 1 resistor de 1 KΩ; 1 transistor BC548; 1 relé de 12 V; 1 CI 555; 1 fio duplo com macho para ligação na tomada.

A Fig. 3 mostra o esquema elétrico para se desenhá-lo na chapa de circuito impresso com caneta apropriada. Realizar os devidos furos para encaixe dos componentes, mergulhando, então, a chapa em solução de percloroeto de ferro para remoção do cobre da chapa que não está desenhado. Depois, retirar a tinta da caneta das trilhas desenhadas na superfície da chapa, lixando-as com lâ de aço. Encaixar e soldar os componentes nos furos das trilhas, finalizando a montagem.

Esse circuito de controle é destinado a ligar (manualmente por aperto em botão) e desligar (automaticamente) de forma simultânea a fonte do motor elétrico e a ventoinha (mais à frente especificada). Na Fig. 3, é possível notar os terminais no circuito onde esses dois itens são conectados em paralelo.

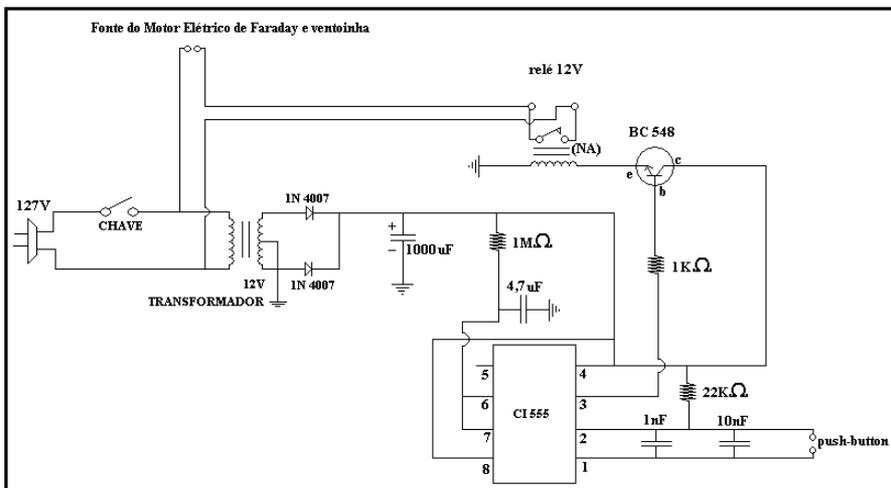


Fig. 3 – Componentes e esquema elétrico do circuito de controle automático.

Nesse esquema, o tempo de funcionamento do motor e da ventoinha é de cerca de 5 segundos. Tempo este que pode ser determinado ao se alterar o resistor de 1MΩ, trocando-o por um resistor variável (trimpot), cujo valor da escala em ohms dependerá do interesse no tempo de funcionamento⁶. Como opcional, uma

⁶ Pode-se, em vez do resistor, acrescentar um capacitor variável no lugar do capacitor de 4,7 µF.

chave liga-desliga pode ser acrescentada para deixar o experimento sempre conectado à tomada.

A montagem final

Uma caixa (de acrílico ou madeira)⁷ com dimensões de (25x25x40) cm, chapa de 1 cm de espessura, deve ser montada para que nela sejam interiorizados os vários itens. Esses itens são: a fonte de corrente contínua; o circuito de controle automático; uma ventoinha e um resistor. Esse resistor é feito com 30 m de fio de cobre esmaltado nº 9 AWG, enrolando-o em espiras de 15 cm de diâmetro. A dimensão da ventoinha (127 V) é de cerca de (15x15) cm, sendo fixada numa lateral da caixa de (25x25) cm, de modo a conduzir o ar de fora para dentro. Do outro lado de (25x25) cm da caixa, realizar uma abertura de (20x20) cm, afixando, aí, uma tela que permita o fluxo de ar para a refrigeração interna. Essa refrigeração é necessária, pois o resistor, cuja função é limitar a corrente no circuito, transforma energia elétrica em calor a uma taxa de aproximadamente 200 joules por segundo (200 W). A Fig. 4 procura ilustrar as disposições dos itens mencionados. A chapa do circuito pode ser parafusada na lateral interna da caixa.

Na Fig. 4, sobre a caixa, veem-se mais alguns detalhes. Uma estrutura em latão é montada, tendo-se, para isso, um tarugo de 35 cm de comprimento com cerca de 1 cm de diâmetro, e um tarugo de 50cm de comprimento com cerca de 0,5 cm de diâmetro⁸. O tarugo de 1 cm deve ser furado na transversal para que encaixe, de forma justa, o tarugo de 0,5 cm que, então, é encurvado com extremidades direcionadas para os cálices. Uma dessas extremidades (a do cálice maior) é mergulhada alguns milímetros no mercúrio⁹. A outra é encaixada na peça que segura o fio de cobre n. 7. Essa peça é constituída de três peças menores, que podem ser confeccionadas no torno, usando um tarugo de latão de 2 cm de diâmetro e 5 cm de comprimento. A Fig. 5 orienta essa montagem. A primeira peça é um cilindro de 2 cm de diâmetro com um furo central de 5 mm para encaixar o tarugo de latão. Na parte inferior dessa peça é feito um rebaixamento para encaixe da segunda peça,

⁷ Pode-se dar um acabamento na caixa usando chapas de fórmica ou PVC.

⁸ Essas peças em latão podem ser alteradas usando formatos hexagonais e dimensões maiores, conforme a criatividade no design.

⁹ O contato direto com o mercúrio é um risco potencial para a saúde (inalação ou absorção dessa substância pela pele). Cuidados em não respingar o mercúrio para fora dos cálices são necessários, evitando, assim, limpezas apropriadas. No manuseio, sugere-se usar luvas de látex.

que possui um furo exatamente do diâmetro menor (rebaixo) da primeira peça, indo quase até o final do seu comprimento. Para terminar esse furo, utiliza-se uma broca de 1 cm de diâmetro. A terceira peça possui um formato oval menor que o furo interno da segunda peça e maior que o furo da extremidade. Ainda, na terceira peça, é feito um furo exatamente do diâmetro do fio de cobre n. 7 para ali encaixar uma de suas extremidades sob pressão. A ideia de se montar esse mecanismo está no intuito de garantir maior mobilidade giratória do fio de cobre durante a passagem de corrente elétrica.

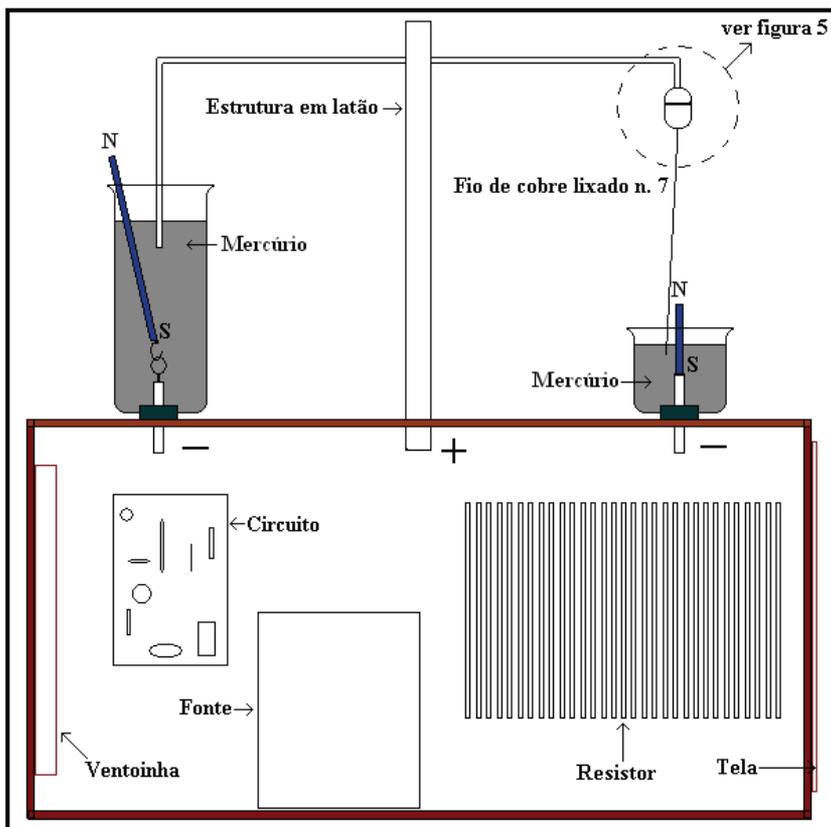


Fig. 4 – Ilustração da disposição das peças na montagem.

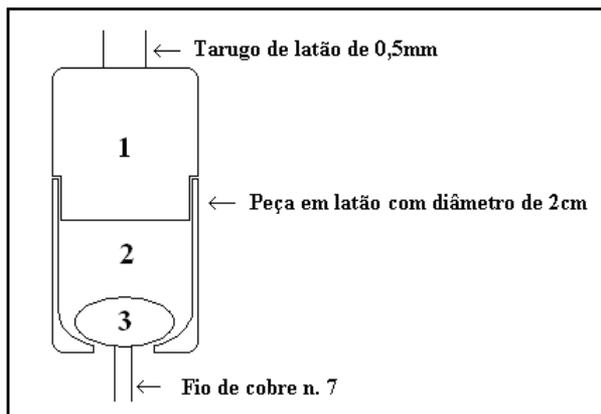


Fig. 5 – Peça que segura o fio de cobre giratório.

Em relação aos cálices¹⁰, estes podem ser confeccionados por um vidro. O cálice maior da Fig. 6 tem cerca de 10 cm de altura e 6 cm de diâmetro. Já o cálice menor tem um formato cônico de 5 cm de altura e com boca de 6 cm de diâmetro. Os cálices devem estar com furos centrais onde em cada um se cola¹¹ um tubo de latão que faz contato com o mercúrio, permitindo que a eletricidade flua no mesmo. Esses tubos são colados na parte superior da caixa para a fixação dos cálices. Nas extremidades inferiores dos tubos, que ficam internas na caixa, são ligados os pólos negativos da fonte (o pólo positivo é ligado na extremidade do tubo de latão central que também se encontra na parte interna da caixa).

O passo seguinte consiste em furar longitudinalmente a extremidade superior do tubo de latão do cálice maior para fixar um pequeno gancho no qual se encaixa o gancho do ímã móvel (Fig. 4). Esse ímã móvel, de formato cilíndrico e de alnico, tem 8 cm de comprimento e 5 mm de diâmetro, sendo encaixado em um tubo de vidro de uma extremidade fechada e com pequena tampa na outra. É nessa tampa que se acrescenta o gancho (do ímã).

¹⁰ Pode-se até utilizar copos de vidro, desde que se consiga furá-los com brocas apropriadas.

¹¹ Pode-se usar adesivo epóxi de secagem rápida.



Fig. 6 – Foto do Motor Elétrico de Faraday proposto. As revoluções dos rotores são próximas de 2 rotações por segundo, com uma ligeira diferença para a versão da haste móvel.

Na extremidade superior do outro tubo de latão (cálice menor) é colado o ímã fixo. Esse ímã, também cilíndrico de alnico, tem 4 cm de comprimento e 5 mm de diâmetro, que também é envolvido por um tubo de vidro. Na parte frontal da caixa devem estar expostos o botão (push-button) e a chave seletora dos rotores para controles do experimentador. A chave liga-desliga pode ficar adaptada na parte de trás da caixa. Uma caixa em acrílico de 5 mm pode ser feita para tampar a estrutura em latão com os cálices, para isolar o mercúrio do experimentador. Na Fig. 6, é possível observar esses detalhes. Nela, as peças que aparentam ser de cobre são, na verdade, de acrílico, pintadas com spray da cor cobre (caso em que a foto esteja colorida).

Por fim, a Fig. 7 permite orientar as ligações no interior da caixa entre os vários itens aqui mencionados (circuito de controle automático; ventoinha; fonte; resistor; e versões dos motores com chave seletora).

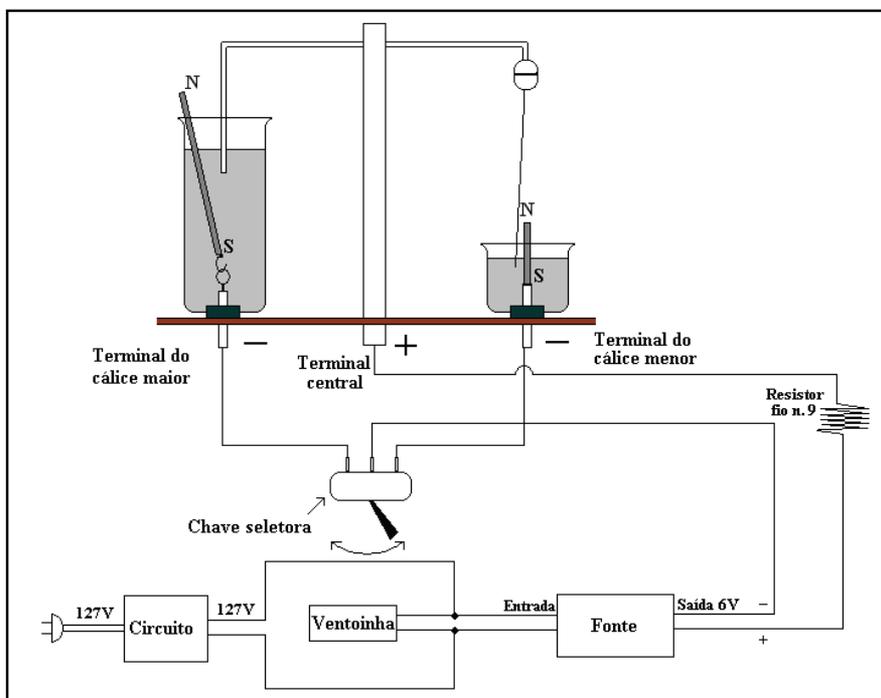


Fig. 7 – Esquema elétrico das ligações de todos os itens propostos.

III. Considerações finais

Este artigo contribuiu para fornecer uma montagem de um experimento histórico que pode ser aproveitada em laboratórios didáticos de instituições de ensino superior ou básico, assim como em museus de ciência e tecnologia. Museus de história da ciência interessados nesse tipo de demonstração podem recriar o design e manter as vantagens dessa montagem. A montagem é inovadora e permite que as demonstrações tornem-se muito práticas pela automatização acrescentada. Há vantagens não somente por substituir o uso de baterias de alta amperagem que necessitam ser continuamente recarregadas e trocadas devido às suas vidas úteis, mas pela proposta usufruir da energia elétrica residencial. Aliás, uma outra intenção nesse sentido que se investigou foi o uso de fontes de computador, muito facilmente encontradas; porém, elas não suportaram os testes por muito tempo.

Na instituição de Ensino Superior em que os autores se encontram existem dois Motores Elétricos de Faraday da referida montagem. Um deles foi recentemente construído e indicado na Fig. 6. Este é móvel para ser usado em sala de aula. O outro é maior e está fixo numa das paredes do MCT dessa instituição, atendendo à comunidade externa já há quatro anos em funcionamento.

Não se procurou aqui apresentar explicações do princípio de funcionamento do motor elétrico em foco, pois muito pouco se tem a contribuir nesse sentido; a física é simples e muito se encontra divulgado a respeito, inclusive na internet¹². O mesmo vale para as discussões históricas sobre o tema. Nesses casos, os interessados podem, a seu critério, aprofundar as explicações físicas (em termos qualitativos ou não) e também rastrear a história, indo atrás das informações de qualidade e quantidade que julguem necessárias ao texto explicativo da demonstração; tudo isso, é claro, conforme o público-alvo.

Referências

FARADAY, M. **Experimental Researches in Electricity**. Richard and John Edward Taylor, London - 1844. v. II. Disponível em:
<http://books.google.com.br/books?id=EvYWAAAAYAAJ&pg=PA211&dq=michel+faraday+%22Experimental+Researches+in+Electricity%22&lr=&as_drrb_is=

¹² Exemplo:

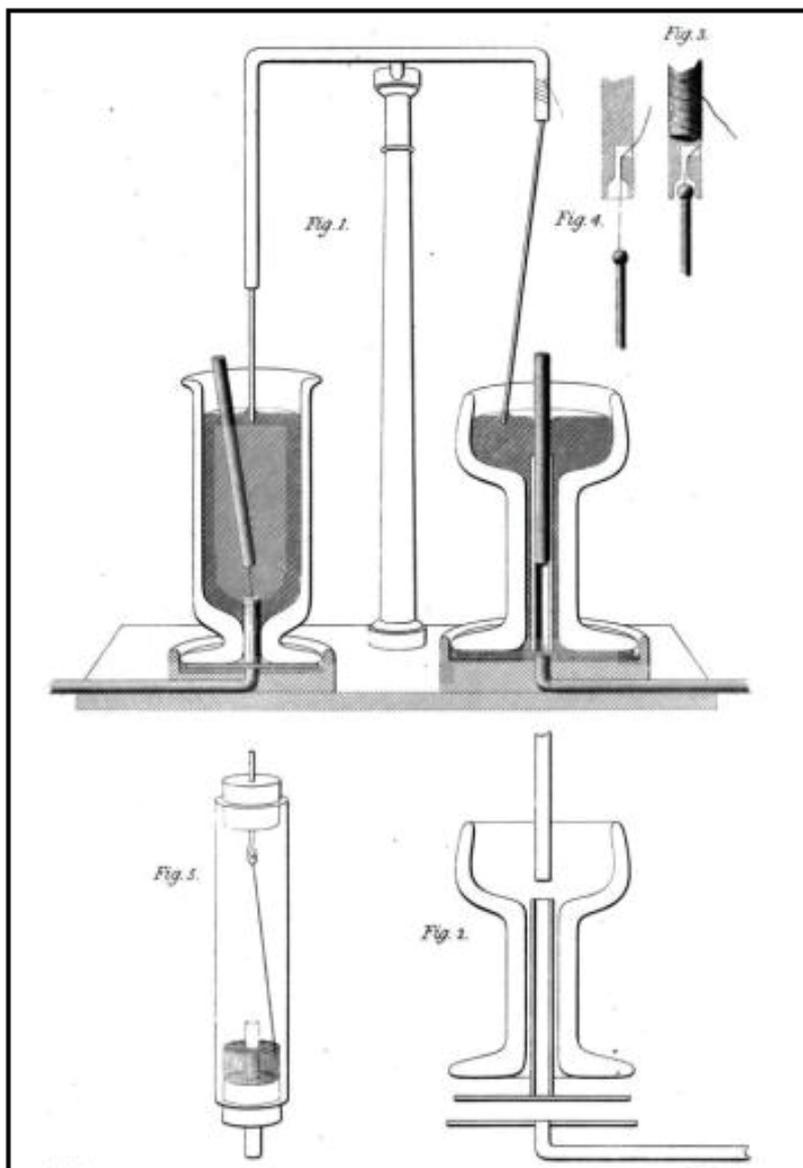
<http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2007/RaphaelS-Saa_F609_RF2.pdf>.

q&as_minm_is=0&as_miny_is=&as_maxm_is=0&as_maxy_is=&as_brr=3>.
Acesso em: 21 jun. 2009.

FERRAZ NETO, L. **Feira de Ciências**. Disponível em:
<<http://www.feiradeciencias.com.br/>> . Acesso em: 10 nov. 2008.

PROJECTO FÍSICA. **Unidade 4 – Luz e Electromagetismo**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1985.

Anexo



Desenho esquemático das duas versões (FARADAY, 1844, p. 311).