



MUSEU FARADAY

## DOIS SÉCULOS DE INOVAÇÃO NA ELETROTECNIA



Moisés S. Piedade  
Prof. Catedrático Aposentado, IST  
[msp@inesc-id.pt](mailto:msp@inesc-id.pt)

Albano I. Santos  
[albanoinacio@gmail.com](mailto:albanoinacio@gmail.com)

Carlos A. F. Fernandes  
Prof. Associado com Agregação, DEEC, IST  
[ffernandes@tecnico.ulisboa.pt](mailto:ffernandes@tecnico.ulisboa.pt)

Jorge Amarante  
[georges.amarante@wanadoo.fr](mailto:georges.amarante@wanadoo.fr)

### 1. INTRODUÇÃO

O interesse pelo património existente nas universidades é relativamente recente mas tem crescido consideravelmente nos últimos anos (S. Soubiran *et al*, 2009), levando à criação de redes nacionais de patrocínios, museus e coleções universitárias na Alemanha, Reino Unido, Itália, Holanda, Finlândia, Suíça, Polónia, Turquia e estando neste momento em fase de organização em França e em Espanha (M.C. Lourenço, 2016). A nível internacional existem duas grandes instituições: a International Committee for University Museums & Collections (UMAC)<sup>1</sup> e a European University Heritage Network (UNIVERSEUM), ambas criadas na última década. Efetivamente, as coleções, os arquivos e as bibliotecas são parte de um património que constitui uma parte relevante da cultura e da identidade de um país. A criação de núcleos museológicos no seio das universidades representa, para além da preservação e da organização do espólio existente, a possibilidade de divulgação da história da escola, não só para o mundo universitário mas para a comunidade onde ela se insere. Para além das funções tradicionais de uma Universidade, ligadas ao Ensino e à Investigação, esta terceira “via”, onde os museus e espaços afins se inserem, começa em Portugal a tomar a relevância que lhe é de todo merecida. Não deve ser entendida como uma alternativa, mas antes como uma *transversalidade*, ou uma *ponte*, que complementará os paradigmas comumente atribuídos a uma escola universitária. É esta, aliás, a postura atual a nível do ensino e aprendizagem, onde os desafios colocados requerem práticas pedagógicas que devem ser aplicadas transversal e multidisciplinarmente (C. A.F. Fernandes, 2015).

---

<sup>1</sup> University Museums and Collections (UMAC) é um fórum para todos os que trabalham ou estão associados a museus académicos, galerias e coleções. Tem atualmente 312 membros de 56 países. A Dr.ª Marta Lourenço, Subdiretora dos Museus da Universidade de Lisboa e Responsável pelas Coleções Históricas, é a Presidente da UMAC desde 2016. A UMAC está inserida no seio do Conselho Internacional dos Museus (ICOM).



No âmbito desta estratégia, a Universidade de Lisboa tem vindo a assumir um papel relevante no panorama do ensino superior português com algumas iniciativas na área da cultura, dos museus e do património, das quais é de destacar o facto de constituir o elo principal do PRISC<sup>2</sup>. No entanto, para a estabilidade e a sustentabilidade de um projeto que garanta a preservação, a acessibilidade e a divulgação do património cultural, são necessárias medidas que passem por um financiamento específico. Este é um dos grandes obstáculos a vencer. Curiosamente, outro grande desafio se adivinha, *menos visível mas não menos relevante*, relacionado com as mentalidades. É o do conhecimento /reconhecimento desse projeto, mesmo no meio universitário.

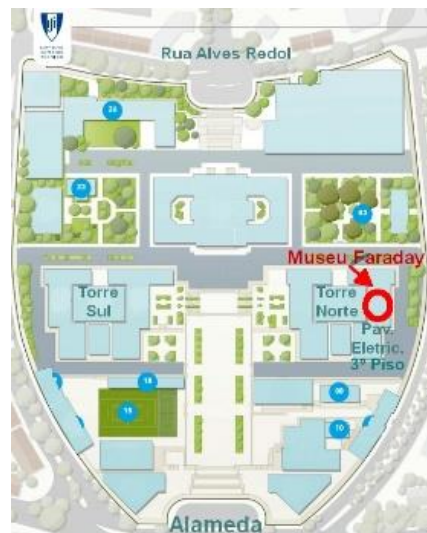
#### LOCALIZAÇÃO E ORIGEM

O Museu Faraday (MF) foi inaugurado a 6 de fevereiro de 2017 e é o mais recente espaço museológico do Instituto Superior Técnico<sup>3</sup>.

Está localizado no piso 3 do Pavilhão de Eletricidade do IST no *Campus* da Alameda em Lisboa.

Nasceu de uma ideia de criação de um espaço que permitisse reunir um vasto conjunto de instrumentos e equipamentos científicos históricos que se encontravam dispersos na Área Científica de Eletrónica do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) do IST.

No entanto, é de salientar que a importância do património científico do MF transcende largamente o DEEC, o IST e a própria Universidade de Lisboa, uma vez que documenta mais de 150 anos de ensino, investigação e inovação em ciência e tecnologia em Portugal.



<sup>2</sup> Portuguese Research Infrastructure of Scientific Collections. Veja-se: <https://www.fct.pt/apoios/equipamento/roteiro/index.phtml.en>

<sup>3</sup> O Instituto Superior Técnico possui 3 museus: o *museu das Geociências*, resultante da fusão do Museu Décio Thadeu (1936) com o Museu Alfredo Bensaúde (1936), o *Museu de Engenharia Civil* (1993) e o *Museu Faraday* (2017).

## 2. FARADAY. PORQUÊ?

A escolha do nome para o espaço museológico criado prendeu-se mais a razões motivadoras do que normativas. Devido a estas, ter-se-ia atribuído o nome Museu da Eletricidade e Eletrónica. No entanto, o acervo coletado para o núcleo acabou por ultrapassar as fronteiras dessa área. Razões motivadoras imperaram, optando-se por atribuir-lhe o nome de um cientista de renome. Algumas opiniões apontavam para a escolha do nome de um cientista português, dado que se tratava de um espaço inserido numa escola portuguesa. Apesar disso, a opção final recaiu sobre o nome de um cientista inglês: Michael Faraday (1791-1867). Resumidamente, foram três as razões que justificaram a opção tomada:

- i. Michael Faraday é unanimemente considerado como um dos cientistas mais influentes de todos os tempos<sup>4</sup>.
- ii. Michael Faraday desenvolveu ao longo da sua vida trabalhos fundamentais nas áreas da eletricidade, magnetismo, física e (electro) química.
- iii. Michael Faraday foi o responsável pela inclusão de palestras de Natal (*Christmas Lectures*<sup>5</sup>) na *Royal Institution of Science*, incutindo nas suas comunicações os seus dotes excepcionais de orador e, sobretudo, de pedagogo.

A última razão apontada foi decisiva, dado que se estava afinal a escolher o nome para um núcleo museológico inserido numa escola de grande prestígio. É realmente notável que há quase dois séculos M. Faraday pusesse em prática uma metodologia de ensino tão atual.

*When we consider the magnitude and extent of his discoveries and their influence on the progress of science and of industry, there is no honor too great to pay to the memory of Faraday, one of the greatest scientific discoverers of all time*

Rutherford (1871-1937)



*“... there is no better, there is no more open door by which you can enter into the study of science than by considering the physical phenomena of a candle”.*

M. Faraday, *Christmas Lectures*

---

<sup>4</sup> São da autoria de M. Faraday algumas descobertas fundamentais que transformaram o mundo. Por exemplo, a lei de indução eletromagnética permitiu que criasse o primeiro dínamo (motor elétrico). Os seus trabalhos experimentais levam-no a fundamentar o conceito de *campo*, que se revelou crucial neste contexto na unificação das diversas teorias posteriores. Relacionou o campo magnético e o campo elétrico e, mais tarde, evidenciou a interação entre o campo magnético e a luz. O entendimento destas interligações foi determinante para a formulação matemática das equações integrais do campo eletromagnético em 1860 pelo físico e matemático inglês James Maxwell (1831-1879), facto que constitui a base de eletromagnetismo clássico, onde se inclui a ótica clássica. A teoria de Maxwell prova que o campo eletromagnético e a eletricidade se propagam como ondas. Nesta cadeia da evolução do conhecimento científico, o engenheiro alemão Heinrich Hertz (1857-1894) verificou experimentalmente a existência das ondas eletromagnéticas e a capacidade de as direccionar através de antenas. Estava assim aberto o caminho para as radiocomunicações que vieram a ser desenvolvidas no início do séc. XX e que hoje são a base de novas tecnologias.

<sup>5</sup> As palestras de Natal para jovens foram instituídas por M. Faraday na Royal Institution em Londres em 1825. Ficou especialmente famosa a série de seis palestras com o título “The Chemical History of a Candle” sobre química e física, que Michael Faraday proferiu em 1848.

A vida de Faraday é uma verdadeira lição de humildade (“*Quero ser simplesmente Michael Faraday até ao fim*”) e de brilhantismo. Durante a sua vida teve como lema de conduta que é sempre melhor ser-se interessado do que interessante. Michael Faraday conseguiu ser as duas coisas. Segue-se uma breve cronologia.

- 1791: Michael (M.) Faraday nasce em Londres no seio de uma família humilde.
- 1804: Com parca formação académica (aprendeu a ler e a trabalhar algumas operações matemáticas), M. Faraday é contratado como aprendiz de encadernador. Autodidata, M. Faraday lê livros que encaderna, tendo especial interesse pela química.
- 1813: M. Faraday torna-se assistente de Humphry Davy<sup>6</sup> e ajudante de laboratório da *Royal Institution (RI)*, cargo que ocupa até 1826.
- 1813-15: M. Faraday acompanha Humphry Davy numa viagem a França, Itália e Suíça onde conhece Volta, Ampère e Gay-Lussac em conferências internacionais.
- 1821: M. Faraday inventa o motor elétrico homopolar.
- 1824: M. Faraday torna-se Membro da *Royal Academy*.
- 1825: M. Faraday é nomeado Diretor do Laboratório da *RI*, cargo que ocupa até 1867. Inicia as palestras de Natal (*Christmas Lectures*) na *RI*, que perduram até aos dias de hoje no canal de televisão *BBC Four*.  
Descobre o benzeno, que é utilizado no gás de iluminação de Londres.
- 1831: M. Faraday descobre a lei da indução eletromagnética.
- 1831: M. Faraday realiza o primeiro gerador eletromagnético.
- 1831: M- Faraday inventa o transformador elétrico.
- 1832: M. Faraday enuncia as leis da eletrólise, sendo o autor dos princípios teóricos da Eletroquímica<sup>7</sup>.
- 1833: M. Faraday é nomeado professor de química da *RI*.
- 1836: M. Faraday inventa a gaiola de Faraday.
- 1845: M. Faraday descobre a rotação de Faraday, a primeira demonstração da interação de um campo magnético com a luz.
- 1845: Classifica os materiais magnéticos e introduz o conceito de diamagnetismo.
- 1857: Não aceita a presidência da *RI*: “*quero ser simplesmente Michael Faraday*”.
- 1858: M. Faraday aposenta-se da carreira científica.
- 1867: M. Faraday morre em Londres.

### 3. ORGANIZAÇÃO

O MF ocupa sete salas (Fig. 1) e está organizado em três áreas temáticas:

- Instrumentação (sala *Faraday*)
- Escrita e Computação (salas *Babbage* e *Turing*)
- Áudio, Rádio, TV e Comunicações (sala *Edison*)

---

<sup>6</sup> Humphry Davy (1778-1829) químico inglês, foi presidente da Royal Society. Usando a corrente elétrica de uma pilha para a decomposição de soluções de vários sais, H. Davy permitiu o isolamento do sódio e do potássio nos seus hidróxidos em 1801, sendo por isso considerado o fundador de uma área da ciência conhecida por Eletroquímica. É também da sua autoria a lâmpada Davy ou lâmpada dos mineiros. H. Davy foi o primeiro a verificar que a eletricidade podia provocar a incandescência de um fio elétrico, fenómeno que originaria as primeiras lâmpadas elétricas.

<sup>7</sup> A Eletroquímica é uma área muito atual e de grande implantação nas pilhas e baterias utilizadas nos aparelhos eletrónicos, nas telecomunicações e nos automóveis. Neste último caso, no domínio dos Sistemas de Energia Renováveis (RES), as baterias para os veículos elétricos constituem um tema de investigação e desenvolvimento cada vez mais importante.



Fig. 1: Planta do Museu Faraday. Designação das salas.

1-Faraday; 2- Fleming; 3- Volta; 4- Schockley, 5- Babbage ; 6- Turing; 7- Edison.

Duas salas são dedicadas a experiências de caráter pedagógico (sala *Volta*, sala *Fleming*) e uma sala é dedicada à exposição de trabalhos recentes (sala *Schockley*). Na sala *Faraday* existe um espaço para exposições temporárias.

#### 4. ACERVO

O MF conta com mais de 600 peças históricas já identificadas, catalogadas, reconduzidas e fotografadas. Estas peças cobrem as áreas de eletrotécnica, instrumentação convencional e eletrónica, aparelhos de comunicação por cabo e por rádio, aparelhos de áudio, vídeo, rádio e TV. Estão distribuídas pelos dois pisos que constituem o espaço museológico. De realçar que muitos dos equipamentos mais antigos existentes no museu resultam da aplicação direta de conceitos desenvolvidos por Faraday. O MF reúne várias centenas de equipamentos provenientes de laboratórios do IST e de Centros de Investigação Associados, de doações de empresas e, em regime de comodato, de particulares. A peça mais antiga do Museu é a *célula de Grenet* de 1842 (Fig.2).

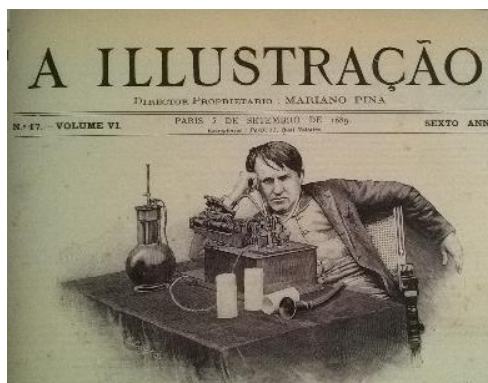


Fig. 2: Célula de Grenet (sala Volta). Foto da autoria de Augusto Conceição Silva. Thomas Edison numa experiência com a célula de Grenet.

São de salientar algumas coleções ou peças emblemáticas no acervo do MF.

#### COLEÇÕES

- Instrumentos de Medida do séc. XIX e XX (sala Faraday; 1)<sup>8</sup>.
- Contadores de Energia (sala Faraday; 2).
- Osciloscópios antigos, posteriores a 1940 (sala Faraday; 3).

<sup>8</sup> A numeração usada ao longo do artigo corresponde à identificação do registo fotográfico da peça da autoria de Augusto Conceição Silva (ver secção 6, Ações).

- **Aparelhos de gravação mecânica ou magnética dos anos 40 a 80 do século XX** (sala Edison, **4**).
- **Computadores e Calculadores** (salas Turing e Babbage).
- **Rádios dos anos 20** (sala Edison).
- **Televisores e Gravadores de Vídeos** (sala Edison).

### PEÇAS

- **Célula voltaica de Grenet (1842)**, (sala Volta, **5**).
- **Dínamo de Gramme (1879)**, (sala Faraday).
- **Telefone Gower Bell (1882)**, (sala Faraday).
- **Contador de energia Aron (1884)**, (sala Faraday, col. de Contadores de Energia).
- **Primeira central do IST (1900)** (sala Faraday, **6**).
- **Oscilógrafo antigo (1925)** (sala Faraday).
- **Leitor de fita som com sulcos gravados (1955)**, (sala Edison, **7**).
- **Freshman Radio (1925)**, (sala Edison, **8**).
- **Country Bell Radio (1955)**, (à entrada da sala Edison).
- **Philco Safari - 1º Recetor de TV transistorizado (1959)**, (sala Edison).
- **Faber Castell - Régua de cálculo gigante (1963)** (sala Faraday, **9**).
- **Siemens - Memória de ferrite fabricada em Portugal (1966)** (sala Schockley).
- **ITT - 1ª Transístor de Potência fabricado em Portugal (1976)** (sala Schockley, **10**).
- **INESC - 1º circuito integrado projetado em Portugal (1982)** (sala Schockley).
- **Sony CDP-101 - 1º Leitor de CDs (1982)** (sala Edison).
- **ITT Digivision - 1º Recetor digital de TV (1983)** (sala Edison).
- **Epson ET-10 - 1º Recetor de TV com ecrã de LCD (1984)** (sala Edison).
- **Altifalantes dos anos 20** (sala Edison, **11**).

## 5. UMA VISITA AO MUSEU FARADAY

Ao entrar no MF reencontra uma réplica da pilha de Volta (1800). Foi o primeiro gerador de corrente contínua, que permitiu a Oersted, Faraday e outros cientistas fazerem muitas das suas descobertas.



### SALA FARADAY (sala principal de exposições)



Fig. 3: Fotografia panorâmica da sala Faraday (autoria: Professor António Serralheiro)

Nesta sala estão expostos:

- Aparelhos de medida elétricos e eletrónicos, fundamentalmente Contadores de Energia, Galvanómetros, Voltímetros, Amperímetros e Wattímetros de diversos tipos;
- Uma seleção de Osciloscópios antigos (anos 40 do século XX e pós guerra);
- Geradores de Sinais;
- Caixas de Resistências, Bobinas e Condensadores;
- Aparelhos diversos de exposição temporária.

Do acervo apresentado nesta sala merecem particular destaque:

- Os Contadores de Energia. Alguns estão expostos sem a tampa para que se possam observar pormenorizadamente os diversos aspetos dos aparelhos.

*Os contadores de energia podem ser do tipo DC ou do tipo AC. Os primeiros medem a carga em A-hora; os segundos medem a energia em kW-hora. A conversão do consumo de carga para o consumo de energia é imediata conhecida a tensão. No MF existem contadores de energia dos dois tipos. Os contadores de energia apareceram com uso generalizado em Inglaterra a partir dos anos 80 do século XIX. Os primeiros contadores, que foram desenvolvidos por Edison (1847-1931), eram do tipo DC e eletromecânicos. Não foram bem aceites pelos consumidores, uma vez que eram de difícil leitura. O primeiro contador de energia elétrico data de 1883; é da autoria de Hermann Aron (1845-1913) (ver Shaul Katzir, 2009). **Existe um exemplar no Museu Faraday.***

- As Garrafas de Leiden (em exposição na ala sul, 12).

*Em 1745 Ewald Kleiss (1700-1748), cientista alemão, faz a descrição teórica de um dispositivo que armazena energia elétrica, e em 1746, Pieter van Musschenbroek (1692-1761), holandês, inventa um dispositivo que armazena eletricidade dentro de uma garrafa, que passou a ser designada por **garrafa de Leiden**, em homenagem à cidade holandesa onde nasceu o cientista. Basicamente, trata-se do primeiro dispositivo elétrico inventado, que Alexandre Volta (1745-1827) designa em 1780 por **condenser**. A vantagem da garrafa de Leiden reside no facto de poder armazenar energia elétrica durante muito tempo, pois descarrega-se muito lentamente. A aproximação de uma ponta metálica ao terminal central de uma garrafa de Leiden carregada pode provocar uma faísca elétrica, o que se pode tornar perigoso. Em 1747, Daniel Galath (1708-67) junta várias garrafas de Leiden em paralelo para armazenar mais energia elétrica. **O exemplar existente no MF é deste tipo.***

- Uma versão do **Versorium de Gilbert** (peça nº 2 do armário da ala sul, 13).

***Versorium** significa em latim girar. Da autoria do físico inglês William Gilbert (1544-1603), o **Versorium** foi o primeiro aparelho a detetar a presença de cargas elétricas*

estáticas. Basicamente trata-se de uma agulha que roda na presença de um objeto que está carregado, sendo um modo muito simples de detetar a presença de cargas nos corpos. Nesse sentido é um eletroscópio, aparelho similar às bússolas. Nestas, a origem do efeito assenta na presença de forças magnéticas, enquanto no Versorium, a razão prende-se com forças do tipo eletrostático. Em ambos, o dispositivo mostra que cargas de sinais contrários (idênticos) se atraem (repelem). No entanto, existem aspetos que distinguem os eletroscópios das bússolas, para além do tipo de forças em jogo. O eixo da agulha no Versorium aponta para o objeto qualquer que seja a carga do objeto carregado, ou seja, o dispositivo não distingue o tipo de carga presente no objeto. Já não é assim com as bússolas, que distinguem os polos Norte e Sul dos magnetos. A teoria na altura não permitiu ver o alcance do que efetivamente estava em jogo, mas como sempre deixou sementes: 150 anos mais tarde Andrew Gordon (1712-1751) constrói o que é considerado o primeiro motor elétrico (1740) num projeto que é uma espécie de duplo Versorium. O Versorium é um exemplo feliz de um objeto para ser utilizado em experiências pedagógicas para alunos do ensino básico: fácil, sugestivo e barato.

- O Osciloscópio da Siemens Oscillar IV (aparelho nº 6 da bancada de osciloscópios). Trata-se de um osciloscópio de 1955, que tem a particularidade de ter quatro canais. O aparelho foi sujeito a operações de limpeza e, apesar de estar muitos anos sem qualquer manutenção e utilização, verificou-se que, surpreendentemente, se encontrava operacional! O que dá uma ideia da qualidade da tecnologia utilizada.

- O Telefone Gower-Bell (Fig.4). É uma das 5 peças mais antigas expostas no MF (1882) e é o telefone mais antigo do IST. É da autoria de Frederico Gower, um inventor americano que se estabelece em Inglaterra, sendo fornecido e instalado pela Rede Oficial de Lisboa<sup>9</sup>.

1. Manivela do magneto gerador de chamada
2. Campainha de chamada
3. Placa de madeira suporte do microfone
4. Tubos acústicos para audição
5. Caixa da bateria
6. Microfone
7. Auscultador
8. Transformador do microfone



Fig. 4: Telefone de Gower-Bell (sala Faraday)

São de salientar os tubos de audição e o microfone da versão Gower. A utilização de um agregado de lápis de carbono (*Microfone de Hughes*) e de tubos de audição duplos tornaram o recetor maior do que o de Bell. Foi a forma arranjada por F. Gower para escapar às patentes de Edison e Bell.

Foi o primeiro telefone oficial da *British Post Office*.

Para comparação das duas versões foram criadas réplicas do microfone e do tubo de audição da versão Bell (Fig.5), que se encontram num expositor colocado abaixo do telefone Gower-Bell.

<sup>9</sup> Trata-se da primeira rede telefónica concessionada em 1882 à casa Edison Gower Bell Telephone. Em 1887 a concessão passou para a Anglo-Portuguese Telephone Company. Em 1967 transformou-se nos Telefones de Lisboa e Porto, antes de ser integrada nos Correios e Telecomunicações de Portugal, que deram origem à Portugal Telecom.





Fig. 5: Réplicas do microfone e do tubo de audição da versão Bell (sala Faraday).

- O Dínamo Manual de CC (14). É um aparelho baseado no comutador anel de Gramme e um dos mais antigos (1879) do acervo do MF. Está exposto na ala poente da sala Faraday, gerando cerca de 12V de tensão contínua.

*Em 1871 Zénobe Gramme (1826-1901) desenvolve o primeiro gerador de corrente contínua com potência suficiente para aplicações industriais. Em 1876 o Prof. Poeschl verifica experimentalmente que o gerador de Gramme também podia funcionar como motor e era reversível. O exemplar do MF foi construído por Antoine Breguet e é um aparelho reversível (dínamo/motor). O motor é um dispositivo que converte energia elétrica em energia mecânica. O dínamo é um dispositivo que converte energia mecânica em elétrica. O modo de funcionamento como motor assenta na criação de forças resultantes da interação entre o campo magnético e as correntes induzidas. Os motores são utilizados para criar forças lineares ou binários e não devem ser confundidos com os sensores e/ou atuadores (solenoides ou altifalantes), que convertem energia elétrica em movimento, mas que não estão associados à geração de energia mecânica, no sentido comumente atribuído a uma fonte de energia. Os motores elétricos podem ser alimentados por fontes de CC, tais como baterias ou fontes retificadas, ou por fontes de CA, provenientes da rede, inversores ou geradores. A reversibilidade pode ser explicada teoricamente a partir da lei de Ampère e da lei de indução de Faraday. Ao fazer passar uma corrente elétrica num condutor cria-se um campo magnético circular à volta do condutor (lei de Ampère). A forma espiral do condutor e a utilização de várias espiras (solenóide) permite aumentar o campo magnético criado, que é proporcional ao número de espiras e ao valor da corrente elétrica indutora. Por outro lado, um campo magnético variável que atue sobre um fio condutor induz o aparecimento de uma força eletromotriz ou tensão elétrica aos seus terminais (lei de indução de Faraday).*

- O Gravador Minifon M51 (1951), (15). Trata-se do primeiro gravador de bolso de fio magnético. Utilizado em espionagem, esteve na base da construção das primeiras caixas negras de aviões.
  - O Gravador Sony Superscope (1957), (16). Foi o primeiro gravador de fita estéreo comercializado nos Estados Unidos; foi importado pelos irmãos Tushinski, inventores do cinema Superscope<sup>10</sup>. Representa o primeiro gravador estéreo compacto totalmente integrado com amplificação. Foi licenciado e produzido em 1957 pela Superscope com o nome de *Stereocorder* (Sony555).
  - O Gravador Nagra<sup>11</sup> SN (1960), (17). Trata-se de um gravador miniatura de fita magnética. Foi encomendado pela CIA para espionagem. Só em 1970 houve conhecimento público da existência deste gravador.

<sup>10</sup> Efetivamente este gravador não foi o primeiro produto da *Superscope*. Uns anos antes a *Superscope* começou a produzir impressões de filmes em telas panorâmicas de forma mais económica do que a concorrente *Cinemascope*. Usado pela primeira vez no filme *Vera Cruz* com Cary Cooper e Burt Lancaster.

<sup>11</sup> *Nagra* em polaco significa “vai gravar”.

- O Gravador Revox A77 (1967), (18). Trata-se do primeiro gravador de fita magnética de alta-fidelidade (para o público) e foi considerado na altura um primor de tecnologia.

A sala *Faraday* será o palco principal de exposições temporárias organizadas pela direção do MF e desenvolvidas em colaboração com os diferentes serviços, departamentos, centros, núcleos, associações e órgãos de gestão do IST.

Nas paredes podem ser vistos seis painéis, que foram utilizados no dia da inauguração do Museu ao longo do corredor de acesso ao museu, e que evocam acontecimentos marcantes das décadas de 20 a 70 do século passado (Fig.6).

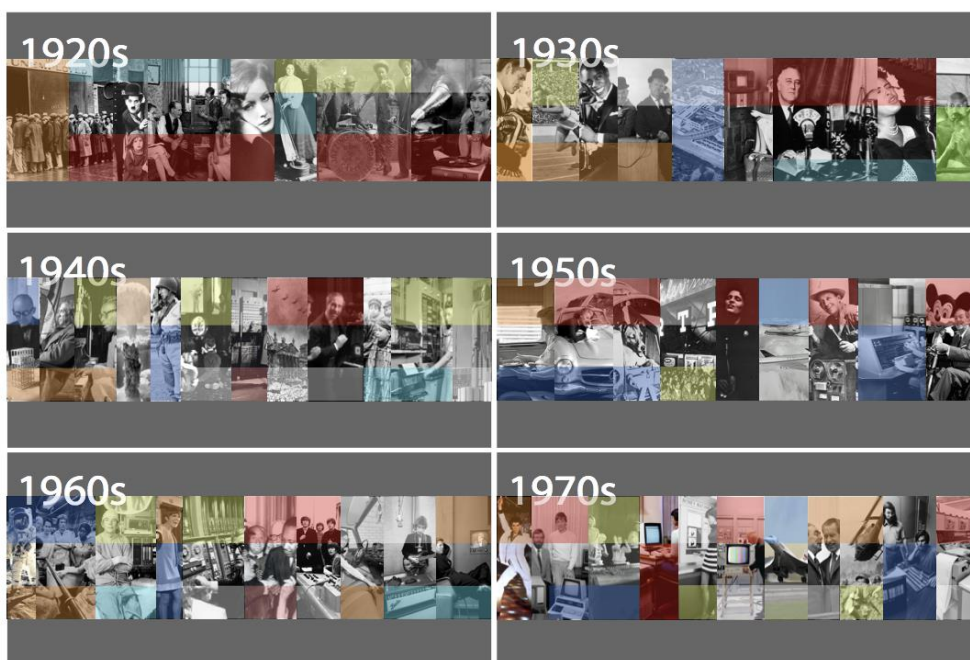


Fig. 6: Os 6 painéis da inauguração do MF<sup>12</sup>.

#### SALAS VOLTA<sup>13</sup> e FLEMING<sup>14</sup>

A colaboração com professores e alunos é, de acordo com o regulamento do MF, um dos requisitos para que o MF cumpra um dos seus principais objetivos: *constituir um recurso educativo, com atividades pedagógicas para o público, envolvendo a comunidade científica*.

Nas salas *Volta* e *Fleming* os visitantes podem assistir e executar algumas experiências especialmente concebidas pelos elementos do MF.

Este é um dos grandes desafios lançados à equipa do núcleo museológico. As experiências apresentadas terão de levar em linha de conta diversos critérios, nomeadamente:

<sup>12</sup> Projeto de Henrique Nogueira.

<sup>13</sup> *Alessandro Volta* (1745-1827), físico italiano inventor da pilha de células eletroquímicas.

<sup>14</sup> *John Fleming* (1849-1945), físico britânico. Foi aluno de Maxwell, tendo trabalhado para Edison e Marconi. São da sua autoria contribuições decisivas para a construção das válvulas eletrónicas que serviram de base para a invenção do primeiro equipamento de radio que utilizou dispositivos termiônicos.

- Público-alvo

Obviamente, assistências com características distintas (seniores ou infantis, ligadas aos meios académicos ou empresariais de áreas temáticas do museu, afins ou totalmente externas) serão diferentemente “tocadas” pelo objeto. Para que a comunicação seja eficiente o discurso utilizado deverá estar ajustado a quem se dirige. O número máximo de visitantes por sessão pode ir até 24.

- Duração da visita

O tempo deverá estar adaptado ao tipo de interesse manifestado pelo público, dado que está acessível a partir dos registos do agendamento efetuado. A experiência já adquirida com as visitas efetuadas desde a data de inauguração mostra que o tempo ideal da visita deverá rondar os 60 minutos e que não é aconselhável ultrapassar 90 minutos. Visitas curtas (tipicamente com 30 minutos) poderão ser também agendadas para casos especiais. Nas visitas pode, caso se justifique, ser usada a língua inglesa.

Considerando as palestras proferidas por Michael Faraday há mais de 190 anos na *RI* em Londres podem detetar-se como estratégias didáticas mais frequentemente utilizadas: (i) uma aproximação com o público; (ii) uma demonstração evidente do fascínio pelo que se estuda; (iii) o uso de analogias; (iv) o apelo ao quotidiano do público; (v) uma adequação do discurso ao conteúdo, (vi) um papel preponderante da experimentação no ensino, na aprendizagem e no desenvolvimento do conhecimento científico (J.O.Baldinato, 2008).

*Assim os maiores erros e enganos em relação a velas, ou a outras coisas, transportam consigo ensinamentos, que não obteríamos se esses erros não tivessem ocorrido... Deste modo vamos ao encontro dos filósofos, e espero que se lembrem que, sempre que observarem um determinado resultado, especialmente se se tratar de um novo resultado, devem interrogar-se “o que o causou? Porque é que isso aconteceu?” e verão que com o decorrer do tempo, hão-de encontrar uma resposta. (Michael Faraday, 2011)*

*Em cada um de nos ocorre um processo biológico de combustão muito similar ao de uma vela, e eu vou tentar transmitir-vos isso mesmo de uma forma simples. Porque não é só verdadeira em sentido poético a analogia da vida humana com um pavio; se me seguirem, penso que conseguirei deixar isso bem claro. (Michael Faraday, 2011)*

O MF dispõe de um conjunto de experiências pedagógicas sobre os princípios básicos da física, química, eletrotécnica, eletrónica e das suas aplicações. De entre elas salientam-se as relacionadas com as descobertas de M. Faraday, com o magnetismo, com a termoelectricidade e com o movimento dos eletrões em ampolas de vácuo. Cada experiência tem um expositor em formato A4 com uma explicação sumária. As experiências têm sempre um caráter interativo e serão frequentemente modificadas para que exista um fator surpresa e se possa aliciar o público a repetir a visita. Seguem-se quatro exemplos de experiências atualmente oferecidas.

#### Experiência 1: Magnet fall arena (sala Volta)

O conjunto é formado por nove ímanes iguais e por nove varões ou tubos de materiais distintos (madeira, latão, alumínio, cobre e aço inox). Está representado na Fig.7. O objetivo da demonstração é a verificação da queda do íman em forma de toro circular em torno de um tubo/varão com igual diâmetro externo mas de materiais diferentes. Para

tal, faz-se subir cada um dos ímanes até a uma determinada altura, solta-se o íman e observa-se o seu movimento de queda. Repete-se a experiência usando um novo tubo/varão, comparando-se a descida de um par de ímanes à escolha. Finalmente, usando uma pá própria, observa-se a descida do conjunto dos nove ímanes idênticos. É evidente a diferença de tempo registada na queda dos vários ímanes. *Porquê?*



Fig.7: Demonstração: *Magnet Fall Arena*

#### O princípio físico:

*A energia potencial da massa do íman é convertida em energia cinética no processo de descida. Ao deslocar-se, o íman induz uma força eletromotriz (fem) no condutor, de acordo com lei de indução de Faraday. Por sua vez, a fem origina correntes distintas em cada tubo/varão, dado que as condutividades são distintas (materiais distintos) e as resistências também (materiais ou configuração-tubo/varão). Quanto maior a condutividade associada ao tubo/varão, maiores as correntes induzidas. Por sua vez, estas correntes criam um campo magnético induzido, que se opõe sempre ao campo magnético indutor. Em resumo, quanto maior a condutividade do material, maior será a força magnética de reação e, portanto, maior será a travagem do íman no processo de queda. Por outro lado, a presença de correntes nos condutores conduz ao aquecimento por efeito de Joule. No processo global existe portanto uma transformação de energia potencial em energia cinética e em calor. Se o material constituinte do tubo fosse um supercondutor esperar-se-ia que o íman ficasse a flutuar permanentemente. Este efeito não foi possível ser visualizado (Porquê?).*

#### Experiência 2: Ação dos campos elétrico e magnético sobre eletrões (sala Fleming)

O conjunto é formado por uma ampola de Wehnelt (Fig.8), um gerador de tensão alternada, fontes de tensão e de corrente DC. O objetivo da demonstração é a verificação da dependência do desvio de um feixe de eletrões sujeito à ação de um campo magnético ou de um campo elétrico.



Fig.8: Demonstração: *Desvio magnético numa ampola de Wehnelt.*

#### O princípio físico:

*O funcionamento da ampola de Wehnelt é análogo ao dos osciloscópios tradicionais na visualização das ondas num ecrã. São necessários: (i) um sistema de emissão de um*

feixe eletrônico, por aquecimento de um filamento, (ii) um sistema de aceleração, por aplicação de uma tensão contínua entre um ânodo e um cátodo, com controle feito pela grelha (aqui designada por Wehnelt) e, finalmente, (iii) um sistema de desvio, por aplicação de uma tensão contínua ou variável entre dois elétrodos. Nos osciloscópios existem dois sistemas de desvio ortogonais que permitem que o feixe viaje num plano (plano do ecrã). Na ampola de Wehnelt, todo este sistema está incluído num canhão eletrônico e o desvio elétrico é apenas numa dada direção. A trajetória do feixe é uma reta na zona de aceleração e um troço de parábola na zona de desvio, para cada tensão de desvio. O leque de parábolas (para tensões de desvio variáveis) apresenta a particularidade de ser formado por parábolas com o mesmo vértice. Ao ligar-se a fonte de corrente que vai percorrer as duas bobinas de Helmholtz, cria-se um campo magnético (lei de Ampère) normal ao plano das bobinas e com um sentido que depende do sentido da passagem da corrente nas bobinas. A força magnética que lhe está associada (força de Lorentz) é dada por  $\vec{F} = -q\vec{v} \times \vec{B}$ , sendo  $q$  a carga da partícula ( $-1,6 \times 10^{-19}C$ , para o caso dos eletrões),  $\vec{v}$  a sua velocidade e  $\vec{B}$  o campo de indução magnética exterior. Ao colocar a ampola de modo a que o eixo do canhão esteja paralelo ao plano das bobinas, pode verificar-se que a trajetória é linear, tendo a forma de uma circunferência. Ao rodar a ampola de modo a criar um ângulo diferente de zero entre a velocidade dos eletrões e o campo magnético, pode verificar-se que a trajetória se modifica e passa a ser uma hélice cilíndrica (Porquê?). Caso as tensões de desvio sejam obtidas de uma fonte de tensão variável, as diferentes hélices cilíndricas formadas encontram-se ao fim de uma distância (passo da hélice), que é a mesma para todas as hélices do leque (Porquê?). Se colocar o eixo do canhão eletrônico paralelo ao campo magnético, pode verificar-se que a trajetória é linear. Corresponde a um passo infinito ou a uma força magnética nula (Porquê?). O conhecimento da tensão de aceleração, do campo magnético, do número de espiras das bobinas e dos parâmetros característicos da trajetória descrita permite determinar a relação entre a carga do eletrão  $q$  e a sua massa em repouso  $m$ , de acordo com a equação  $q/m = v/(RB)$ . Na equação anterior  $R$  representa o raio da trajetória circular. A relação  $q/m$  foi obtida por J. J Thomson em 1897. O princípio de funcionamento utilizado nessa altura deu origem a um processo atualmente designado por espectrometria de massa.

### Experiência 3: Experiência de eletro-acústica: o Tomatofalante (sala Volta)

O objetivo da demonstração (Fig.9) é mostrar o efeito de uma caixa de papelão, a que está acoplado um transdutor sonoro excitado por um amplificador de áudio de potência, na amplitude do som escutado. É um exemplo da interdisciplinaridade entre a Eletrónica e a Mecânica.



Fig.9: Demonstração: O Tomatofalante: experiência eletroacústica.

#### O princípio físico:

**I- Transdutor solto.** A energia elétrica é convertida em energia mecânica que faz vibrar ambas as partes do transdutor (móvel e fixa). As ondas acústicas geradas por cada parte estão em oposição de fase, cancelando-se e, conseqüentemente, não produzindo som audível.

**II- Transdutor acoplado à caixa de papelão.** A energia mecânica é dividida pelas partes móvel e fixa do transdutor, proporcionalmente às massas envolvidas. A parte móvel está mecanicamente acoplada à caixa de papelão, que tem uma área maior do que a

*parte fixa do transdutor, produzindo uma onda sonora com maior amplitude. Num dado ponto do espaço, as duas ondas (frente e trás) geradas pela caixa têm percursos e atrasos de propagação diferentes, não se cancelando. Um altifalante sem a caixa acústica que separa as duas ondas geradas pelo altifalante não produziria som com potência apreciável.*

#### Experiência 4: Efeito Faraday (sala Fleming)

A experiência proposta (Fig.10) evidencia o efeito de Faraday, sem dúvida um dos maiores contributos científicos de Faraday, onde pela primeira vez se descreve a interação *Luz - Magnetismo*. Para recriar o ambiente usou-se uma vela (*sempre a vela...*), bobinas e um alvo. Por variação da corrente que atravessa as bobinas é possível alterar o ângulo de rotação da luz emitida pela vela. A deteção do desvio da luz é feita num alvo.



Fig.10: Demonstração: Rotação de Faraday

#### O princípio físico:

*A propagação da luz num meio anisotrópico é a combinação de dois modos normais cuja caracterização pode ser efetuada a partir do elipsoide de índices de refração. A presença de um campo elétrico aplicado provoca uma alteração nas dimensões e orientação desse elipsoide. É o domínio da Eletro-Ótica e os efeitos correspondentes (Pockels, Kerr) podem ser de diversa ordem. É um domínio fundamental nas áreas das Telecomunicações e Instrumentação. Por seu lado, a interação entre a radiação luminosa e o campo magnético constitui o domínio da Magneto-Ótica. Pode seguramente afirmar-se que na génese desta grande área se encontram os trabalhos de Faraday. Basicamente o efeito Faraday consiste na rotação do plano de polarização duma onda de luz ao atravessar um meio isotrópico quando este está submetido à ação de um campo magnético aplicado. É um efeito linear e não recíproco, isto é, a inversão da direção de propagação (mudança de sinal do vetor de onda) não afeta o sentido em que se processa a rotação no plano de polarização. O ângulo de rotação depende do material (constante de Verdet  $V$ ), da amplitude ( $B$ ) e do sentido do campo magnético aplicado. Para campos uniformes ao longo do comprimento  $l$  da célula de Faraday (dimensão na direção do campo aplicado), o ângulo de rotação vem dado por  $\theta = V l B$ .*

#### SALA EDISON<sup>15</sup>

A visita prossegue passando-se para o piso superior. Inicia-se o percurso na sala *Edison* (Fig.11), que está dedicada à Rádio e Televisão. Nesta sala estão expostos basicamente aparelhos de comunicação por cabo e por rádio, aparelhos de áudio, vídeo, rádio e TV.

<sup>15</sup>Thomas Edison (1847-1931), empresário americano que patenteou e financiou o desenvolvimento de muitos aparelhos industriais importantes.



Fig.11: Vistas parciais da sala Edison

Merecem especial referência alguns aparelhos expostos nesta sala, nomeadamente:

- Rádios regenerativos, rádios de sintonia direta e rádios super-heterodinos da segunda e da terceira décadas do século XX: Rádio Galenas (1916; 1923); primeiro super-heterodino Radioala AR812 (1924); Atwater Kent 10 Breadboard Radio (1924); Freshman Radio (1925), (19); Philco 70 Cathedral Radio (1930), (20).
- Peças representativas dos primeiros rádios e TV's transistorizados, resultantes da miniaturização tornada possível com o surgimento do transistor bipolar em 1948: primeiro radio de bolso transistorizado (1954); primeiro aparelho TV transistorizado (1959).
- Gravação mecânica: Disco de Berliner e Gramofone (1888), (21); Cilindro e Fonógrafo Edison Home (1898), (22); Fonógrafo Edison GEM (1906), (23); Fonógrafo Edison Amberola (1912), (24); Grafonola e Leitor de Discos (1920), (25); Gravador de discos Sounscriber (1945), (26); Gravador de discos Meissner (1947), (27); Leitor de fita com sulcos gravados Tefifon (1955), (7).
- Gravação magnética: Gravador de fio Armour Research (1940?); primeiro gravador de fio de bolso Minifon (1951), (28); Gravador de fio magnético Schaub Supraport (1953), (29); Sounscriber S24 (1959), (30); gravador de fita AKAY M7 (1962), (31).

#### SALA TURING<sup>16</sup>

Esta sala é dedicada a Computadores. Merecem especial referência as seguintes peças expostas: *unidade de disquetes* HP82901, com duas disquetes de 270kB, controlada por GPIB (1980), (32); *computador de secretária HP 85* com monitor e impressora integrados (1980), (33) e *calculadora científica de secretária HP 97* (1982), (34).

#### SALA BABBAGE<sup>17</sup>

Passa-se à sala Babbage, que é dedicada a *Computadores e Calculadoras*, sendo de salientar a exposição das primeiras calculadoras de bolso científicas (1972), programáveis (1973) e com gravação magnética de dados (1975). Dentre a amostra patente nesta sala, salientam-se: a *calculadora mecânica Victor W-57710* (1899), (35); a *máquina de escrever mecânica Royal 10* (1920), (36); a *calculadora eletrônica de bolso Canon Pockertronic* (1970), (37); o *computador de secretária TK 31* (1971), (38); *as calculadoras programáveis*:

<sup>16</sup> Alan Turing (1912-1954), matemático, criptoanalista e cientista da computação britânico. Durante a 2ª Guerra Mundial foi o responsável pela HUT 8, secção de criptoanálise da frota naval alemã.

<sup>17</sup> Charles Babbage (1791-1871), cientista britânico. Inventor do conceito de um computador programável e pioneiro do primeiro computador de uso geral, usando apenas partes mecânicas. As técnicas para a sua construção eram demasiado ambiciosas para a época: projeto nunca foi executado.

HP-35 (1972), (39); HP-65 (1974), (40); HP-67 (1976), 41; *a calculadora de bolso com impressora e cartões programável TI-59* (1977), (42); o sistema Wang VG65 (1977), (43) (*Unidade de Discos* com disco fixo de 313 MB e disco amovível de 80 MB, *Unidade de Fita Magnética 6538*, *uma Impressora IG1893* e um *Monitor Wang*); *a calculadora científica de secretária HP-97* (1982), (44); *a máquina de escrever eletrónica com monitor de vídeo*, Olivetti ETV240, (1986), (45).

#### SALA SCHOCKLEY<sup>18</sup>

E a *viagem* chega ao fim na sala *Schockley*, onde se podem ver muitos projetos desenvolvidos nos últimos anos. Estes trabalhos resultaram do aparecimento dos microprocessadores nos anos 70 do século passado, tornado possível com a inclusão da integração nos processos de fabrico. É uma sala reservada a trabalhos funcionais desenvolvidos por alunos e/ou investigadores do IST e por empresas nacionais. Merecem especial referência: memórias de ferrite fabricadas em Portugal (1966), o primeiro transístor de potência fabricado em Portugal (1976), (10), o primeiro circuito integrado desenvolvido em Portugal (1982), um transmissor/recetor de banda ultra larga, chips com sensores biomagnéticos integrados, etc. Nesta sala pode também ser consultado diverso material bibliográfico, nomeadamente: textos científicos sobre assuntos afins aos objetos expostos no MF, com especial ênfase dado aos materiais semicondutores, livros antigos da Biblioteca Central, reportagens e relatos na imprensa nacional sobre o MF, textos desenvolvidos sobre as diversas atividades do MF, etc.

#### 6. AÇÕES

De modo a cumprir os objetivos a que se propõe, tal como referido no artigo 3 do regulamento do MF aprovado em CCP do DEEC, a equipa do MF tem desenvolvido uma série de ações de recolha e catalogação do equipamento que foi ampliando o acervo do núcleo museológico.

Nesse contexto, foi necessário muitas vezes fazer o restauro de muitas das peças coletadas, construir peças adequadas para a implementação das demonstrações a apresentar durante as visitas (Fig. 12) ou fazer réplicas, tais como as que se encontram representadas na Fig. 5.

No sentido de promover uma maior ligação dos alunos à escola, estão previstas ações de formação para que os alunos possam contribuir no acompanhamento das visitas guiadas.

Outras ações têm sido desenvolvidas que permitem uma maior visibilidade ou um reforço da imagem do museu. Basicamente correspondem à criação de interfaces com o exterior, sendo de destacar:

(i) A preparação da página Internet em colaboração com outras faculdades da Universidade de Lisboa e com o MUHNAC.

---

<sup>18</sup> William Schockley (1910-1989), cientista americano. Juntamente com John Bardeen e Walter Brattain com quem trabalha num grupo de investigação nos Laboratórios da Bell, recebe o prémio Nobel da Física em 1956 pela invenção do transístor bipolar de junções.



Neste contexto, foram identificadas como importantes a criação das secções *Identidade Visual* (logotipo, brochuras), *Website do Museu* e *Museu on Line/Virtual* (jogos, estratégias para apresentações dedicadas a um público mais jovem).

(ii) A ligação do MF com outros museus.

Neste contexto, salienta-se a inclusão do MF na rota dos museus e o reforço da cooperação entre os três museus do IST com a criação das bases de um *Sistema Educativo* integrado. Foram assim identificadas as áreas onde poderá ser dado um importante contributo aos museus: divulgação, organização de visitas, contacto com o público.



Fig.12: Ações de catalogação, restauro, registo fotográfico e fabrico de peças

Efetivamente, os museus constituem um tema de grande atualidade, tendo o ICOM Portugal apresentado muito recentemente uma reflexão e um contributo importante para o futuro dos museus<sup>19</sup>, identificando problemas e apontando eixos de atuação, linhas orientadoras e propostas para uma política museológica nacional. A ligação dos museus à investigação e ao sistema educativo tem também sido tema de debates em encontros recentes.<sup>20</sup>

No sentido de garantir uma maior atratividade, a direção do MF pretende lançar uma campanha que designou por *O Fio Condutor*. Basicamente, será uma exposição com periodicidade mensal de um objeto ou coleção de objetos, do acervo do MF ou proveniente do exterior em regime de empréstimo, relacionados com um dado tema. Cada tema deverá ser acompanhado por textos explicativos adequados.

Segue-se um quadro com as imagens das peças e coleções emblemáticas do museu, usando a numeração indicada ao longo do texto. As imagens referenciadas com o sinal \* correspondem a peças de coleções particulares. As fotos como atrás referido são da autoria de Augusto Conceição Silva.

<sup>19</sup> [http://icom-portugal.org/multimedia/documentos/2017\\_ICOMPT\\_PoliticaMuseus.pdf](http://icom-portugal.org/multimedia/documentos/2017_ICOMPT_PoliticaMuseus.pdf)

<sup>20</sup> <http://simpom.maeds.amrs.pt/pages/290>.

<p><b>1</b></p> 	<p><b>2</b></p> 	<p><b>3</b></p> 	<p><b>4</b></p> 
<p><b>5</b></p> 	<p><b>6</b></p> 	<p><b>7*</b></p> 	<p><b>8*</b></p> 
<p><b>9</b></p> 	<p><b>10</b></p> 	<p><b>11*</b></p> 	<p><b>12</b></p> 
<p><b>13</b></p> 	<p><b>14</b></p> 	<p><b>15*</b></p> 	<p><b>16*</b></p> 
<p><b>17*</b></p> 	<p><b>18*</b></p> 	<p><b>19*</b></p> 	<p><b>20*</b></p> 
<p><b>21*</b></p> 	<p><b>21</b></p> 	<p><b>22</b></p> 	<p><b>23*</b></p> 



## 7. COMO VISITAR

O Museu Faraday não tem horário de funcionamento regular pré estabelecido. Através do contato +351-8417289 ou do e-mail [museufaraday@tecnico.ulisboa.pt](mailto:museufaraday@tecnico.ulisboa.pt) podem ser agendados períodos de abertura ou de visitas de grupos de visitantes. O acesso é livre,

não estando por isso sujeito à aquisição de qualquer bilhete de ingresso, mas ficando sempre registada a identificação, individual ou em grupo, dos visitantes.



## REFERÊNCIAS

- C.A.F. Fernandes, “Estabelecendo Pontes”, CNaPPES 2015, (2015),49-55.
- J.B. Faria, *Óptica Fundamentos e Aplicações*, Editorial Presença, (1995).
- J.O.Baldinato, P.A.Porto, “Michael Faraday e a *História Química de uma Vela*: um Estudo de Caso sobre a Didática da Ciência”, *Química Nova na Escola*, (2008), nº 30.
- M.C. Lourenço, *Universidade de Lisboa Museus, Coleções e Património*, Universidade de Lisboa, (2016).
- M.Faraday, *A História Química de uma Vela - Curso de 6 lições*, versão portuguesa com tradução de Maria Isabel Prata e Sérgio Rodrigues, Imprensa da Universidade de Coimbra, (2011 a), Lição 1, p. 32, p. 83 e p.108.
- S. Katzir, “Hermann Aron’s Electricity Meters: Physics and Invention in Late Nineteenth-Century Germany”, *HIST STUD NAT SCI*, Vol. 39, No.4, (2009), pp.444-81.
- DOI: 10.1525/hsns.2009.39.4.444
- S. Soubiran, M.C. Lourenço, R. Wittje, S. Talas, T. Bremer, “Iniciatives Européenes et Patrimoine Universitaire”, *La Lettre de l’OCIM* (université de Bourgogne, (2009), 123, 5-14.