

O ELECTROMAGNETISMO NOS MANUAIS DE FÍSICA LICEAIS ENTRE 1855 E 1974

Analisamos a forma como o electromagnetismo foi apresentado nos manuais de física do ensino liceal em Portugal entre 1855 e 1974. A actualidade científica é uma preocupação, mais nítida durante o século XIX e princípios do século XX, reflectindo a influência dos manuais franceses que foram muito usados até 1918. Neste período era frequente os manuais escolares referirem descobertas e aplicações recentes que não constavam dos programas. No século XIX verifica-se uma grande uniformidade na apresentação do electromagnetismo, marcado pelo *Traité Élémentaire de Physique* de Ganot. Alguns livros portugueses revelam influências desta obra, ao inserirem figuras muito semelhantes ou iguais, bem como no estilo de apresentação. Frequentemente os livros expunham a teoria sem qualquer formalismo matemático, com a descrição dos aparelhos e, de seguida, as aplicações. No século XX surgiram estilos mais variados.

CARLOS SARAIVA

Escola EB 2-3 de Vila Franca das Naves
6420-707 Vila Franca das Naves
carlos.saraiva1@gmail.com

ISABEL MALAQUIAS

Departamento de Física - Universidade de Aveiro
3810-193 Aveiro
imalaquias@fis.ua.pt

MANUEL ALMEIDA VALENTE

Departamento de Física - Universidade de Aveiro
3810-193 Aveiro
mav@fis.ua.pt

A Gazeta agradece o envio de contribuições para esta secção
gazeta@teor.fis.uc.pt

ENSINO DA FÍSICA

O ELECTROMAGNETISMO NOS MANUAIS DE FÍSICA LICEAIS ENTRE 1855 E 1974

O manual escolar é um dos recursos educativos mais utilizados [1]. Em Portugal, num estudo com 521 professores de física e química, 92,5% referiram o manual como uma das fontes mais usadas [2]. A análise dos manuais permite compreender a forma como os conteúdos foram sendo apresentados e oferecer elementos sobre os processos de aquisição de saberes. O manual como documento histórico tem recebido pouca atenção verificando-se que não há estudos neste domínio em Portugal. Reflectimos aqui sobre o modo como o electromagnetismo foi apresentado nos manuais adoptados no ensino liceal entre 1855 e 1974 [3].

Instrumentos e procedimentos da pesquisa

A legislação, jornais, revistas e outras publicações são fontes de informação importante sobre os primórdios do ensino da física em Portugal, fornecendo informações sobre programas, indicações metodológicas e manuais escolares utilizados. Analisámos as reformas do ensino secundário, os programas e os temas leccionados em electromagnetismo.

Em 1854, Rodrigo da Fonseca criou, nos liceus de Coimbra e Porto, a cadeira de princípios de Física, Química e Introdução à História Natural dos Três Reinos. A disciplina de Física foi leccionada pela primeira vez em Portugal no Liceu Nacional de Coimbra em 1855. O nosso estudo estende-se até ao ano de 1974 por ser esta uma data de alterações profundas e, além disso, ser necessário um certo distanciamento histórico.

Investigámos 15 manuais escolares (Tabela 1) do último ano do secundário porque era aí que havia um maior

Manuais do século XIX

Do programa de 1856 constava apenas o “telégrafo e noções simples de magnetismo”. O livro *Princípios Elementares de Física e Química* dedica uma página ao electromagnetismo e à telegrafia eléctrica: pouco mais diz que o princípio de funcionamento se baseia em electroímans, sem apresentar figuras.

O *Traité Élémentaire de Physique* foi o primeiro livro francês a ser adoptado no ensino secundário português. Este livro descreve pormenorizadamente os fenómenos físicos, discutindo o funcionamento de galvanómetros, o modo de os graduar, as interacções entre correntes, as interacções entre ímanes e correntes, as interacções entre solenóides e entre solenóides e ímanes e os relógios eléctricos. Dedicar 11 páginas à telegrafia eléctrica incluindo o código Morse e os vários modelos de telégrafos. A primeira central telegráfica em Portugal foi inaugurada em 1854. O facto de este assunto ter aparecido nos manuais praticamente ao mesmo tempo demonstra a sua actualidade. Este manual apresenta a indução electromagnética, que não fazia parte do programa, referindo praticamente todos os trabalhos importantes da época. Apresentava a experiência de Dominique Arago (1824) que observara um fenómeno conhecido por “magnetismo de rotação”. Ao imprimir movimento de rotação a um disco de cobre, Arago verificou a rotação da agulha magnética colocada por cima (Fig. 1).

Este autor faz ainda referência às máquinas eléctricas, ao funcionamento e aplicações da bobina de Ruhmkorff

aprofundamento do electromagnetismo. A metodologia seguida consistiu numa análise do texto e das figuras [4]. Começámos por uma leitura global de todos os manuais, seguida de uma análise aprofundada dos conteúdos de electromagnetismo. Para a análise comparativa e evolutiva considerámos os seguintes parâmetros: modo de apresentação (figuras, esquemas, gráficos, tipo de actividades propostas, matematização, etc.); modo de escrita; a concordância entre o programa e os conteúdos. As imagens e esquemas e a sua relação com o texto podem indicar o modo como o aluno é introduzido no mundo da física. A comparação entre os conteúdos programados e apresentados pode indicar a importância do manual na divulgação de novas ideias e aplicações. A proximidade temporal das descobertas científicas indica a actualidade dos assuntos abordados.

Título	Autor, Editor e Data
<i>Princípios Elementares de Física e Química</i>	Mathias de Carvalho de Vasconcelos; Imprensa da Universidade, Coimbra, 1855
<i>Traité Élémentaire de Physique</i>	A. Ganot, Chez L'auteur, 7ª Ed., Paris, 1857
<i>Manuel de Physique</i>	J. Laanglebert, Jules Delain et Fils, 13ª Ed., Paris, 1865
<i>Curso de Física Elementar</i>	Joaquim Rodrigues Guedes, Nacional, Lisboa, 1859
<i>Princípios de Física</i>	Adriano Augusto de Pina Vidal, Academia Real das Ciências, Lisboa, 1874
<i>Noções de Física Moderna</i>	Francisco da Fonseca Benevides, Tipografia Castro Irmão, 2ª Ed., Lisboa, 1874
<i>Tratado de Física Elementar</i>	Adriano Augusto de Pina Vidal, Tipografia da Academia Real das Ciências, Lisboa, 1882
<i>Tratado de Física Elementar</i>	Francisco Ribeiro Nobre, Tipografia de José da Silva Mendonça, Porto, 1895
<i>Traité de Physique</i>	E. Drincourt, Librairie Armand Colin, 4ª Ed., Paris, 1900
<i>Cours Élémentaire de Physique</i>	M. Chassigny, Librairie Hachette, 5ª Ed., Paris, 1907
<i>Elementos de Física Geral</i>	Álvaro R. Machado, Livraria Cruz, 4ª Ed., Braga, 1924
<i>Curso de Física Elementar</i>	António Pereira Forjaz, Livraria Sá da Costa, Lisboa, 1937
<i>Curso Elementar de Física</i>	F. Zamith, N. Prudente, Livraria Simões Lopes, Porto, 1937
<i>Compêndio de Física</i>	Álvaro R. Machado, Editora Educação Nacional, Porto, 1940
<i>Curso de Física</i>	José Augusto Teixeira, Porto Editora, Porto, 1960

Tabela I - Lista dos livros analisados.

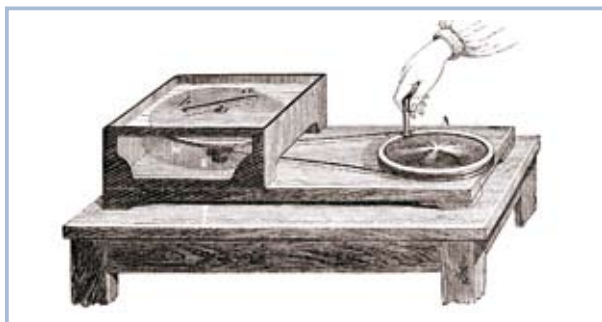


Fig. 1 - Experiência de Arago.

(1851), à experiência de Foucault sobre correntes induzidas (1855) e à auto-indução. Apresenta a explicação do modo como Faraday (1845) verificou a rotação do plano de polarização da luz quando sujeito a um campo magnético, bem como as investigações que levaram à descoberta das substâncias diamagnéticas (Fig. 2).

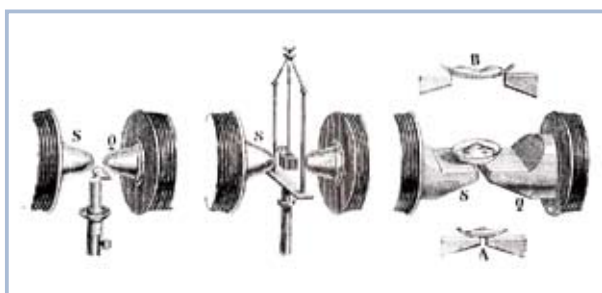


Fig. 2 - Experiências sobre diamagnetismo.

Indica praticamente todos os trabalhos importantes e actuais em relação à indução electromagnética, embora advirta que a explicação desta matéria era motivo de controvérsia. Inclui figuras de aparelhos utilizados para demonstrações.

No século XIX verifica-se uma grande uniformidade no estilo, marcado pelo livro de Ganot. Este livro foi adoptado no ensino secundário em França, Portugal, Espanha, Estados Unidos, Brasil e Itália e traduzido para espanhol, inglês, italiano e russo. A importância e influência desta obra são marcantes. Por exemplo, no livro *Noções de Física Moderna*, as figuras da experiência de Oersted, do electroímã, da bobina de Ruhmkorff (Fig. 3) e da máquina de Clarke são iguais às do Ganot. Nos *Princípios de Física*, a figura da bobina de Ruhmkorff e do tubo de Geissler também são iguais. O *Tratado de Física Elementar* (1895) apresenta as mesmas figuras do Ganot e os conteúdos seguem a mesma ordem, sendo alguns parágrafos uma mera tradução.

O *Manuel de Physique* explica a indução electromagnética, que não constava do programa, apresenta a bobina

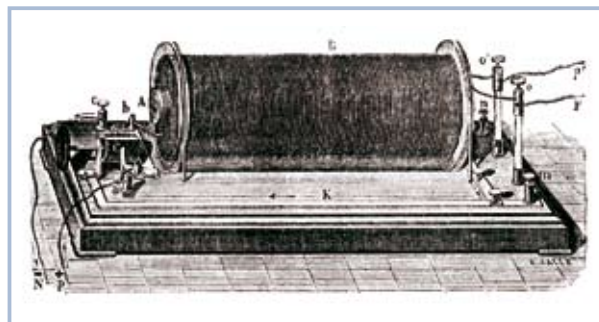


Fig. 3 - Bobina de Ruhmkorff.

de Ruhmkorff e as suas aplicações e discute as correntes de indução, usando dois modelos de máquinas eléctricas. Apresentam-se ainda aparelhos que serviam para demonstrações experimentais. O *Curso de Física Elementar* é uma tradução, com ligeiras adaptações, do *Manuel de Physique*.

O *Princípios de Física* explicava: como demonstrar a indução electromagnética pelas correntes e pelos ímãs; o princípio de funcionamento da bobina de Ruhmkorff; as experiências em tubos de vidro com gases rarefeitos; e uma máquina eléctrica em que “a indução é produzida pelos ímãs”. O *Tratado de Física Elementar* (1882) abordava o telefone e o microfone, temas então recentes. No ano da edição deste manual foi inaugurada a primeira rede telefónica em Portugal (Lisboa) com 22 assinantes.

Só no programa de 1880 aparece o tópico “Bobina de Ruhmkorff; experiências mais notáveis e principais aplicações d’este aparelho”, embora todos os manuais o apresentassem e referissem as suas aplicações em pormenor. Certos autores dedicavam um espaço maior à bobina de Ruhmkorff do que aos restantes temas de indução. Das quatro páginas sobre indução electromagnética no *Manuel de Physique* duas são para a bobina de Ruhmkorff e suas aplicações. O *Princípios de Física* dedica três páginas à indução electromagnética, das quais duas para a bobina de Ruhmkorff e a sua aplicação aos tubos de descarga. Com o tempo, o destaque dado à referida bobina foi diminuindo, mas as suas aplicações não deixaram de ser referidas, por exemplo no trabalho de Hertz, no desenvolvimento da telegrafia sem fios (TSF), no estudo dos raios catódicos e na descoberta dos raios X.

O livro *Noções de Física Moderna* explica a indução electromagnética por acção de “correntes voltaicas” e “por meio de magnetes e da terra”, apresenta a auto-indução, descreve a constituição e funcionamento da bobina de Ruhmkorff e a sua aplicação aos tubos de descarga. Trata a máquina de Clarke, aborda a máquina de Negretti e Zambra, usada em medicina para provocar choques eléctricos, e refere as máquinas de Gramme e de Siemens e Halske.

No século XIX era frequente os manuais referirem descobertas e aplicações recentes. A descarga em tubos (Fig. 4), contendo gases rarefeitos, é uma das aplicações referidas em quase todos os manuais, sem que o fenómeno seja justificado. Era apresentado como um efeito espectacular e lúdico. Ganot escreve: “*On voit une belle traînée lumineuse*” ou “*La figure représente une déviation remarquable que subit la lumière électrique quand on approche la main de l’oeuf*”; e “*La théorie des phénomènes de la stratification de la lumière électrique dans les vapeurs et de la coloration, n’est pas connue*”. O *Manuel de Physique* refere o fenómeno como um “*spectacle magique*”. Nos *Princípios de Física* o fenómeno que “*ainda não recebeu explicação*” é designado por “*estratificação da luz electrica*” com o qual se fazem “*lindas experiencias*”. No *Tratado de Física Elementar* lê-se: “*certos tubos de Geissler são formados de partes diversas que permitem obter efeitos luminosos de grande belleza*”.



Fig. 4 - Tubos de descarga.

Manuais do século XX

O *Traité de Physique* inclui conteúdos bastante actuais, que não constavam do programa em vigor, como os raios catódicos, os raios X e a TSF. Apresenta uma figura de um tubo de Crookes usado para produzir raios X e uma radiografia de uma mão e indica algumas propriedades destes raios (Fig. 5). Os raios X (Wilhelm Roentgen, 1895) apareceram no programa em 1905. Na parte final do livro, em suplemento, aborda-se a TSF, um tema recente, e que aparece pela primeira vez num manual do ensino liceal. O tópico TSF só aparece no programa em 1905. Descreve-se o funcionamento do detector de Branly (1890) e explica-se o modo como Marconi, usando esse detector, fez as experiências de emissão e detecção de ondas electromagnéticas que deram início à TSF. Com a introdução da

TSF deixa de ser dado tanto destaque ao telégrafo eléctrico. O trabalho de Hertz, que demonstrou experimentalmente a existência de ondas electromagnéticas, previstas por Maxwell, apareceu pela primeira vez no *Traité de Physique*, não associado à teoria de Maxwell, mas ao desenvolvimento da TSF. Este manual é o primeiro a incluir expressões matemáticas, por exemplo da lei de Laplace e da força electromotriz induzida. Surge neste manual a primeira referência aos raios catódicos que só fizeram parte do programa em 1905.

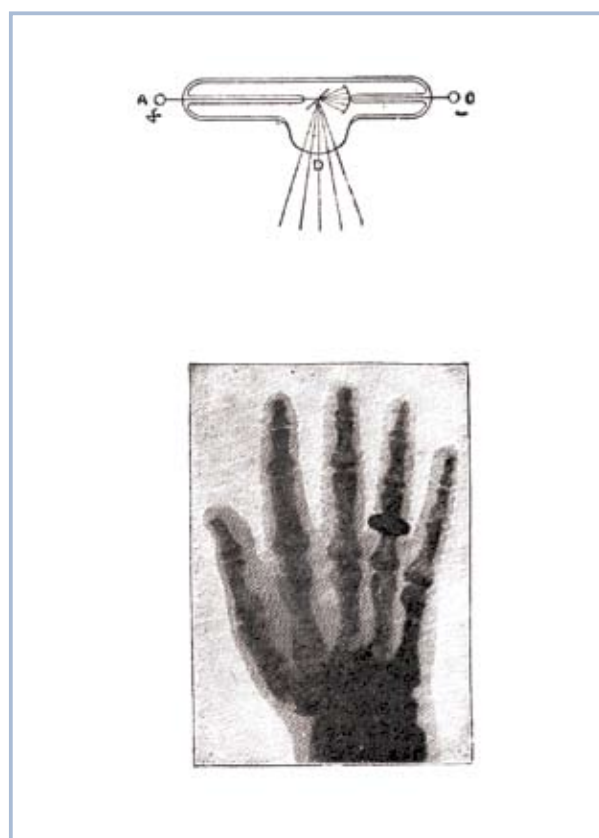


Fig. 5 - Tubo de Crookes e raios X.

No *Cours Élémentaire de Physique* é referida a experiência de Perrin, que demonstrou o desvio destes raios por acção de campos eléctricos e magnéticos, concluindo que os raios catódicos eram partículas com carga negativa. Os fenómenos da indução electromagnética são explicados com base na variação de fluxo. Abordam-se assuntos que não constavam do programa, como a histerese magnética, a corrente alternada, as correntes trifásicas e a radioactividade. É o primeiro livro a fazer uma abordagem, muito simples ao trabalho de Maxwell, como pode ler-se: “*La découverte de Hertz a apporté à la théorie de Maxwell une vérification expérimentale depuis longtemps attendue. On a pu constater, en effect, dans les ondes électriques, la plupart des propriétés des ondes lumineuses: réflexion sur des surfaces*

métalliques, réfraction à travers des prismes ou des lentilles (...) e “les ondes électriques se propagent avec la même vitesse que les ondes lumineuses : les unes et les autres se transmettent dans le même milieu, l'éther, et elles ne diffèrent que par la période de leurs vibrations respectives.”

O detector de Branly foi apresentado nos manuais como uma aplicação prática na área da TSF.

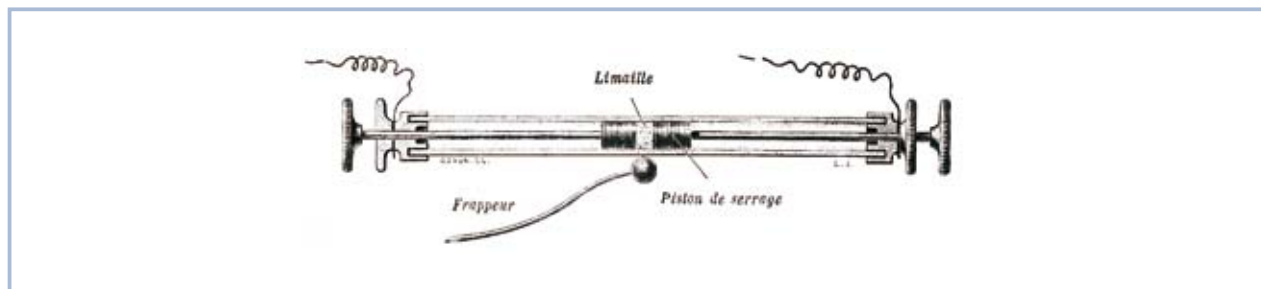


Fig. 6 - Detector de Branly.

A constituição e princípio de funcionamento dos galvanómetros são abordados em praticamente todos os manuais. No entanto, durante o século XIX, este instrumento é tratado de um modo muito simples, referindo-se sempre os galvanómetros como aparelhos usados para detectar a passagem da corrente eléctrica. O *Traité de Physique* e o *Cours Elémentaire de Physique* apresentam a ponte de Wheatstone, usada para medir a resistência eléctrica e explicam o modo de medir a força electromotriz de uma pilha.

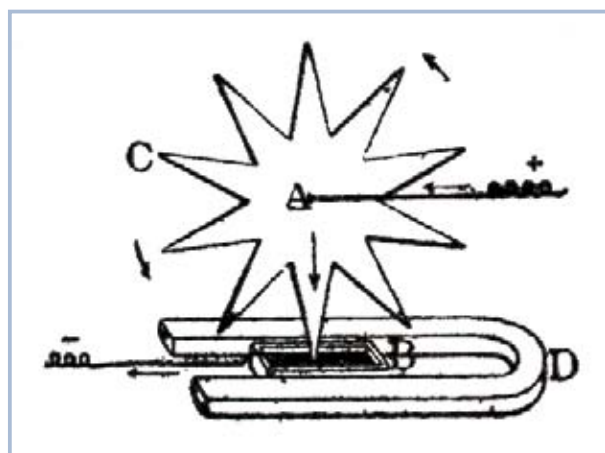


Fig. 7 - Roda de Barlow.

A tendência dos manuais apresentarem os fenómenos de forma descritiva é visível na abordagem das interacções magnéticas. Dedicar-se normalmente um espaço considerável a este fenómeno, subdividido em várias categorias. Era frequente haver referência às interacções: entre correntes

paralelas, entre correntes angulares, entre solenóides, entre ímanes e solenóides, entre correntes e ímanes, entre correntes e solenóides, entre a Terra e as correntes eléctricas, e entre a Terra e os solenóides, sendo indicado equipamento necessário para as visualizar. No quadro da interacção de uma corrente eléctrica com um íman, aparece nos manuais franceses do século XX e nos livros de A. R. Machado, o dispositivo vulgarmente conhecido

por roda de Barlow (Fig. 7). Nos manuais posteriores já não aparece este dispositivo. Os manuais apresentam as interacções, mas não as relacionam com as características vectoriais da força magnética exercida sobre uma corrente por um campo magnético. Esta situação verifica-se ainda nos manuais *Elementos de Física Geral* e *Compêndio de Física*.

O primeiro livro português a apresentar fórmulas matemáticas é o *Elementos de Física Geral*. As imagens deste livro tinham pouca qualidade e os conteúdos não sofreram alterações significativas nas reedições. Na edição de 1924 o autor refere que os raios X “*não se difractam*” e que “*não está bem averiguada ainda a natureza destas radiações*”. Na verdade, em 1912, Max von Laue obteve a difracção dos raios X, permitindo o modelo de Bohr (1913) explicar a produção e natureza destes raios. Nos *Elementos de Física Geral* não é feita qualquer referência à relação carga/massa do feixe de raios catódicos (J. J. Thomson, 1897). Diz apenas “*Modernamente supõe-se que os raios catódicos são constituídos por partículas tenuíssimas, resultantes da desagregação dos átomos no momento da descarga e que transportam cargas eléctricas negativas*” e também que “*os corpúsculos que parecem assim constituir a matéria da electricidade chamam-se electrões*”. A primeira designação para electrões no ensino secundário português apareceu com o nome de “*electron-tes*” nos livros de Álvaro Machado. Os manuais, quando apresentam figuras do desvio dos raios catódicos não o relacionam com as características vectoriais da força de Lorentz e não há qualquer justificação em relação ao sentido e direcção do desvio observado, o que indica pouca conceptualização na abordagem deste tema. A natureza dos raios catódicos e o conceito de carga eléctrica apareceram relativamente tarde nos manuais escolares.

Note-se a evolução das ilustrações. Inicialmente, como nos *Princípios Elementares de Física e Química* e no *Curso de Física Elementar*, as ilustrações surgem no final do livro. Este procedimento estava relacionado com a dificuldade em inserir texto e imagem na mesma folha. O avanço da técnica, particularmente da litografia, veio permitir reproduzir as imagens com maior facilidade. Daí que se utilizassem, em muitos manuais, as mesmas imagens do *Traité Élémentaire de Physique*. Este procedimento foi muito comum no século XIX, tendo sido usado não só nos manuais, mas também nos catálogos de instrumentos que circulavam pela Europa e América.

Nos manuais mais recentes, apresenta-se o fenómeno da descarga em tubos com gases rarefeitos, o que se compreende, já que está ligado às descobertas dos raios X, dos raios catódicos e da espectroscopia. A emissão da luz neles observada serve para analisar os espectros de gases. A descarga em gases rarefeitos era apresentada sem explicação (razão da observação de diferentes cores, modo como eram produzidos, natureza dos raios catódicos e dos raios X), destinando-se apenas a mostrar aplicações práticas das bobinas de indução.

Com a reforma de 1936, apareceram dois livros que tiveram ampla utilização: o *Curso Elementar de Física* e o *Curso de Física Elementar*. São muito semelhantes no tratamento que propõem do electromagnetismo e os seus conteúdos igualam os do programa. Contrariamente ao que já era habitual noutros manuais, não recorrem a qualquer formalismo matemático, sendo a apresentação das matérias feita de modo elementar e descritivo. Não apresentam assuntos com actualidade científica, verificando-se que há assuntos tratados em manuais anteriores, como por exemplo a corrente alternada, que não o são nestes manuais. O manual de A.P. Forjaz refere que “o feixe catódico é desviado por um íman. Transporta electricidade negativa (como o demonstrou Perrin)” e, ao apresentar a descarga eléctrica em tubos com gases rarefeitos, usa a palavra electrão. O *Curso Elementar de Física* refere apenas que os raios catódicos se propagam rectilinearmente.

Entre 1900 e 1918 os manuais apresentam fórmulas matemáticas, as ilustrações deixam de ser figuras de objectos e começam a aparecer também esquemas, mas a descrição dos equipamentos ainda é privilegiada. De 1919 a 1953, os livros de Álvaro Machado são muito utilizados no ensino secundário. Durante este período a quantificação é menos evidente, as ilustrações dos manuais são praticamente reduzidas a esquemas (Fig. 8), dominando a descrição.

Entre 1937 e 1940, utilizaram-se manuais em que a apresentação do electromagnetismo era feita de modo muito elementar e sem qualquer formalismo matemático.

No período 1954-1974, as várias edições do livro único *Curso de Física* são praticamente iguais. O programa mantém-se também praticamente inalterado neste período. O livro segue o programa, não apresenta quaisquer assuntos novos e os conteúdos voltam a ser apresentados com formalismo matemático. Estes manuais não apresentam assuntos com actualidade científica, pois, durante duas décadas, foram usados sem qualquer alteração significativa. O *Curso de Física* apresenta experiências em que se ilustra o desvio dos raios catódicos por acção dos campos eléctrico e magnético. Para este autor, o “sentido do desvio leva à conclusão de que esta electricidade é negativa. Esta conclusão ficou estabelecida em 1895 com a experiência do fisico Jean Perrin”. Ao explicar a natureza dos raios catódicos diz que “os raios catódicos são correntes de electrões”.

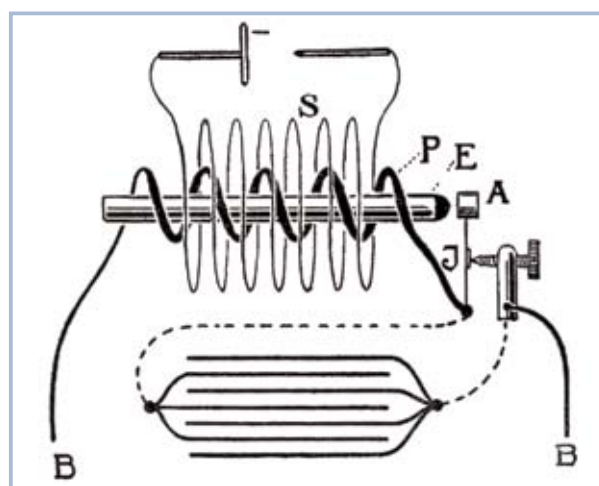


Fig. 8 - Esquema da bobina de Ruhmkorff.

Embora o trabalho de Thomson tenha sido realizado dois anos depois do trabalho de Perrin, os manuais não fazem qualquer referência à relação carga/massa do electrão, apresentando porém o trabalho de Perrin com algum destaque. Também não é feita qualquer referência ao valor da carga do electrão (Robert Millikan, 1909).

Conclusões

O electromagnetismo aparece no primeiro programa oficial em 1856 e a indução electromagnética em 1880. Tradicionalmente o electromagnetismo e a indução electromagnética são aprofundados no último ano do ensino liceal. Entre 1855 e 1918 adoptaram-se manuais de autores franceses. Estes abordavam assuntos actuais e incluíam conteúdos que não constavam dos programas e que, só décadas depois, fizeram parte dos manuais elaborados por autores nacionais.

Durante o século XIX e princípios do século XX, existiu uma grande proximidade entre a descoberta/aplicação prática dos conceitos físicos e a sua inserção nos manuais, sobretudo nos de origem francesa. O *Traité Élémentaire de Physique* apresenta a bobina de Ruhmkorff (1851) e as correntes de Foucault (1855). O *Traité de Physique* introduz a TSF (1897), o detector de Branly (1890) e os raios X (1895). O *Cours Élémentaire de Physique* apresenta o trabalho de Perrin (1895) que provava que os raios catódicos eram partículas carregadas negativamente. A TSF era já abordada mesmo antes de fazer parte do programa (1905). Os raios X apareceram no programa em 1905, embora os manuais usados abordassem já este tema.

A primeira referência ao trabalho de Maxwell surge relativamente tarde, já depois do trabalho de Hertz. O *Cours Élémentaire de Physique* é o primeiro a fazê-lo, dando mais destaque a Hertz do que a Maxwell, o que significa que estava mais direccionado para as aplicações práticas.

Desde a adopção do *Traité Élémentaire de Physique* até aos livros de José Teixeira, a bobina de Ruhmkorff aparece com algum relevo nos manuais escolares como gerador de alta tensão para provocar descargas eléctricas em tubos de vidro.

Até 1900, os manuais descreviam os fenómenos sem qualquer formalismo matemático, que apareceu, nos livros franceses adoptados em Portugal, no início do século XX. A abordagem do electromagnetismo caracterizou-se pela pouca utilização de grandezas vectoriais.

Entre 1855 e 1954 não são propostas quaisquer actividades (leitura, exercícios, problemas, etc.). Apenas o *Curso de Física* (1954-1974) apresenta alguns exercícios e leituras suplementares, verificando-se ainda, neste livro, uma diminuição da descrição em favor dos conceitos e respectiva quantificação.

O equipamento laboratorial serviu sempre para ilustrar a teoria. Frequentemente, os autores apresentavam a teoria e depois indicavam o aparelho/equipamento necessário para a demonstração.

Destaca-se, no campo da imagem/ilustração, a evolução no que respeita ao desenho do equipamento. Durante o século XIX eram frequentes figuras de objectos reais. A partir de 1900 começam a aparecer gráficos e esquemas, tendência que vai aumentar nos anos seguintes. A utilização da imagem/ilustração a preto e branco é uma constante, com excepção do *Curso de Física* que apresenta uma folha a cores com espectros.

Podemos afirmar que os manuais contribuíram para a divulgação e aprendizagem da indução electromagnética uma vez que este tema apareceu em manuais, sobretudo franceses, muitas décadas antes de fazer parte do programa.

Embora a investigação realizada não tenha permitido tirar conclusões sobre o impacto dos manuais na aprendizagem, salienta-se a diferença em termos de perspetivação da Física e das suas aplicações quotidianas, que se encontra em manuais mais antigos relativamente aos mais recentes.

REFERÊNCIAS

- [1] Yore, L., "Secondary Science Teachers' Attitudes Towards and Beliefs About Science Reading and Science Textbooks", *Journal of Research in Science Teaching*, **28**, nº 1, (1991), 55-72.
- [2] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, M. e Vasconcelos, N., *O Ensino Aprendizagem da Física e Química: Resultados Globais de um Questionário a Professores*, Universidade de Aveiro (1989).
- [3] Saraiva, C., *Evolução histórica da abordagem do electromagnetismo e indução electromagnética nos livros de texto para o ensino secundário*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2003.
- [4] Stocklmayer, S., and Treagust, D., "A Historical Analysis of Electric Currents in Textbooks: A Century of Influence on Physics Education", *Science & Education*, **3**, (1994), 131-154.