

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Departamento de Física

*Ensino da Electricidade no 9º Ano de
Escolaridade: Um Kit de Baixo Custo Para
o Ensino Experimental.*

João Manuel Guedes Cordeiro Costa

*Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade
de Coimbra para obtenção do grau de Mestre em Ensino da Física e da Química*

Tese orientada pelo Professor Doutor José António Carvalho Paixão

Coimbra
2007

Agradecimentos:

Gostaria de manifestar o meu reconhecimento a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta Tese de Mestrado e que estão ligadas ao meu percurso pessoal, académico e profissional.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador Professor Doutor José António Carvalho Paixão por todo o apoio dado e a forma como orientou o meu trabalho. As suas recomendações, a paciência, confiança, liberdade de acção e disponibilidade constantes, foram fundamentais para a concretização desta tarefa.

Agradeço à minha família, a paciência, o incentivo e o apoio constantemente dados.

Aos meus alunos pela crítica e empenho na realização das actividades experimentais.

*Esta dissertação é dedicada ao
Tiago por todo o “colito” que
não lhe foi dado.*

Índice

I - Introdução e objectivos do trabalho	5
I.1 – Introdução.....	5
I.2 – Objectivos	9
II - A evolução do ensino experimental de Física em Portugal.....	11
III – Uma perspectiva moderna do ensino experimental.....	28
IV - O <i>kit</i> de baixo custo para o ensino da electricidade no ensino básico	32
IV. 1- Selecção de actividades e materiais	35
IV. 2 – Os Materiais	36
IV. 3 – Actividades experimentais	38
V – Validação do <i>kit</i> em sala de aula	54
VI - Conclusões	64
VII – Anexos.....	67
Anexo I- Planificação 7º ano	67
Anexo II - Planificação 8º ano	70
Anexo III - Planificação 9º ano.....	83
Anexo IV Material didáctico escolar	88
Anexo V – Actividades Experimentais	105
Anexo VI – Teste de Diagnóstico	117
Anexo VII – Parte I Teste Electricidade.....	118
Anexo VIII – Teste Final de Electricidade	120
Anexo IX – Resultados do “Teste Final de Electricidade”	124
Anexo X - Resultados da Parte I do Teste de Electricidade	125
Anexo XI – Les 10 Principes “La Main à la Pâte”	126
Bibliografia	127

I - Introdução e objectivos do trabalho

I.1 – Introdução

Num período conturbado de insatisfação social e profissional, resultante de um manifesto afastamento sócio-económico da população portuguesa em relação às congéneres europeias, os políticos publicitam intenções de operar reformas profundas no ensino e na formação profissional de jovens e adultos. Medidas destinadas a potenciar as competências nas novas tecnologias da informação e a reduzir o analfabetismo científico que prolifera na esmagadora maioria dos recursos humanos nacionais, intentando, deste modo, contra a deslocalização das indústrias para países com capital humano cientificamente mais capaz. Somos tentados a comparar o Portugal de hoje, em termos de literacia científica, com o Portugal renascentista descrito por Garcia de Resende: “*comparando o nosso nível cultural com os da Itália, da França, da Inglaterra, da Alemanha, até da Espanha e, por último, da Samárchia¹, «outrora a mais bárbara das terras»*”, “*estas nações vencem-nos, não pelo engenho, não pela felicidade de um clima mais favorável, mas somente, e com vantagem, pelo cuidado e paciência dos estudos*”. “*Quando lê-mos os seus escritos, em boa verdade devíamos envergonhar-nos da nossa barbárie e do nosso desleixo*” (Resende, 1534). Mas, no que respeita aos jovens, a nossa sociedade tem registado, principalmente nos últimos anos, profundas alterações que primam por uma subversão dos valores de outrora. Muitos dos problemas que afectavam a sociedade e a família, tais como a marginalidade, a violência, o abandono social, que se mantinham arredados das escolas, fazem agora parte do seu quotidiano. Para um elevado número de alunos, assistir às aulas é uma tarefa árdua e só o fazem porque são obrigados quer pela família quer pela sociedade, dado que ao frequentarem os estabelecimentos de ensino usufruem de um conjunto de apoios sociais (assistência médica, abono de família, etc.). São frequentemente observados na sala de aula comportamentos de rejeição, apatia, alienação e até mesmo de desprezo pelas actividades e aprendizagens. E também são frequentes os episódios de indisciplina, resultantes do desrespeito da ordem vigente, visto que uma aula normal nada diz a estes alunos.

¹ Polónia e Rússia meridional.

Face ao abandono generalizado da aprendizagem das Ciências e da Física, em particular, os decisores políticos apregoam medidas de fundo visando colmatar tal situação, as quais se traduzem na reforma do sistema de ensino actualmente em implementação.

O ensino em Portugal desde a sua criação, regista um périplo de reformas, estando em todas elas patente fomentar o desenvolvimento da literacia científica e tecnológica dos alunos e da sociedade em geral. Porém, esta última reforma do Ensino Secundário tem deixado bastante apreensivos os responsáveis da sociedade tecnológica e industrial portuguesa, face ao reduzido número de alunos que frequenta a disciplina de Física nas escolas secundárias, registando-se mesmo em algumas escolas, e pela primeira vez, a não existência de qualquer turma desta disciplina no 12º ano. Perante tal situação, podemos e devemos questionar os motivos que levam os estudantes portugueses a fugir de Física. Os alunos portugueses não são diferentes dos alunos de outros países, “*a Física é considerada matéria difícil (...) talvez seja ela a disciplina curricular que os alunos menos gostam de estudar*” (Rosa, 2004) e tal como afirma José Xavier, referindo-se a alunos no Brasil, “*os alunos chegam ao Ensino Médio com medo e muitas vezes traumatizados com o ensino da Física, tendo esta disciplina como algo impossível de se aprender e sem nenhuma noção de que a Física é uma ciência experimental e de grande aplicação no dia-a-dia*” (Xavier, 2003).

São muitos e variados os factores responsáveis pela aversão que, em geral, os alunos têm da aprendizagem da Física: o formalismo matemático associado, a linguagem específica subjacente (Leite & Almeida, 2001), a extensão dos programas curriculares, a deficiência ou mesmo inexistência de instalações laboratoriais e de equipamento, a má preparação dos professores (Leite & Esteves, 2005) (Badillo et al., 2006) e, principalmente, a falta de motivação que os alunos revelam. Acresce a estas razões, o facto de a sociedade, em geral, já ter expectativas baixas relativamente ao desempenho dos jovens à disciplina de Física, sendo, em geral, complacente com os maus resultados a esta disciplina.

Paradoxalmente, quando os estudantes são questionados sobre a Física, revelam, em geral, empatia e interesse pelas “*experiências*”.

As “*Experiências*” vulgarmente designadas por *trabalho experimental, prático* ou *laboratorial, actividades práticas, laboratoriais ou experimentais, hands-on* ou

actividades mão-na-massa, apesar da discordância manifestada por alguns autores quanto a estas designações em comum (Dourado, 2001), são, na realidade, o que amiudadamente fica registado na memória de longo prazo dos alunos, pelo que a exploração de tais actividades deveria ser primordial no ensino das ciências em geral e da Física, em particular. Não é de estranhar, portanto, que o trabalho experimental seja, “cada vez mais, um pólo de debate e de reflexão na educação em ciências, que faz emergir intervenções, por vezes divergentes, de todos os sectores da comunidade educativa”, (Martins e Veiga, 1999).

O trabalho experimental, quando utilizado como instrumento de ensino, apresenta um conjunto significativo de potencialidades, reiteradas por professores e investigadores e tem um papel estruturante nos programas de ciências de muitos países (Woolnough, 1991, Solomon, 1991).

Centrando-nos no aluno, são comumente enumeradas as virtuosidades das actividades experimentais no desenvolvimento de competências nos domínios do conhecimento, raciocínio, comunicação e das atitudes (Galvão et al., 2001). As competências a desenvolver contemplam a aquisição de conhecimento científico apropriado de modo a permitir a interpretação e compreensão de leis e modelos científicos, o reconhecimento das limitações da C&T na resolução de problemas pessoais, sociais e ambientais (conhecimento substantivo); a realização de pesquisas bibliográficas, observação e execução de actividades experimentais, avaliação dos resultados obtidos, a utilização e a representação gráfica de dados estatísticos e/ou matemáticos, quer individualmente, quer em trabalho de grupo (conhecimento processual); e o desenvolvimento das capacidades de análise e de debate de temas científicos, nomeadamente, os avanços e retrocessos da ciência, permitindo ao aluno confrontar as explicações científicas com as do senso comum, da arte e da religião (conhecimento epistemológico).

O trabalho experimental, proporcionando actividades centradas na resolução de problemas, interpretação de dados, formulação de problemas e de hipóteses, planeamento de investigações, previsão e avaliação de resultados, realização de inferências, de comparações, generalização e dedução, é propício ao desenvolvimento das capacidades ao nível do raciocínio e da comunicação.

A motivação advinda do trabalho experimental, individual ou em grupo, é um factor extremamente importante para o desenvolvimento, no aluno, de atitudes inerentes

ao trabalho científico, tais como, a curiosidade, perseverança, seriedade no trabalho, reflexão crítica e o cumprimento de regras sociais e dos espaços laboratoriais.

Os actuais governantes estão a implementar um conjunto de reformas na sociedade portuguesa, visando a transformação da actual “*sociedade info-excluída*”, para a trazer para a primeira linha do desenvolvimento tecnológico. Este conjunto de reformas abrange, também, o ensino que actualmente é ministrado nas escolas e tem implicações no ensino das ciências, de um modo em geral, e no ensino da Física em particular. As alterações implementadas através das “*Orientações Curriculares - 3º Ciclo de Ciências Físicas e Naturais*” (Ministério da Educação, 2001), no Ensino Básico e dos “*Princípios Orientadores da Organização e da Gestão do Currículo*”, para o Ensino Secundário (Ministério da Educação, 2004), os quais prevêm no seu artº 4º alínea g) o “*Favorecimento da integração das dimensões teórica e prática dos saberes, através da valorização das aprendizagens experimentais nas diferentes áreas e disciplinas e da criação de espaços curriculares de confluência e integração de saberes e competências adquiridos ao longo de cada curso*”. Na prática e até ao momento, esta reorganização do ensino secundário, e no respeitante ao ensino experimental, traduziu-se pela extinção das disciplinas de índole verdadeiramente experimental: Técnicas Laboratoriais (TL) de Física, TL de Química e TL de Biologia, pela introdução de “*actividades práticas de sala de aula*” de cariz obrigatório nas disciplinas de Física e Química do 10º e 11º anos de escolaridade e na não obrigatoriedade da frequência das disciplinas de Física ou Química do 12º ano nos cursos Científico-Humanísticos. Quanto às alterações operadas no Ensino Básico (EB), o ensino das Ciências continua a ser ministrado através das disciplinas de Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas, as quais apresentam os seus programas organizados paralelamente em quatro sub-temas relacionados com a Terra:

- Terra no espaço
- Terra em transformação
- Sustentabilidade na Terra
- Viver melhor na Terra

Embora as disciplinas sejam agora leccionadas nos três anos do 3º ciclo, registam uma carga horária semanal inferior à contemplada no anterior sistema de ensino. Uma planificação sumária a longo prazo, da disciplina de Ciências Físico-Químicas e relativa aos três anos do 3º ciclo do EB, é apresentada em anexo (Anexo I).

Muitos alunos não prosseguem os seus estudos numa área tecnológica ou científica por terem muita dificuldade na aprendizagem das Ciências, em geral, e da Física em particular. Os problemas na aprendizagem da Física surgem logo nos primeiros anos de leccionação da disciplina, no 3º Ciclo do ensino Básico. O reduzido ensino experimental, que é regra nas nossas escolas, não proporciona uma aprendizagem satisfatória das matérias. Algumas unidades temáticas contemplam a realização e exploração de um conjunto de actividades experimentais essenciais para uma boa aprendizagem das matérias. A unidade temática “Circuitos Eléctricos e Electrónicos”, respeitante à componente de Física do 9º ano de escolaridade, é disso um bom exemplo. Apesar de a produção e gestão racional das energias, principalmente a eléctrica, ser tema de debate político, económico e social, e da utilização diária de equipamentos eléctricos e electrónicos, os alunos registam, em geral, uma grande quantidade de concepções erradas e fracos resultados na aprendizagem destas matérias.

Tendo-me sido proposto desenvolver, no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino da Física e da Química, um trabalho relacionado com o ensino experimental da Física e estando eu a leccionar turmas maioritariamente do 9º ano de escolaridade, foi seleccionada a unidade temática “Circuitos Eléctricos e Electrónicos” para tema globalizante da componente experimental do referido trabalho.

I.2 – Objectivos

De um modo geral, as reformas educativas não são acompanhadas dos meios necessários (financeiros, equipamentos ou espaços adequados e recursos humanos). Os recursos financeiros para a aquisição e manutenção do material necessário à realização, por todos os alunos, de actividades experimentais são, em geral, escassos e limitativos do trabalho desenvolvido. A falta de instrumentos e materiais laboratoriais diversos, a inexistência de Técnicos de Laboratório que auxiliem os professores nas actividades e até mesmo de funcionários que limpem e arrumem o material utilizado, condicionam bastante a realização de actividades experimentais. Por vezes, não existe sequer um laboratório ou, quando existe, está sobrelotado em termos de ocupação e as lições de Física têm de ser dadas numa vulgar sala-de-aula dispondo de quadro e giz.

Muitas das Escolas Básicas com 3º Ciclo do EB não foram construídas para

leccionar este ciclo de ensino e não dispõem de um Laboratório, têm geralmente uma “Sala de Ciências” que se destaca das restantes por ter bancadas com torneira de água. A ocupação da sala é geralmente partilhada pelas turmas de Ciências da Natureza do 2º Ciclo, e pelas turmas de Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas do 3º Ciclo do EB.

No âmbito desta dissertação de Mestrado em Ensino da Física e da Química, propomos a construção de um *kit* para o ensino experimental da electricidade no 9º ano de escolaridade, cuja utilização permite minimizar alguns dos problemas anteriormente referidos, nomeadamente em escolas de poucos recursos.

O *kit* deverá:

- ***Ter peso e tamanho reduzidos***, para que seja facilmente transportado;
- ***Ser constituído por materiais de custo reduzido, de fácil aquisição e disponibilidade***, de modo a ser n-reprodutível para permitir que todos os alunos realizem as actividades experimentais;
- ***Conter materiais de exploração adequados*** às actividades experimentais com enquadramento no programa disciplinar.

Para além da definição e construção do kit experimental, procurou-se também testá-lo em sala de aula, a fim de avaliar a sua viabilidade didáctica e adequação aos fins em vista.

II - A evolução do ensino experimental de Física em Portugal.

O ensino experimental é uma parte integrante e indissociável do “Ensino” ministrado nas escolas portuguesas, o qual registou um périplo de avanços e retrocessos face ao elevado número de reformas educativas, consonantes, por um lado, com a evolução política e, por outro, com a evolução da ciência.

Citando a obra de Rómulo de Carvalho “História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal” (Carvalho, 1986), já no início da nacionalidade “*se exercia certa actividade pedagógica, que se manteve e se continuou*” a desenvolver, exclusivamente, nos mosteiros e seminários². As ordens religiosas ministravam um ensino, supostamente “*análogo ao ensino processado nas escolas estrangeiras do mesmo tipo*”, que se iniciava “*pelo aprendizado da leitura e da escrita (...) A esse primeiro passo se seguiriam o estudo da Gramática e de alguns rudimentos de Lógica, de Retórica, de Música, e de Aritmética*”. Embora a esmagadora maioria dos alunos destas escolas se destinasse à vida eclesiástica, “*já no decurso do séc. XII as escolas episcopais ministravam o ensino a estudantes que não pretendiam seguir a vida sacerdotal*”.

D. Dinis acedeu aos pedidos que lhe foram formulados para a criação de uma Universidade, já que estas floresciam por toda a Europa (a primeira foi criada no final do séc. XII, em Bolonha) e desempenhavam um importante papel nas respectivas sociedades, tendo ordenado a criação “*de um Estudo Geral, de nível universitário*”, em Lisboa, em finais do sé. XIII. A Universidade contemplava três faculdades: das Artes, de Direito e de Medicina. Em 1308 a Universidade foi transferida para Coimbra e em 1377 retornou novamente a Lisboa. Estas mudanças foram justificadas devido aos problemas de inserção da comunidade estudantil com a comunidade local e à necessidade de promover o progresso do ensino.

No reinado de D. Manuel I foi criada uma cadeira de Astronomia no Estudo Geral, com uma lição por semana, e cuja matéria “*continuava a ser, naturalmente, o conhecimento da influência dos astros nos sucessos humanos*”.

Apesar da existência do Estudo Geral em Lisboa, muitos estudantes procuravam as universidades europeias mais prestigiadas, alguns com o aval do rei que lhes concedia bolsas de estudo. Um desses bolseiros foi Brás de Barros, que ao retornar a Portugal, influenciou D. João III, no sentido de efectuar uma reforma no ensino

² As frases em itálico apresentadas neste Capítulo, excepto nos casos assinalados, foram retidas da obra de Rómulo de Carvalho *História do Ensino em Portugal - desde a fundação da nacionalidade até ao fim do regime de Salazar-Caetano*. Fundação Calouste Gulbenkian. 3ª Edição. Lisboa, 2001.

universitário e de transferir novamente a universidade para Coimbra em 1537. Foi também D. João III que instituiu a separação entre o “*ensino de base, preparatório, e o ensino superior*”, ao contrário do que acontecia nas escolas medievais de Estudo Geral, nas quais embora houvesse sequência dos estudos não havia separação dos graus de ensino. Com o retorno da Universidade e a separação dos estudos, proliferaram os colégios, na sua maioria em Coimbra. Contudo, o ensino da Física continuava ser ministrado apenas no ensino superior, sendo um capítulo do estudo da cadeira de Filosofia.

A Inquisição e as ordens eclesiásticas, oratorianos e, principalmente, jesuítas, detentoras das instituições de ensino, mantiveram as matérias de ensino praticamente inalteradas até à segunda metade do séc. XVIII.

Em 3 de Agosto de 1750, D. Sebastião José de Carvalho e Melo, mais conhecido por Marquês de Pombal subiu ao poder e deparou-se com uma conturbada disputa pedagógica. “*A fronteira entre as duas forças estava bem definida e já os adversários se defrontavam com impaciência. De um lado a Companhia de Jesus, com implantação predominante das escolas de todo o país, lutando pela conservação do estatuto aristotélico e obstruindo a passagem a todo o progresso científico e a tudo quanto ele arrastaria consigo; por outro lado, os defensores da Filosofia Moderna, da nova Física, da nova Astronomia, da nova Medicina, conforme se praticava em França, na Inglaterra, na Alemanha, na Itália. (...) os oratorianos e algumas personalidades de relevo, independentes de qualquer Ordem religiosa*”³. Tratando-se de um governante reformista e revelando manifesto ódio pelos jesuítas, em meia dúzia de anos expulsou-os de Portugal. As estruturas de ensino, na sua maioria pertencentes à Companhia de Jesus, foram abaladas.

Porém, a Física foi leccionada “*finalmente, como disciplina autónoma e não como capítulo do estudo da Filosofia. Além disso, vemo-la contemplada nos seus aspectos teórico e prático: neste, com a designação de Física Experimental; naquele, separada em Mecânica, Estática, Hidrostática, Hidráulica e Óptica*”, no Colégio dos Nobres, em Coimbra no ano lectivo de 1768/69 pelo professor Giovanni Antonio dalla Bella. Foi escolhido para a disciplina o manual “*Elementa Physicae, (...) num total de 804 páginas, em latim para crianças*” da autoria de Musschenbroek. Contudo, “*A Física leccionou-se apenas durante dois anos incompletos, e nunca mais voltou a ser ensinada*

³ Carvalho, Rómulo. *História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal*. I Volume – separata. *A Física na Reforma Pombalina*. Publicações da Academia das Ciências de Lisboa. Lisboa.1986. p. 153. BG-6-42-28-259.

(...) porque, demonstrada nele a ineficácia do ensino científico, resolveu Pombal (...) se passasse a leccionar apenas as disciplinas literárias”.

O ensino liceal, propriamente dito, foi criado por Passos Manuel (Manuel da Silva Passos) em 1836, sob o reinado de D. Maria II, prevendo a criação de um liceu nacional em cada capital de distrito. *“Atendendo a que a instrução secundária é de todas as partes da instrução pública aquela que mais carece de reforma, porquanto o sistema actual consta na maior parte dalguns ramos de erudição estéril, quasi inútil para a cultura das sciências, e sem nenhum elemento que possa produzir o aperfeiçoamento das artes e os progressos da civilização material do País; Atendendo outrossim a que não pode haver ilustração geral e proveitosa sem que as grandes massas de cidadãos, que não aspiram aos estudos superiores, possuam os elementos científicos e técnicos indispensáveis aos usos da vida no estado actual das sociedades: Hei por bem aprovar e decretar o plano dos liceus nacionais”*. No mesmo decreto é consagrado o ensino da física como *“Objecto do ensino secundário”*, e *“O curso dos liceus constará das disciplinas e das cadeiras seguintes: (...) Princípios de física, de química e de mecânica aplicada às artes e ofícios”*⁴.

Por dificuldades várias a aplicação deste decreto não foi imediata, uma Portaria do Ministério do Reino, de 17 de Setembro de 1839, recomendava ainda que fossem tomadas providências para a construção dos Liceus do Porto e Coimbra⁵.

A disciplina de *“principios de physica e chimica”* foi finalmente criada nos liceus de Lisboa, Porto e Coimbra em 1854:

*“Creadas pela carta de lei de 12 de agosto de 1854 a cadeira (...) de principios de physica e chimica e introdução á historia natural dos trez reinos, nos lyceus de Lisboa, Coimbra e Porto”. E para que esta permitisse aos “alunos tirar conhecimentos de utilidade práctica” foi elaborada uma “relação dos objectos e instrumentos, cuja prévia aquisição o conselho julgava necessaria” e que “foi remettida ao governo de S.M. para a dirigir ao nosso enviado em Paris, a quem o mesmo governo encarregou a compra dos mencionados objectos”*⁶.

Embora Passos Manuel tivesse afirmado que a educação na época era *“quasi inútil para a cultura das sciências”*, a verdade é que o ensino da Física ministrado em Portugal, quer nas matérias de ensino, quer nos materiais, não ficava aquém do

⁴ *Colecção de leis e outros documentos officiais publicados desde 10 de Setembro até 31 de Dezembro de 1836*. Sexta série, 2ª Edição. Imprensa Nacional. 1930. p.82.

⁵ Site da Escola Secundária Diogo de Gouveia, *Criação dos Liceus*. Consultado em http://www.terravista.pt/enseada/5147/c_liceus.html 31/05/2007

⁶ O Instituto, jornal científico e literário. Vol IV, nº 16. Imprensa Universidade. 1856. p. 183. Cota: BG-A-24-37.

ministrado na Europa desenvolvida. Já nos finais do séc. XVI “*na própria Companhia, vivia-se um surto de investigação nos diversos ramos do saber*”, dos quais nos dá conta Domingos Maurício ao afirmar que desde 28 de Novembro de 1610 “*passavam noites em claro a perscrutar os céus para observar os satélites de Júpiter e contraprovar as demais descobertas de Galileu, que saíram plenamente confirmadas*”, apesar de terem “*recebido da Santa Sé advertências particulares no sentido de haver contenção no surto inovador que por todo o lado se ia verificando*”⁷. Estas actividades são representativas do envolvimento dos jesuítas na emergência dos paradigmas científicos da época.

Foi atribuído a André de Avelar o pioneirismo na preocupação de utilização de uma metodologia didáctica que valorizasse o ensino prático. Apesar de alguns textos das lições dos professores do Colégio das Artes de Santo Antão “*deixassem transparecer que se ocupava muito tempo, por vezes inglório, a conceber-se e fazer construir instrumentos de utilidade polivalente*”, o primeiro exemplo, devidamente registado, de ensino baseado numa metodologia experimental, foi o do P^o. João König (ou dos Reis) a partir de 1681 (Martins, 2003).

D. André de Almeida, reitor da Universidade de 1638 a 1640, “*fizera construir um quadrante*” para repetir as observações de Tycho Brahe. E o telescópio de D. André de Almeida tornou-se um instrumento revolucionário ao permitir validar as descobertas de Galileu, que destruíam as hipóteses ptolemaicas. Também Henrique Buseu (ou Uwens), que ensinou na Aula de Esfera do Colégio de Santo Antão, entre 1642 e 1646, desenvolveu alguma actividade pedagógica no domínio do ensino da Física Experimental, patente numa postilha que contém a transcrição das suas lições, organizada “*em cinco partes: Centrobárica, Mecânica, Aerostática, Hidrostática e Pirostática, sendo cada capítulo bem ilustrado, tendo na totalidade cerca de 250 sugestivas figuras*”⁸.

Na Europa, o ensino das ciências de finais do séc. XVII registava as influências iluministas, nos trabalhos de Hidrostática e Pneumática realizados por Torricelli, Pascal, von Guerick, Boyle e Mariotte. Estes trabalhos metódicos e validados por uma sistematizada experimentação, tiveram uma enorme divulgação, conjuntamente com os trabalhos revolucionários de Newton, e marcaram o apogeu da revolução científica em curso.

⁷ Martins, D. R. *Sinopse da Ciência em Portugal*. Apontamentos da cadeira de História das Ideias do Mestrado em Ensino da Física e da Química. Departamento de Física da FCTUC. 2003.

⁸ GOMES, J. Pereira — *Perante novos sistemas e novas descobertas*. Brotéria. Vol. XXXVIII. 1944. p. 390-393. Biblioteca Nacional de Lisboa — F.G. 4333. In Martins, D. R. *Sinopse da Ciência em Portugal*. Apontamentos da cadeira de História das Ideias do Mestrado em Ensino da Física e da Química. Departamento de Física da FCTUC. 2003.

No princípio do séc. XVIII, as universidades inglesas iniciaram o ensino da Física Experimental, tendo sido o astrónomo escocês John Keill o primeiro a realizar experiências durante as suas lições. Ainda no início desse mesmo século, Hawksbee terá realizado em público algumas demonstrações de Electricidade, Hidrostática, e Pneumática. Nessa altura foram sistematicamente instalados Gabinetes de Física Experimental nas mais prestigiadas universidades europeias.

O desenvolvimento da Física Experimental esteve associado à produção de instrumentos didácticos e científicos, tendo surgido oficinas que os produziam e comercializavam. A família Musschenbroek, por exemplo, radicada na Holanda, teve uma grande projecção na comunidade científica devido à invenção e construção de variados modelos científicos. O equipamento científico e didáctico produzido, além de ser robusto, era ao mesmo tempo caracterizado por uma elevada harmonia das suas formas. A elegância dos materiais permitia prender a atenção de quem assistia às aulas de Física proporcionando-lhes um certo bem-estar. Alguns destes instrumentos, que podem ser admirados em museus (no Museu de Física da Universidade de Coimbra, por exemplo) revelam uma sofisticação de construção e um bom gosto artístico. No entanto esta preocupação estética, que reflectia a produção artesanal destes instrumentos, não lhes acrescentava nenhuma vantagem significativa do ponto de vista científico.

O aparecimento de grandes oficinas, com uma produção de instrumentos alargada a todos os domínios da aparelhagem científica, foi um dos aspectos mais importantes do desenvolvimento das ciências experimentais. Ficaram conhecidas algumas oficinas londrinas, que produziram e comercializaram equipamentos: as oficinas de Francis Watkins; George Adams; Edward Nairne; Edward Culpeper; John Dollond; James Champneys; Benjamin Martin; Pyefinch e de William e Samuel Jones. Nelas foram fabricados instrumentos de desenho, microscópios, octantes, telescópios de reflexão, telescópios equatoriais, círculos astronómicos, planetários (alguns com sistemas de movimento de relojoaria), objectivas acromáticas, teodolitos, bombas pneumáticas, sextantes, máquinas electrostáticas, e instrumentos de navegação. Algumas apresentavam “*uma gama completa de instrumentos de demonstração das leis da Física*”⁹, possivelmente os primeiros *kits* de Física propriamente ditos.

No nosso país também se produziam e comercializavam instrumentos científicos e didácticos. Um manifesto publicado em 1745 por Manuel Ângelo Vila publicitando

⁹ Oficina de George Adams. In Martins, D. R. *Sinopse da Ciência em Portugal*. Apontamentos da cadeira de História das Ideias do Mestrado em Ensino da Física e da Química. Departamento de Física da FCTUC. 2003.

uma “*Lista noticiosa dos instrumentos e artefactos que se fabricão e se vendem nesta Cidade de Lisboa*”¹⁰, confirma tal actividade.

Paralelamente ao desenvolvimento dos equipamentos, começaram também a surgir obras literárias que abordavam as matérias segundo uma perspectiva didáctica, baseada fundamentalmente na experimentação. A obra *Leçons de Physic Experimentale* de Nollet, da autoria de Nollet e Sigaud de La Fond, é um exemplo desta metodologia que proporcionava lições mais motivadoras.

Os padres jesuítas, que efectuavam muitas viagens e aprofundavam os seus estudos nas melhores universidades da época, despertaram no nosso país o interesse na Física Experimental. Este facto ficou registado numa notícia publicada em Lisboa no ano de 1725, na qual era feita alusão às vantagens na utilização de demonstrações e dos equipamentos. “*A Filosofia Experimental, ainda que moderna se tem avantajado às mais na particular estimação que della fazem as pessoas mais doutas da Europa, e especialmente as da Graã Bretanha, e com razão, por se acharem unidas no seu estudo a utilidade com o divertimento. As suas demonstrações facilitaõ mais a precepção do que os methodos mais especulativos. Aprende-se mais em huma só hora com a sua pratica, que em muytos mezes com a explicação dos melhores Theoricos. Os Filosofos antigos ensinavam aos seus discipulos com postillas tam vastas, que mais depressa se cançava o cerebro, do que a idéa comprehendia a liçam. Nem em todos ha a prespicacia precisa para penetrar as subtilzas filosoficas, e por esta falta lhe he mais custosa a muytos, e de mais trabalho para os Mestres a sua comprehensam. Naõ he assim a Filosofia Experimental; porque a vista he hum atalho por onde se caminha para o entendimento, sem o rodeyo da idéa. As demonstrações das experiencias modernas são huns brevissimos epitomes de grossos, e multiplicados volumes de materias vastas. Com ellas se evita a confusão que muytas vezes nasce das mesmas explicações. Com ellas se poupa muyto trabalho às memorias; porque sem as cançar com hum grande numero de palavras, e huma multidão de expressoes se introduzem no seu Arsenal pelas portas dos olhos, com as mais claras evidencias, as razoes causaes dos Phenomenes da natureza, o modo com que esta opera, e os effeitos que della resultam.*

Para esta demonstração tem inventado os Filosofos modernos muytos, e varios

¹⁰ GOMES, J. Pereira — *Brotéria*, Vol. 50. Janeiro de 1950. ANDRADE, A. Banha de — *Vernei e a cultura de seu tempo*. Coimbra. 1966. p.137. In Martins, D. R. *Sinopse da Ciência em Portugal*. Apontamentos da cadeira de História das Ideias do Mestrado em Ensino da Física e da Química. Departamento de Física da FCTUC. 2003.

*instromentos que foram totalmente ignorados do grande engenho dos antigos, e de todos se dá hum Cathalogo no fim desta Noticia.”*¹¹

E no *Cathalogo* constava a seguinte “*Lista de instromentos*:

- 1 - *Hum Telescopio, de 17. pés de cumprimento, para observar os movimentos dos Planetas, etc.*
- 2 - *Hum Mirro concavo, de 24. polegadas de diametro para ajuntar em hum so fogo os rayos do Sol.*
- 3 - *Dous Microscopios dobrados, dos mais curiosos para ver varias cousas da natureza, que pelo seu pequeno corpo não são preceptiveis à vista.*
- 4 - *Varios Prismos, para explicar o theorico da luz, e das cores.*
- 5 - *Hum Mirro-convexo.*
- 6 - *Hum Mirro concavo, cylindrical.*
- 7 - *Outro Mirro convexo, cylindrical.* } *Para demonstrar a natureza da vista.*
- 8 - *Duas Camaras Opticas, das mayores, para mostrar as perspectivas.*
- 9 - *Huma lanterna chamada Magica, com grande variedade de figuras.*
- 10 - *Varios Mirros, ou vidros que multiplicam os objectos.*
- 11 - *Hum par de globos, Celeste, e Terrestre.*
- 12 - *Huma espingarda, que se ataca com o vento, para mostrar a forsa do Ar reprimido.*
- 13 - *Hum Engenho, para mostrar os effeitos do ar grosso.*
- 14 - *Varios Barometros, Thermometros, e Hidrometros, para mostrar as qualidades do Ar, em quanto humido, seco, calido, frio, e mais temperamentos.*
- 15 - *Huma Balança Hydrostatica, para determinar o pezo de qualquer metal, ou outra cousa pela proporção da agoa, que he hum methodo muyto facil, e muyto certo para se saber o valor do ouro, ou qualquer outro metal.*
- 16 - *Hum par de chapas polidas, para mostrar a força do Ar em todas as direcções.*
- 17 - *Huns instromentos, para mostrar como hum homem se pode fortalecer de sorte que pòde levantar pezo prodigioso.*
- 18 - *Varios instromentos, para mostrar a ventajem das rodas grandes, ou pequenas nas carruajes, ou em qualquer outras maquinas.*
- 19 - *Huns instromentos, para explicar a Arte de Artelharia.*
- 20 - *Huma planta, para explicar a forma, e modo da Fortificação.*

¹¹ CARVALHO, J., João Locke. *Boletim da Biblioteca da Universidade de Coimbra*. Vol. XX. Coimbra. 1951. p. 172 - 179.

- 21 - *Tres pedras Bessoures de diferentes grandezas, para mostrar a natureza da atracção, e repugnancia, com varias experiencias curiosas, e uteis.*
- 22 - *Hum instrmento, para fazer vento vertical.*
- 23 - *Hum instrmento, para mostrar o movimento dos musculos do corpo.*
- 24 - *Varias ventosas, para fazer diferentes experiencias.*
- 25 - *Huma Bomba, para exhaurir o Ar, e fazer hum vacuo, com o qual se ham de fazer muytas, e diversas experiencias para provar o pezo, força, e laxidam do Ar, com todos os seus effeitos, e qualidades.*
- 26 - *Varios canos de vidro, para mostrar a natureza das bombas, e o melhor modo para esgotar a agoa com ellas.*
- 27 - *Hum modelo, para representar a situação commua de huma terra onde ha minas; como as veyas estaõ na terra, e como se tiraõ della, e o modo com que nellas se deve trabalhar, pelo qual se pòde ver, e entender mais, e melhor, o que vendo algumas das mesmas minas.*
- 28 - *Huma fornalha, e aparelhos, para ensayar todas as sortes de metaes, como huma collecção de mineraes de toda a sorte em toscos; assim como sairam das minas; em ordem a ser mais previsto em os conhecer, e para saber o seu valor; o methodo de separar, e desfazer todas as castas de metaes com Agoa-Regis, e Agoa-forte; e fazellos presidir no fundo do menstruo; o que tudo he muy curioso, e muyto util.*
- 29 - *Mais algumas 40 sortes de engenhos mecanicos, para explicar a natureza, forsa, e utilidade do todas as castas de engenhos mecanicos, simples, ou compostos; como guindastes, moinhos de agua, de vento, e de bestas, velas de navios; alavancas, parafusos, e polés; com as suas forsas em varias couzas: a natureza das Balanças, e Braços, etc. mostrando-se o modo de examinar se saõ verdadeyras, e descobrir os enganos que com ellas se pòdem praticar.”*

Estes instrumentos terão sido utilizados nas “30 sessoens Academicas” de mecânica, hidrostática, pneumática, óptica e metalurgia, realizados.

O interesse nas ciências manifestado pelos monarcas D. João V e D. José I e por um notável número de docentes, permitiram a criação e equipamento do Observatório Astronómico do Colégio de Santo Antão e do Gabinete de Física Experimental da Casa das Necessidades. Os quais estavam equipados com “as mais preciosas maquinas

mandadas vir de França e da Inglaterra”¹².

A profunda remodelação no sistema educativo orquestrada por Pombal, sob a égide de uma melhoria no ensino das matérias científicas, e apesar de ter criado o Colégio dos Nobres, conduziu a quase uma década de estagnação, ou mesmo de retrocesso, no ensino da Física Experimental. Foi o resultado da perseguição movida aos jesuítas e depois aos oratorianos, que culminou com a extinção da ordem do Colégio da Casa das Necessidades em 1768 e, conseqüentemente, com o provável desmantelamento do Observatório Astronómico e do Gabinete de Física aí existentes. Apenas em 1772 foram tomadas medidas para reverter a situação, tendo sido criada a *Faculdade de Filosofia* da Universidade de Coimbra em substituição da “*miserável Faculdade das Artes*”¹³. Um ano depois foi transferido, também para Coimbra, o Colégio dos Nobres.

A reorganização do estudo das ciências naturais, sob a influência da Universidade, foi considerada primordial para o aperfeiçoamento e desenvolvimento de novas fábricas e manufacturas, novas artes e para o desenvolvimento do comércio. Assim, justificava-se que fosse feito um grande investimento humano e financeiro. Como muitos dos professores tinham sido mortos ou obrigados ao exílio, foram recrutados dos melhores professores estrangeiros “*capazes de contribuir para o desenvolvimento científico do país*”¹⁴. Da execução do projecto educativo implementado resultaram a criação do “*Laboratório Chymico*” e do “*Gabinete de Fysica Experimental*” da Universidade de Coimbra.

No ensino ministrado no gabinete de “*Fysica Experimental*”, os alunos eram confrontados directamente com os fenómenos físicos através da realização e observação de experiências reais. Tal metodologia visava o desenvolvimento de competências e capacidades de observação, destreza, espírito crítico e sagacidade, existindo no Gabinete, para o efeito, uma “*Casa das Máquinas*” contendo algumas centenas de instrumentos destinados à realização de experiências a efectuar pelos alunos, sempre que tal se afigurasse aconselhável. Como medida preventiva da eficácia desta metodologia, baseada no trabalho experimental, o professor deveria evitar as operações com máquinas complicadas e com aparelhos supérfluos, dado que muitas vezes

¹² ALMEIDA, T. — *Recreação Filozofica*. Vol. I. Lisboa. 1758. p. LVIII. In Martins, D. R. *Sinopse da Ciência em Portugal*. Apontamentos da cadeira de História das Ideias do Mestrado em Ensino da Física e da Química. Departamento de Física da FCTUC. 2003.

¹³ *Estatutos da Universidade de Coimbra* – Livro III. Na Regia Officina Typografica. Anno MDCCLXXII. p. 223

¹⁴ Martins, D. R. *Sinopse da Ciência em Portugal*. Apontamentos da cadeira de História das Ideias do Mestrado em Ensino da Física e da Química. Departamento de Física da FCTUC. 2003.

conduziam ao erro para além da maior despesa que apresentavam¹⁵.

Quanto aos liceus, a leccionação de uma componente experimental no ensino da física era muito reduzida, principalmente devido ao elevado custo dos equipamentos, que não justificavam o investimento face ao reduzido número de alunos que frequentava a classe e, também, porque o ensino magistral estava instituído e continuava a proporcionar bons resultados nos exames.

Em 1860, Fontes Pereira De Mello publicou um novo regulamento para os liceus, reintroduzindo o ensino da Física em todos eles, dado que Costa Cabral, em 1844, o havia tornado facultativo, numa reforma que, segundo os seus críticos, visou apenas eliminar a reforma de Passos Manuel.

Pela primeira vez foi estabelecida a duração do curso (cinco anos), a distribuição das disciplinas por anos e respectiva carga horária¹⁶.

Da conturbada situação política e social registada em finais do séc. XIX e início do séc. XX, e que conduziu à República, resultou uma transformação de mentalidades e, conseqüentemente, uma alteração no ensino ministrado. O número de alunos sofreu um drástico aumento em poucos anos tendo superlotado as instituições de ensino. Conseqüentemente, registou-se um aumento do número de Classes e de alunos em cada Classe, e o ensino da Física tornou-se mais teórico. As experiências passaram progressivamente a ser demonstrativas e realizadas pelo professor, apesar da emergência de correntes pedagógicas centradas no desenvolvimento do aluno. Estas metodologias que valorizavam os processos de aprendizagem em detrimento dos conteúdos, careciam de materiais didáticos e de um ambiente “*estimulante e alegre, muito diferente do ambiente frio e formal da escola tradicional*” (Pereira, 2003)¹⁷.

As reformas educativas tornaram-se uma prática corrente (até aos nossos dias). Estas reformas do ensino liceal, no respeitante ao ensino da Física traduziram-se na alteração dos anos e ou classes em que a disciplina era leccionada, na tipologia dos liceus e/ou cursos, na carga horária da disciplina, nos programas e nos manuais adoptados. Apresenta-se um resumo destas reformas no Quadro 1.

¹⁵ *Estatutos da Universidade de Coimbra* – Livro III. Na Regia Officina Typografica. Anno MDCCLXXII. p. 248

¹⁶ Carvalho, R.. *História do Ensino em Portugal desde a fundação da nacionalidade até o fim do regime de Salazar-Caetano*. Fundação Calouste Gulbenkian. p.594. BG-6-8-14.

¹⁷ John Dewey, em 1916, defendia que a escola devia ser o espelho de toda a sociedade e a sala de aula deveria ser um laboratório de aprendizagem da vida real.

Reformas	Início da leccionação de Física	Tipo Liceu/Cursos/Alterações
1863	5º Ano (unicamente), 2 horas diárias.	Mantém a classificação de 1860 em liceus de 1ª classe (Lisboa, Porto e Coimbra) e liceus de 2ª classe (os restantes).
1872	5º Ano – liceus 1ª classe. 4º Ano – liceus 2ª classe, com igual carga horária: 4 horas semanais.	Os liceus são divididos em liceus de 1ª classe e de 2ª classe (liceus da província), estes com 4 anos de curso.
1880	3º Ano – “ <i>Elementos de Física, Química e História Natural</i> ”; 5ª Ano - “ <i>Física e Química</i> ”.	Os liceus são divididos em liceus nacionais centrais (Lisboa Porto e Coimbra), liceus nacionais e escolas municipais secundárias. ▪ Curso Geral (4 anos) com 8 disciplinas incluindo a de Elementos de Física; ▪ Cursos Complementares separados em Letras e Ciências (2 anos). Apenas no de Ciências é leccionada a disciplina de Física e Química.
1886	3º Ano – início do estudo. 5º Ano – aprofundamento.	Acaba com a divisão dos liceus.
1888	4º Ano – parte I. 5º Ano – parte II.	
1894	4º, 5º 6º e 7º anos	Os liceus são divididos em liceus nacionais centrais (Lisboa Porto, Coimbra, Braga, Guimarães, Évora e Viseu) passando o curso de 6 para 7 anos sem bifurcação entre Letras e Ciências; nos liceus nacionais, o curso é de 5 anos. ▪ Curso Geral (5 anos) ▪ Curso Complementar (2 anos)
1905	III, IV e V classes do Curso Geral; VI e VII classes do curso complementar.	A partir de 1914 os liceus onde houvesse material podiam organizar turmas do 6º e 7º anos para trabalhos individuais educativos. ▪ 1º Ciclo do Curso Geral (3 anos) ▪ 2º Ciclo do Curso Geral (2 anos) ▪ Cursos Complementares são novamente separados em Letras e Ciências (2 anos).
1918	A física é leccionada desde a I classe – com noções elementares de Física, até à 7ª classe.	▪ 1º Ciclo do Curso Geral (3 anos) ▪ 2º Ciclo do Curso Geral (2 anos) ▪ Cursos Complementares em Letras e Ciências (2 anos) Nas Letras é introduzida a disciplina de Ciências Físico-Naturais. No curso complementar os alunos podiam fazer trabalhos experimentais com a duração de hora e meia, e com programa da responsabilidade do professor.
1919	As disciplinas de Físico-Químicas e Naturais fundem-se de novo em Físico-Naturais.	Deixa novamente de ser leccionada a disciplina de Ciências Físico-Naturais no Curso Complementar de Letras.
1921	Nada se alterou em relação ao ensino da física	Curso geral – 5 anos. ▪ 1º Ciclo do Curso Geral (2 anos) ▪ 2º Ciclo do Curso Geral (3 anos) Cursos Complementares em Letras e Ciências (2 anos).
1926		Curso geral – 5 anos ▪ 1º Ciclo do Curso Geral (3 anos) ▪ 2º Ciclo do Curso Geral (2 anos) Curso preparação para o ensino superior – 1 ano (2 anos a partir de 1927).
1930	III, IV, V, VI e VII - classes	Curso geral – 5 anos ▪ 1º Ciclo do Curso Geral (2 anos) ▪ 2º Ciclo do Curso Geral (3 anos) Curso complementar (6ª e 7ª classes para letras e ciências) 2 anos; Alteração de programas em 1931 e 1934/35.
1936	4º Ano, 5º, 6º e 7º anos.	▪ 1º Ciclo – 3 anos, (essencialmente prático e descritivo)

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2º Ciclo – 3 anos (teórico e experimental) ▪ 3º Ciclo – Único, 1 ano. <p>Institui-se o regime de estudos por disciplinas. Os liceus passaram a designar-se por nacionais ou provinciais, de acordo com a leccionação, ou não, do curso completo ou só do 1º e 2º ciclos. Em 1941 voltou a fazer-se a distinção entre Letras e Ciências.</p>
1947	3º Ano, 4º, 5º, 6º e 7º anos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1º Ciclo – 2anos ▪ 2º Ciclo – 3 anos ▪ 3º Ciclo – 2 anos <p>Retoma o ensino por classe. É eliminado o Latim. Reforma do ensino Profissional que passa a ter 2 ciclos: 1º Grau – preparatório elementar de aprendizagem geral (2 anos); 2º Grau - cursos de formação e aperfeiçoamento profissionais (máx. 4 anos).</p>
1952	Não regista alterações, no respeitante à Física	Promulgado o Plano de Educação Popular que visou a alfabetização de adultos.
1973	A Física é leccionada a partir do 8º ano de escolaridade na disciplina de Físico-Química.	<p>O ensino básico obrigatório compreende o ensino primário e o preparatório (4 anos cada um). O ensino secundário é composto por dois ciclos: Curso geral (2 anos); Curso complementar (2 anos).</p>
1974	Revolução do 25 de Abril. A disciplina de Física integra o elenco de disciplinas de Opção do 12º ano.	<p>Em 1978 os 1º e 2º anos do curso complementar passaram a designar-se por 10º ano e 11º ano de escolaridade, respectivamente. O ensino secundário composto por dois blocos: <i>Curso Unificado</i> (3 anos) oferecendo para o 9º ano várias áreas vocacionais; <i>Curso Complementar</i> subdividido em dois ciclos. O primeiro, Ciclo (10º e 11º ano) com um conjunto de disciplinas distribuídas por três componentes (<i>formação geral, formação específica e formação vocacional</i>), permitindo aos alunos a opção, pelo prosseguimento dos estudos. Segundo ciclo (12º ano).</p>
1986	A Física é leccionada a partir do 8º ano na disciplina de Físico-Química.	<p>Lei de Bases do Sistema Educativo. Opera-se uma reorganização dos cursos do Ensino Secundário.</p>
2001	A Física é leccionada a partir do 7º ano integrada nas CFQ.	A disciplina de Ciências Físico Químicas do Ensino Básico é integrada na área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais, observando-se uma redução da carga horária e passa a ser leccionada nos 3 anos do ciclo (7º, 8º e 9º ano).
2005	São extintas as disciplinas de Técnicas Laboratoriais de Química (TLQ), de Física (TLF) e de Biologia (TLB).	<p>A disciplina obrigatória de Ciências Físico-Químicas do 10º e 11º ano é substituída pela disciplina opcional de Física e Química A, podendo iniciar-se no 10º ou no 11º ano. A disciplina de Ciências Físico Químicas do Ensino Básico é integrada na área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais, observando-se uma redução da carga horária e passa a ser leccionada nos 3 anos do ciclo (7º, 8º e 9º ano). A disciplina de Física (12º ano) deixa de ser necessária para o ingresso de muitos cursos do Ensino Superior. É introduzido o ensino de Física Moderna. As “Actividades Laboratoriais” utilizam obrigatoriamente as novas tecnologias de informação e comunicação (TICs).</p>
Quadro 1: Principais reformas educativas do ensino liceal		

Na década de 30 o panorama não melhorou em relação ao ensino experimental da

Física. Sob a alçada do Estado Novo, multiplicaram-se as instituições de ensino e muitos liceus antigos foram transferidos para edifícios novos construídos de raiz. Contudo, a racionalização de meios, quer humanos, quer financeiros, e as directivas político-repressivas, não permitiram um efectivo desenvolvimento do ensino experimental da física.

Apesar de todos os condicionalismos e a conta-gotas, as metodologias educativas oriundas dos Estados Unidos e implementadas por toda a Europa do pós-guerra, produziam, algumas alterações no ensino português. É disso exemplo, a criação da telescola em 1964 (Decreto-Lei n.º46:136, de 31 de Dezembro), resultante dos cursos audiovisuais desenvolvidos na década de 40 nos EUA destinados aos militares envolvidos na Segunda Guerra Mundial e implementados no ensino na década de 50 devido, essencialmente, à difusão da televisão.

Nos anos seguintes proliferou no mundo desenvolvido o “*tecnicismo educacional*”, assente nas teorias behavioristas (Skinner, Bloom, Gagné), que sobrevalorizava os meios instrumentais em detrimento do papel do professor, exaltava o poder dos meios e que se materializava nos manuais, nas locuções audifónicas e televisivas¹⁸.

A partir de 1950, a desorganização funcional do ensino português começou a ser publicamente denunciada, tendo o Secretário de Estado Veiga de Macedo afirmado que: “*As conquistas da pedagogia moderna não podem ser menosprezadas, mormente no terreno dos métodos e das técnicas educativas (...) como nunca, o país necessita, hoje em dia, de uma escola que se dedique ao estudo das ciências da educação para que a rotina e a incompetência não ocupem o lugar que tem de pertencer a um vigoroso espírito de renovação e a um perfeito conhecimento dos assuntos pedagógicos.*”¹⁹. E o ensino ministrado na época também não ficou indiferente ao rápido desenvolvimento tecnológico, resultante da disputa pela conquista do espaço e pelo exacerbar da Guerra Fria. Os diversos projectos de “*aprendizagem pela descoberta*”, centrados no trabalho experimental em ciências, tais como o *Physical Science Study Committee* (PSSC), *Chemical Education Material Study* (CHEM Study) e *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), nos Estados Unidos e os cursos *Nuffield* de Física, Química e Biologia em Inglaterra tiveram uma alargada divulgação. Alguns trabalhos experimentais

¹⁸ Machado, A. V. *Métodos e meios de ensino: categorias básicas da Tecnologia Educacional*, consultado em <http://www.ufmt.br/revista/arquivo/rev16/machado.htm>. Última visita em 2 de Maio 2007.

¹⁹ MACEDO, H. V. *Sessão de homenagem aos professores do Ensino Primário*, na Sociedade de Geografia, citado por Escola Portuguesa, n.º 916, Julho de 1952.

desenvolvidos nestes projectos foram adaptados e implementados nos cursos de ciências de muitos outros países.

As escolas, que eram autónomas na aquisição dos equipamentos para os seus laboratórios, adquiriram ainda na década de 60 e início dos anos 70, diverso material didáctico, do qual se destacam conjuntos (*kits*) de Óptica, Electricidade e Magnetismo. Estes materiais eram necessários para a realização dos trabalhos experimentais, propostos nos manuais. Muitos destes conjuntos, acondicionados em malas de madeira, ainda hoje existem na maior parte das escolas secundárias que substituíram antigos liceus. O laboratório de Física razoavelmente equipado, estava dimensionado para a realização de trabalho por quatro grupos de alunos. Existia também um técnico de laboratório que era responsável por auxiliar o professor na montagem dos equipamentos, efectuar a limpeza e arrumação dos mesmos, providenciar a substituição ou reparação dos aparelhos em caso de avarias e pela reposição dos *stocks* de consumíveis.

Apesar dos trabalhos experimentais realizados serem apenas os que constavam dos manuais adoptados e “*a proibição do uso de compêndios e livros não adoptados oficialmente envolve a do seu uso, mesmo quando os alunos os tenham voluntariamente adquirido, e ainda a da sua consulta por parte do professor durante os trabalhos escolares*”²⁰, assistia-se a uma alteração progressiva no ensino.

As mudanças que se registavam conduziram à Reforma do Sistema de Ensino em 1973 (reforma de Veiga Simão), a qual só mais tarde foi devidamente implementada, devido à revolução de 25 de Abril.

No período pós-revolucionário de Abril de 1974, apesar dos movimentos estudantis e operários, reivindicarem uma alteração nas metodologias de ensino, no sentido de se implementar um modelo similar ao existente noutros países, a instabilidade governativa não era propícia à boa implementação das reformas. Assistiu-se a uma degradação contínua do material existente nas escolas e do ensino da Física e da Química. Muitas vezes não era cumprido o “*programa mínimo*” sendo apenas leccionada a parte de Física ou de Química durante todo um ano lectivo. E, sempre que começava a faltar tempo para leccionar o programa, a componente experimental era sacrificada. Tal justificava-se porque a resolução dos exames apenas contemplava exercícios teóricos ou teórico-práticos.

²⁰ Circular n° 738, de 16/10/33.

Foi também neste período, que se assistiu a uma verdadeira democratização do ensino, com a nacionalização da maioria dos Colégios, principalmente os de província, que se viram transformados, de um dia para ao outro, em escolas básicas e secundárias. A maioria destas instituições não estava minimamente apetrechada para o elevado número de alunos que as passaram a frequentar. Deste modo, começaram a ser leccionadas as aulas de Físico-Químicas e as de Física em particular (por não necessitarem tanto da utilização de água ou de soluções aquosas), em salas comuns que apenas dispunham de carteiras, cadeiras, quadro e giz. Embora fosse feita uma gestão, o mais eficiente possível, da utilização dos laboratórios escolares, muitas turmas, ficavam privadas destas instalações, acabando por realizar as actividades experimentais apenas esporadicamente. Realizavam-se estas actividades quando era possível ao professor trocar de sala com o que leccionava no laboratório, ou quando o professor transportava o material necessário para a sala em que tinha a aula, dada a inexistência de técnicos de laboratório que o auxiliassem em tal tarefa. A falta de pessoal auxiliar que ajudasse na execução da montagem dos equipamentos necessários nestes laboratórios improvisados e, também, na recolha e correcta arrumação dos materiais no final da aula, contribuiu muito para a desmotivação dos professores na realização das actividades experimentais. Este problema ainda hoje subsiste na maioria das escolas e afecta, principalmente, escolas secundárias com o 3º ciclo do ensino básico, as quais até têm os seus laboratórios de Física bem apetrechados (ver anexos II e III), mas a quantidade de turmas existentes impossibilita que muitas, em especial as do ensino básico, usufruam destes equipamentos.

A partir de meados dos anos 80 registou-se uma nova mudança de metodologias, apresentando uma perspectiva contrária à visão tecnicista e positivista dos modelos de ensino anteriores. *“Os meios passam a ser considerados como um componente do processo de ensino-aprendizagem que, numa visão dialéctica, não representam nem o elemento determinante deste processo, nem um mero instrumento, a serviço do método”*²¹ de ensino. A utilização didáctica das emergentes tecnologias de informação consubstanciava esta alteração de metodologias. A sua divulgação foi promulgada pelo aceso debate em torno da adesão de Portugal à CEE. E uma vez mais, se operou uma reforma do sistema educativo, consubstanciada na Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei nº 46/86 de 14 de Outubro).

²¹ **Machado, A. V.** *Métodos e meios de ensino: categorias básicas da Tecnologia Educacional*, consultado em <http://www.ufmt.br/revista/arquivo/rev16/machado.htm> última visita: 2 de Maio 2007.

Esta reforma foi muito importante para o ensino das ciências. Pela primeira vez foram criadas disciplinas de índole verdadeiramente experimental: as Técnicas Laboratoriais de Física, Química e Biologia. E, como estas disciplinas necessitavam de um aparato laboratorial significativo, os laboratórios escolares foram recuperados, reequipados ou criados, consoante as necessidades de cada escola em particular.

O “*Concurso Ciência Viva – Ensino Experimental das Ciências na Escola*”, criado em finais dos anos 90, contribuiu mormente para o desenvolvimento de um ensino experimental ao financiar projectos de investigação em ciência nas escolas. Em 1997, com o *Ciência Viva I*, foram aprovados 216 projectos, aos quais se juntaram nos 4 anos seguintes 2909 projectos. As escolas que implementaram estes projectos receberam material laboratorial que, em muitos casos, veio suprir as necessidades dos seus laboratórios. Mas, mais importante que os equipamentos fornecidos pelo Programa Ciência Viva, foi toda uma dinâmica de ensino experimental que foi reiniciada, e complementada com a criação, nas escolas, de muitos Clubes de Ciências. A adesão registada nas acções de formação de professores na área de Ciências e o relançar de actividades experimentais investigativas, são um bom exemplo do interesse despertado.

Porém, ainda a reforma não tinha atingido a sua plenitude de implementação e, muito menos de avaliação de resultados, eis que surge nova reforma do sistema educativo português. Primeiro no Ensino Básico, através do Decreto-Lei n.º 6/2001, de 18 de Janeiro, e posteriormente, no Ensino Secundário, através da Lei n.º 49/2005 de 30 de Agosto. Desta vez consubstanciada na desadequada formação em ciências, patente no desempenho de alunos portugueses em estudos internacionais, nos estudos PISA (Program for International Study Assessment) realizados pela OCDE e no “*Third International Maths and Science Study*”, por exemplo.

Esta reforma veio introduzir alterações de fundo no ensino das Ciências, particularmente no domínio da Física. No Ensino Básico, e apesar de direccionar a realização de actividades experimentais numa filosofia “*mãos-na-massa*” ou “*hands-on*”, reduziu o tempo lectivo destinado às ciências. No Ensino Secundário, a opcionalidade de frequência da disciplina de Física e Química A, que substituiu as Ciências Físico-Químicas, de carácter obrigatório, e a possibilidade da sua leccionação ser iniciada no 11º ano de escolaridade, do Curso de Ciências e Tecnologias, reduziu o número de alunos que frequentam esta área disciplinar. Mais gravosa ainda é a extinção das disciplinas de natureza experimental, as Técnicas Laboratoriais de Química, Biologia e Física, nas quais os alunos manuseavam os equipamentos e realizavam

actividades verdadeiramente experimentais. É uma reforma que induz um retrocesso relativamente ao ensino experimental. Segundo o responsável pelo Ministério do Ensino Superior, Mariano Gago, “*em Portugal faz-se pouco ensino experimental, e a luta pela experimentação no ensino tem mostrado resistências quase inultrapassáveis (...) a retórica e o formalismo ainda são dominantes (e tememos que se agravem com a última reforma do ensino secundário). (...) E o primeiro esforço colectivo conjunto de cientistas e professores, do Estado, da sociedade civil e das instituições de ensino e investigação (o Ciência Viva) tem hoje a sua acção incompreensivelmente dificultada*” (Gago, 2004). Relativamente ao ensino das ciências, proferiu ainda Mariano Gago que “*aumenta a percentagem dos alunos que escolhem as vias tecnológicas e, no ensino em geral, aumenta desde 1996 em Portugal a percentagem dos que escolhem o agrupamento de ciências, em contraste com o resto da Europa, e num contexto de baixa global do número de alunos. Manuel Heitor, que analisou esta questão, chamou já o fenómeno único de sucesso o «efeito Ciência Viva»*”.

As alterações efectuadas na gestão dos recursos humanos, nos dois últimos anos, nomeadamente, a substituição de docentes em falta por outros docentes, mesmo que de áreas disciplinares ou ciclos diferentes e o cumprimento das horas de “*trabalho de estabelecimento*” (OTE), decretaram a extinção da generalidade dos Clubes de Ciência existentes em muitas escolas.

III – Uma perspectiva moderna do ensino experimental

O ensino experimental da Física, e das Ciências em geral, que se ministra na actualidade, foi implementado gradualmente a partir dos anos 90 e difere bastante das metodologias de ensino anteriores. Embora as matérias de Física que hoje se ensinam no Ensino Básico, em Portugal, sejam praticamente as mesmas que eram ensinadas no século passado, as actividades experimentais de demonstração e exploração são concebidas de modo a realçarem a componente lúdica e pretende-se que sejam realizadas por todos os alunos. A espectacularidade das actividades e o tipo de materiais utilizados, que muitas das vezes são materiais caseiros utilizados no dia-a-dia, são um factor relevante na motivação dos alunos. Muitas das actividades podem ser realizadas em casa, o que possibilita que os alunos desenvolvam não só capacidades de observação mas também a curiosidade científica, reproduzindo-as ou desenvolvendo-as, integrando-lhes alterações.

A espectacularidade das experiências do séc. XVIII, que cativavam quem a elas assistia e motivavam para a aprendizagem das Ciências, foi-se perdendo aos poucos com o desenvolvimento tecnológico das sociedades. Contudo, em finais dos anos 70 e na década de 80 do século passado, registou-se uma mudança de atitude face ao ensino da Física patente na criação do “*Hands-On Project*” de Lederman, e em acções de divulgação de Física tais como o espantoso “*The Wonders of Physics*” de Clint Sprott.

A metodologia *Hands-On* teve origem no Massachusetts Institut of Tecnology (MIT) nos anos 70 do passado século. Preconizava a realização de experiências com materiais caseiros as quais devido ao seu baixo custo podiam ser realizadas por todos os alunos. Esta metodologia teve uma enorme divulgação através do projecto desenvolvido e implementado na zona de Chicago, em 1975, pelo Prémio Nobel da Física Leon Lederman. O projecto destinado a alunos norte-americanos, do ensino básico consistiu na “*formação* de cerca de 3000 professores do ensino primário dos arredores de Chicago, visando o ensino das ciências nas camadas mais jovens, com recurso a equipamentos construídos pelos alunos²². Em 1996 o também Prémio Nobel da Física Georges Charpak, adaptou o *Hands-On Project* para a realidade francesa, tendo sido experimentalmente implementado em 350 classes, denominado “*l’operation La Main à la Pâte*”²³. Este projecto, que foi posteriormente alargado a quase toda a França, assenta

²² Task Force on Education Final Letter Report (Dec. 2, 1988). Attachement A: DOE Laboratory Precollege Programs. Consultado em: http://www.seab.energy.gov/publications/edu_attach.html 05/04/2007.

²³ Consultado em: http://www.inrp.fr/lamap/?Page_Id=53. Última visita em 05/04/2007.

em dez princípios básicos (Anexo XI).

O movimento *Hands-On* iniciou a sua expansão com o “*Natural Sciences and Technology for All*” na Suécia em 1996, tendo vindo a alastrar a quase todo o globo. Encontram-se projectos em curso em muitos países: Afeganistão, Alemanha, Argentina, Austrália, Bélgica, Bielorrússia, Brasil, Dinamarca, Cambodja, Canadá, Chile, Chipre, China, Colômbia, Egipto, Espanha, Estónia, EUA, França, Grécia, Holanda, Hungria, Índia, Itália, Malásia, Malta, México, Noruega, Panamá, Portugal, Senegal, Sérvia, Eslovénia, Suécia, Reino Unido, Roménia, Venezuela e Vietname.

Actualmente as actividades desenvolvidas não são apenas actividades de baixo custo, ou com recurso a materiais caseiros, algumas delas necessitam de equipamentos sofisticados. Contudo nesses projectos permanece intrínseca a filosofia *Hands-On*, de exploração dos equipamentos pelos intervenientes e de pesquisa científica.

As actividades experimentais que podem ser realizadas segundo esta metodologia são muito diversificadas. Numa simples busca na Internet encontrarmos milhares de sítios com a descrição de actividades *Hands-On*, destinadas a todas as áreas científicas e graus de ensino, com grande variedade de materiais e vários níveis de dificuldade de execução. É também de salientar que a obra “*Suggestions for Science Teachers in Devastated Countries*” da autoria de J. P. Stephenson, “*this fully illustrated book showed teachers how to make their own apparatus from simple, everyday materials at little cost*” serviu de base para a publicação do “*UNESCO Source Book for Science Teaching*”, em 1956 (Gupta, 2004)²⁴. Este livro que foi periodicamente revisto e reeditado em diversas línguas e que contém a descrição de centenas de equipamentos de baixo custo destinados ao ensino das ciências, foi importante para o despoletar do referido movimento.

Em Portugal, um dos primeiros ensaios da utilização de *kits* para a realização de actividades *Hands-On*, foi realizado no Instituto Superior Técnico, pelos professores Pedro Bicudo e David Resendes, tendo implementado nas suas aulas o *kit* descrito no livro “*ZAP! A hands-on introduction to electricity and magnetism, Preliminary edition*”²⁵, trazido pelo professor David Resendes dos Estados Unidos. Posteriormente, e dado que o *kit* inicial não estava em condições de funcionar, foi implementada a

²⁴ Gupta, A. *Learning Science Through Activities and Toys*. 2004. Consultado em: http://www.iucaa.ernet.in/~scipop/Literature/art_pop_sci/learnSci.html. Última visita em 05/04/2007

²⁵ Morrison, Morrison P. King, J. *ZAP! A hands-on introduction to electricity and magnetism, Preliminary edition.*, Neil Patterson Publishers, 1991. In: Bicudo, P. *Trabalhos Experimentais de Física Realizados em Casa com A Mão na Massa*. Consultado em: <http://fisica.ist.utl.pt/~bicudo/trabcasi.pdf>.

utilização de “*experiências exclusivamente caseiras*”, tendo estas sido realizadas por mais de mil alunos (Bicudo, 2004).

Um projecto de ensino da Física realizado em 2005 em Timor, implementado pelo professor Yasser Oman e três estudantes, do Instituto Superior Técnico e desenvolvido com materiais caseiros, registou um estrondoso êxito, contribuindo enormemente para a divulgação do ensino experimental de Física.

Actualmente estão em curso vários projectos internacionais, dos quais se destacam:

- “*Projecto EU-HOU*” (Hands-On Universe, Europe: Bringing frontline interactive astronomy to the classroom), destinado ao ensino da Astronomia, nos ensinos básico e secundário, com o recurso a novas tecnologias;
- “*Hands on Particle Physics – International Masterclasses for High School Students*”, destinado a trabalhos de investigação de cursos de pós-graduação.
- “*H-SCI – Hands-On Science*”, (programa Socrates, integrado na acção COMENIUS 3 da Comunidade Europeia). Visa o desenvolvimento do ensino das ciências nas escolas básicas e secundárias, através da aprendizagem desenvolvida em actividades experimentais na metodologia *Hands-On*. Disponibiliza um sítio na Web contendo informação sobre eventos *Hands-On*, e uma enorme base de dados relacionada com esta metodologia de ensino (<http://hsci.no.sapo.pt/> ou <http://hsci.info/>).

A exploração da vertente lúdica das actividades experimentais contribui quer para a divulgação da Física, quer para a motivação para a sua aprendizagem. Um programa de demonstrações experimentais de Física, intitulado “*The Wonders of Physics*”²⁶ criado em 1984 e apresentado pelo professor Clint Sprott, da Universidade de Winsconsin, recuperou o ambiente lúdico das demonstrações públicas do séc. XVIII. Este programa já realizado em muitos outros países continua a ser apresentado na Universidade Winsconsin registando uma audiência muito grande.

Actualmente no nosso país também se realizam algumas acções de divulgação de Ciência seguindo a metodologia *Hands-On*, não só nos espaços destinados ao efeito, tais como o *Pavilhão do Conhecimento*, *Visionarium*, *Fábrica-Centro de Ciência Viva* ou os *Exploratórios*, mas também em espaços comerciais, feiras e workshops. Estas

²⁶ Ver <http://sprott.physics.wisc.edu/wop.htm>.

acções são cada vez mais destinadas a alunos dos ensinos pré-escolar e básico. As actividades experimentais são concebidas para que as crianças as possam realizar e explorar num ambiente divertido e motivador, cativando-as deste modo para a aprendizagem das Ciências.