

**Número especial:**  
história e protagonistas da  
Física em Portugal no séc. XX



**Mira Fernandes e a introdução da teoria da relatividade geral em Portugal**

**A intervenção pedagógica de Rómulo de Carvalho no ensino da física e na divulgação do conhecimento científico**

# Índice

artigo geral

- 2 **A intervenção pedagógica de Rómulo de Carvalho no ensino da física e na divulgação do conhecimento científico**  
Frederico Carvalho
- 9 **A Física na Universidade de Coimbra de 1900 a 1960**  
A. José F. Leonardo, Décio R. Martins, Carlos Fionhais
- 16 **O ano 1947 e o Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa**  
Ana Simões
- 22 **As primícias da Mecânica Quântica e a aventura da Física Teórica em Portugal**  
Augusto José dos Santos Fitas
- 27 **Mira Fernandes e a introdução da teoria da relatividade geral em Portugal**  
José p. Sande Lemos
- 53 **O lugar da física:**  
história das ciências, produção de standards e atraso português  
Tiago Saraiva
- 60 **O Reactor Português de Investigação na encruzilhada com o desenvolvimento da física moderna em Portugal e os átomos para a paz**  
Júlia Gaspar
- 65 **O LIP faz 25 anos**  
Sofia Andringa e Catarina Espírito Santo
- 70 **Associação Euratom/IST: vinte anos a contribuir para criar um sol na Terra**  
Carlos Varandas e Bruno Gonçalves
- entrevista
- 74 **José Veiga Simão**  
Teresa Peña, Conceição Abreu e Gonçalo Figueira
- por dentro e por fora
- 81 **O cubo**  
Conceição Abreu
- 83 **Memórias do IFM**  
Emílio Ribeiro
- 86 **25 anos de adesão de Portugal ao CERN**  
Mariano Gago

Na capa: Fotografia do Observatório Meteorológico e Magnético da Universidade de Coimbra, c. 1914 - ver artigo na pág. 9

Publicação Trimestral Subsidiada



**FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



## Física em Portugal no séc. XX: um salto quântico?

“O único dever que temos para com a história é reescrevê-la” foi uma das muitas provocações que Oscar Wilde deixou para o futuro. Fechado o século passado, já há 11 anos, e numa altura de incertezas e crises na ciência, e não só, a pedir mudança de paradigma, pareceu-nos natural parar e olhar o passado por um instante. O passado inspira. E é bom evitar que o tempo traga a nebulosidade da entropia a crescer nas sucessivas transmissões de informação. Preservar e iluminar as fontes pode contribuir para que a história não se reescreva vezes sem conta, diluindo contornos, simplificando e reduzindo. Mas, em contraste, se abra em projecto e perspectiva.

Decidimos por isso organizar um número dedicado à história e aos protagonistas da física em Portugal no século passado. O nosso repto anunciado em Gazetas passadas foi respondido por vários investigadores ou protagonistas, que desenterraram factos e documentos, o que agradecemos aqui com alegria. Interrompemos assim excepcionalmente neste número a organização dos conteúdos da Gazeta nas secções que habitualmente a estruturam, e apresentamos aqui um número sobre a memória.

A memória, não como o objecto, como na neurociência, mas a memória, ainda não muito longínqua, como instrumento de registo e colecta que possibilita um dia fazer e interpretar a história. Os cientistas, e os físicos em particular, na voracidade do metabolismo de produção científica, do faz e refaz ideias científicas, não prestam em regra muita atenção ao passado. Faz parte de ser cientista a apropriação do que outros fizeram antes, claro. Mas visceralmente, não faz também parte de ser cientista questionar? Daí, tantas vezes, a (inocente) rebeldia de fazer tábua rasa do que foi feito. Haverá um desprezo quase inconsciente do cientista pelo passado? Talvez, pois parece ser necessário para poder afirmar a ânsia de viver no futuro e no novo.

Cada geração julga viver o seu tempo de forma única. Mas será mesmo assim? Em Portugal, nos anos 40 do século passado, Rómulo de Carvalho abraçou a

projectos de investigação histórica, e escreveu como é mencionado por Frederico de Carvalho no artigo com que abrimos esta Gazeta: “Sem sentirmos, tudo quanto era transforma-se no que é. Em cada instante está presente o passado e o futuro de todas as coisas.” Por outras palavras, à grande escala das coisas, é como se não houvesse presente. Só há passado e futuro.

Portugal fez uma grande caminhada na Física, e na Ciência, ao longo do séc. XX. Quando eu dei os primeiros passos como física profissional, nos finais dos anos oitenta, 1,5 era, em Portugal, o número de investigadores por mil trabalhadores activos. Em 2008 esse número era 7,2!<sup>\*</sup> Nos anos 60, quando entrei para a escola primária, existiam 13 116 alunos no ensino secundário, em 2010 o número de estudantes no ensino superior era cerca de 118 000. Quase que apetece dizer que demos um salto quântico na segunda metade do século XXI!

Estamos conscientes que muito ficou por contar. Trazemos snapshots, é tudo. E esperamos que estes criem uma primeira impressão, um filme rudimentar e entrecortado, do muito que aconteceu. De resto, incompletos são sempre os documentos históricos que congelam no instante de uma fotografia ou de uma carta a complexidade de muitos instantes, muitas interações, muitas vontades. E ainda é verdadeiramente muito cedo para fazer história de um período que acabou há escassos 11 anos. Mas os artigos que aqui publicamos permitem-nos dizer que, apesar dos tormentos de crescimento das nossas universidades, não passámos totalmente ao lado das revoluções trazidas pela descoberta do Núcleo e da Radioactividade, da Relatividade e da Mecânica Quântica. E na segunda metade do século XX os slogans jornalísticos “Átomos para a Paz” da era nuclear da guerra fria, e “Trabalhadores da Matéria no CERN” dos dias da adesão de Portugal ao CERN, dizem já respeito a cientistas portugueses, de forma activa, e não como meros espectadores.

Na primeira dinastia o nosso rei D. Dinis foi trovador, mas também soube ser o primeiro grande administrador do Reino. Fernando Pessoa reescreveu a sua história definindo-o como “o plantador de naus a haver”. E na Física em Portugal no século XXI, em que fase estamos? Plantámos os pinhais e ansiamos pelo mar, ou já lançámos as naus ao oceano futuro?

Teresa Peña

\* OECD, Main Science and Technology Indicators.

### Ficha Técnica

#### Propriedade

Sociedade Portuguesa de Física  
Av. da República, 45 – 3º Esq.  
1050-187 Lisboa  
Telefone: 217 993 665

#### Equipa

Teresa Peña (Directora Editorial)  
Gonçalo Figueira (Director Editorial Adjunto)  
Carlos Herdeiro (Editor)  
Filipe Moura (Editor)

#### Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

#### Colunistas e Colaboradores regulares

Ana Simões, Carlos Fiolhais, Constança Providência, Jim Al-Khalili

#### Colaboraram também neste número

Ana Simões, Augusto Fitas, Bruno Gonçalves, Carlos Fiolhais, Carlos Varandas, Catarina Espírito Santo, Conceição Abreu, Décio Martins, Emílio Ribeiro, Frederico Carvalho, José Leonardo, José Mariano Gago, José Sande Lemos, José Veiga Simão, Júlia Gaspar, Sofia Andringa, Tiago Saraiva

#### Design / Produção Gráfica

Dossier, Comunicação e Imagem  
www.dossier.com.pt  
NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 1.800 Ex.

Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Preço N.º Avulso €5,00 (inclui I.V.A.)

Assinatura Anual €15,00 (inclui I.V.A.)

Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.

# A intervenção pedagógica de Rómulo de Carvalho no ensino da Física e na divulgação do conhecimento científico

Frederico Carvalho

Como é geralmente conhecido nos meios que se interessam pelas questões do ensino em Portugal, Rómulo de Carvalho, foi, durante mais de 40 anos, professor do Ensino Liceal. De seu nome completo, Rómulo Vasco da Gama Carvalho, nasceu na freguesia da Sé, em Lisboa, a 24 de Novembro de 1906. Ensinou em Lisboa, no Liceu de Luís de Camões, de onde, depois de uma curta passagem pelo Liceu de Pedro Nunes, partiu para Coimbra, e aí prosseguiu o seu magistério no Liceu então chamado de D. João III. Por fim, no ano de 1957 regressou ao Pedro Nunes onde permaneceu até se aposentar em 1974. Faleceu, em Lisboa, a 19 de Fevereiro de 1997.

Rómulo de Carvalho distinguiu-se por deixar uma obra polifacetada muito vasta, em correspondência com a universalidade dos seus interesses de toda a vida. A compreensão do mundo natural; o interesse pelo homem-indivíduo, parte da natureza, mas também pelos seus comportamentos sociais. Rómulo tinha oficialmente um profissão — a de professor do ensino secundário — resultado de uma escolha consciente, ao mesmo tempo racional e sentimental. Era, assim, no contexto burocrático da administração pública, o que então se designava por “servidor do Estado”. Ambicionava ser, no entanto, e sobretudo, “servidor do próximo”, e o seu próximo mais próximo, eram aqueles jovens adolescentes que despertavam para o mundo num passo da vida em que “era altura de se lhes sorrir e de se lhes transmitir as respostas que o adulto acumulou resumindo em si a experiência secular da humanidade”. E acrescentava: “É uma comunicação de amor que tem de antemão garantida a sua aceitação, expressa nos olhos ávidos de quem a recebe.”[1]

Deve dizer-se com verdade que Rómulo de Carvalho foi em primeiro lugar um educador e um divulgador de ciência. Não apenas divulgador de conhecimentos, de factos ou curiosidades científicas (sem qualquer menosprezo por quem o faz) mas principalmente, estimulador da aprendizagem e da prática do método científico ou, se quisermos, do (“verdadeiro”) método de estudar. “Não devemos querer

que a Natureza se componha segundo as nossas ideias; mas devemos acomodar as nossas ideias aos efeitos que observamos na Natureza. (...) O fim do físico é descobrir a verdadeira causa dos efeitos naturais; e, para conseguir este fim, não deve fazer caso do que dizem os outros, sim do que mostra a experiência.” (Luís António Verney, em “Verdadeiro Método de Estudar”, 1746). Não é por acaso que esta citação, se acha no segundo dos “Cadernos de Iniciação Científica” de Rómulo de Carvalho, publicado vai para trinta anos. “É preciso evitar, em ciência, o jogo de palavras que podem dar a impressão de que se adiantou ou resolveu alguma coisa quando afinal tudo ficou na mesma”, diz em outro desses seus Cadernos. “Cadernos”, obra já tardia do Mestre no que à vertente do educador respeita mas que são, em nosso entendimento, um dos expoentes da sua intervenção formativa dirigida à juventude, “destinados especialmente aos jovens estudantes dos 9 aos 15 anos”, nas suas próprias palavras.

Não foi Rómulo de Carvalho um cientista na acepção comum deste termo mas foi sem sombra de dúvida um “trabalhador científico”, designação que encontra correspondência na de *research worker*, na língua inglesa, ou *travailleur scientifique*, em francês. O seu trabalho em relação directa com a sua actividade profissional situa-se no âmbito da pedagogia, e da didáctica, no seio daquela.

Diz-nos o Professor: “No âmbito da minha actividade docente dedicava-me a dois vastos ramos da Ciência: a Física e a Química. Embora a ambos desse igual atenção sentia, no início da minha carreira, desde os bancos da Universidade, um gosto particular em explorar a história da Química, em descobrir os pormenores dos seus progressos ao longo dos séculos.” E acrescenta: “Pensei mesmo em redigir uma extensa obra em que esses progres-

...surgissem encadeados, desde os primórdios através da Alquimia até à revolução de Lavoisier e seus contemporâneos.” [2]

A este projecto ambicioso ficaram a dever-se as suas primeiras obras de investigação de história da ciência e da técnica, ambas publicadas na 1ª Secção da Biblioteca Cosmos, “Ciências e Técnicas—Filosofia e História da Ciência”: “A Ciência Hermética” (1947) e “O Embalsamamento Egípcio” (1948). Filosofia é certamente designação apropriada para o trecho que respigo de “A Ciência Hermética” [3]: “Momento a momento se muda o aspecto das coisas. Sem sentirmos, tudo quanto era transforma-se no que é. Em cada instante está presente o passado e o futuro de todas as coisas.”

O presente é construído sobre o passado. Na Ciência como na vida. “ (...) em todos os tempos houve homens que observaram a Natureza e que, pouco a pouco, deram resposta às suas interrogações. O que então foram descobrindo comunicaram aos seus filhos, e os filhos aos netos, e os netos aos bisnetos, ou por boca ou por escrito, e assim pelos tempos fora. Cada geração de homens que aparece

no Mundo tem à sua disposição tudo quanto os homens antes deles pensaram e descobriram. Podem até os novos repensar o que os seus antepassados já tinham pensado e acharem que estavam erradas as respostas que eles deram. Então procurarão dar respostas melhores, e assim sucessivamente” [4].

Ao longo da vida, Rómulo de Carvalho elaborou numerosos compêndios e outras obras destinadas ao ensino sempre com o rigor que o caracterizava, mas também com o carinho que se adivinha ao lê-los. Nota-se nesse trabalho uma inclinação para as matérias da Química mas a Física não está ausente do seu pensamento e da sua obra, longe disso. Os “Cadernos”, que já citámos mais de uma vez, “ (...) estes belíssimos cadernos, de que gostei muito (...)” [5] são um exemplo disso mesmo. “De todas as ciências interessantes falar de uma que se chama Física, à qual são dedicados os cadernos desta colecção.” Ao referir-se à “Física” dos nossos dias, enumera um conjunto vasto de ciências, da Zoologia à Astronomia. Para dizer “que todas estas ciências precisam de informações que só os físicos lhes podem dar.” O Caderno com o número 6 é dedicado à Energia, prevenindo o autor que “deve ser lido sem pressas” porque do bom entendimento dos conceitos expostos “depende a compreensão de todas as ciências.” E tem o cuidado de

Cadernos  
de Iniciação  
Científica

2

Rómulo de Carvalho

## A Experiência Científica

Sá da Costa



Fig. 1 - Capa do “Caderno de Iniciação Científica” n.º 2, “A experiência científica” (1979).

alertar, logo a abrir o Caderno, para o seguinte: “Os conceitos científicos nas suas expressões rigorosas, só podem ser adquiridos depois de certo amadurecimento do espírito de quem os estuda. Os que se iniciam na Ciência não devem ser forçados nas escolas, à fixação de frases cujo significado concreto não podem ainda alcançar e, segundo o que nos parece, o mais que se deverá procurar conseguir desses principiantes, enquanto principiantes, é que saibam enquadrar os termos científicos em expressões orais ou escritas, em condições de não ofenderem a Ciência.” Julgo oportuno referir aqui uma referência ao início do relacionamento de Rómulo de Carvalho com a “Gazeta de Física”, citando as suas próprias palavras [6]: “Em 1946 o Departamento de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa convidou-me para fazer parte da direcção de uma revista que se propunha publicar, o que realmente representava uma distinção que agradei e aceitei.”

Para tanto terá contribuído certamente, conforme adiante refere, o facto de “a secção de Física de então, da Faculdade, (se distinguir) pelo seu labor científico, e nos seus laboratórios trabalharem pessoas de qualidade cujo expoente máximo foi Manuel Valadares” pouco mais tarde demitido do seu cargo docente por “manifestar ideias opostas às do Governo ditatorial de Salazar”. Rómulo de Carvalho conservou-se na direcção da Gazeta durante 28 anos, desligando-se dela por vontade própria em 1974. “Nela publiquei — informa — diversos trabalhos apropriados à sua função”.

O primeiro texto científico de Rómulo de Carvalho que nos chegou às mãos data da sua passagem como estudante de licenciatura na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, onde se formou em “Ciências Físico-Químicas” [7]. Trata-se de um manuscrito de 30 páginas, datado de Maio de 1930, com o título “Da interpretação dos valores obtidos pela experiência na determinação dos calores específicos ao longo da escala das temperaturas”. Como Moreira de Araújo apropriadamente refere numa breve introdução ao trabalho em questão, não se trata de “uma ‘publicação’; apenas de um estudo de matéria não versada nas aulas de ‘Acústica, Óptica e Calor’, recorrendo a livros certamente indicados pelo professor.” Referimos este texto pois a sua natureza pela temática e intenção o torna de algum modo excepcional senão único, no contexto do espólio do autor. Aborda questões da relatividade de Einstein e da teoria dos quanta, com a clareza expositiva e elegância formal que é uma característica permanente da obra de Rómulo de Carvalho. Entretanto carece de ser lido e interpretado à luz da época e das circunstâncias em que nasceu.

São do mesmo período mas sem ligação com o anterior estudo, os Poemas Cristalográficos, na designação feliz que se deve a Moreira de Araújo. Aí está Rómulo, estudante no Porto, a pôr em inesperados versos, conhecidas propriedades geométricas da matéria cristalina que assim ganha um encanto adicional:

*Lei da constância dos ângulos*

*Sabemos já que a cristalização  
Com certas condições tem de contar,  
Vindo sempre o cristal, depois dessa operação*

*Com um formato um pouco irregular.*

*Mas o destino destes bons cristais,  
certas vezes também muito os ajuda  
e se o aspecto se mudou demais  
há neles uma coisa que não muda.*

*São os valores dos ângulos achados,  
p’ra às faces dos cristais considerados.  
É daqui que deriva e tem muita importância,  
dos ângulos a fiel lei da constância:*

*Para uma certa temperatura  
os ângulos entre faces semelhantes  
em todos os cristais de análoga estrutura,  
têm valores concordantes.* [8]

## Os compêndios escolares

Rómulo de Carvalho desenvolveu ao longo da sua vida profissional como docente do ensino liceal uma vasta e muito profícua actividade de elaboração de compêndios e outros textos dirigidos à juventude estudantil. Através dela se tornou conhecido e apreciado por várias gerações de estudantes que disso lhe deram aliás frequente testemunho durante e após — mesmo muitos anos após — a respectiva passagem pelos bancos da escola, circunstância que refere com evidente alegria nas suas “Memórias”.

Alguns desses compêndios vingaram na travessia do duvidoso processo estabelecido com vista à selecção do chamado “livro único” que vigorou durante muitos anos no período do Estado Novo. Outros ficaram pelo caminho irremediavelmente reprovados por relatores de competência e independência discutíveis. Semelhantes odisseias, embora em circunstâncias, com causas e por razões de outras ordens, suportou também o Mestre à volta da publicação de certos trabalhos de investigação histórica — outra das áreas em que se notabilizou. O caso mais notável terá sido o da publicação do notável estudo sobre o Gabinete de Física Pombalino que viu a luz do dia quinze anos após a conclusão do manuscrito, dos quais quatro passaram na tipografia! A este caso se refere nas “Memórias” como “os caminhos tortuosos para conseguir a esperança de ver publicado o meu estudo sobre o Gabinete de Física Pombalino” [9].

Os seus compêndios escolares distinguiam-se na apresentação e forma expositiva de outros com que de algum modo concorriam. Em vários casos obtiveram considerável sucesso e tiveram longa vida útil. Refira-se nomeadamente o Guia de Trabalhos Práticos de Química para o 3º Ciclo dos liceus, usado entre 1950 e 1974 com mais de uma dezena de edições e 80 mil exemplares; o Compêndio de Química para o 3º ciclo, que vigorou como livro único entre 1951 e 1955. Um outro compêndio de grande qualidade já posterior à legislação que impusera o “livro único” foi “Ciências da Natureza”, compêndio

destinado ao recém-criado Ciclo Preparatório do Ensino Secundário, obra em dois volumes publicados em 1968 e 1969.

A respeito desta obra inovadora no plano didáctico e da razão que o decidiu a escrevê-la, aceitando, depois de uma primeira recusa, a solicitação nesse sentido que o editor João Sá da Costa lhe dirigira, diz o Autor nas suas “Memórias” [10]: “ (...) comecei a sentir interesse por experimentar um sector didáctico com que ainda não tivera muito contacto (*dos 10 anos de idade*) e disse que sim. Não me arrependi. Foi uma experiência muito séria, muito agradável e muito positiva, cheia de dificuldades que me soube bem superar.

Imaginei organizar um compêndio onde tudo fosse adquirido através da observação e da experimentação, servindo-me de um rapazinho da mesma idade daqueles a quem o livro se destinava, cuja pessoa estivesse sempre presente nas páginas do compêndio, observando e experimentando aquilo que pretendia comunicar. O rapazinho iria acompanhando o meu projecto e eu iria corrigindo todas as dificuldades que nele encontrasse adaptando assim toda a execução proposta no texto, à idade normal do aluno.”

“O livro exigiria” como faz notar “abundante documentação ilustrativa, tanto desenhada como fotográfica.” E assim se fez. Iria seguir-se-lhe um segundo volume que deveria obrigatoriamente abranger outras áreas científicas (volto a citar): “O gosto que tive na redacção e na montagem destas Ciências da Natureza para o 1º ano do Ciclo Preparatório, conduziu-me à decisão de me ocupar também do 2º ano das mesmas Ciências, embora aí, para mim, a situação fosse mais difícil. O programa do 1º ano incidia sobre temas de Cosmografia, Física e Química, portanto dentro de assuntos em que me sentia mais à vontade. O 2º ano ocupava-se de noções de Zoologia, de Botânica e de Mineralogia e Geologia, assuntos de que normalmente não me ocupava. Entretanto não estava de tal modo ignorante deles que não me fosse permitido abalancar-me à redacção do Compêndio.

Comecei a escrevê-lo em Novembro de 68 e terminei-o em Março do ano seguinte. Os métodos de trabalho foram os mesmos dos do 1º ano. Lá aparece o Pedro (*o rapazinho referido acima*) muito sério e cauteloso, realizando as experiências, e em todo o livro abundam esplêndidas fotografias, parte delas obtidas na Faculdade de Ciências com a aquiescência de alguns dos seus professores que me atenderam cordialmente.”

Estas “Ciências da Natureza” tiveram assinalável sucesso, com particular destaque para o Compêndio destinado ao 1º ano das Ciências da Natureza, que teve 12 edições e vendeu 378 000 exemplares! Rómulo de Carvalho iniciara em 1949, um pouco

antes da sua ida para Coimbra aquela que nos diz ter sido “ (...) uma das tarefas mais agradáveis da (sua) vida: a da redacção de livros escolares.” E acrescenta: “Mais agradáveis e mais compensadoras economicamente pois foi daí, pelos anos fora, que recolhi os dinheiros suficientes para viver com o desafogo que o vencimento de professor nunca me permitiria.” Com efeito Rómulo era pessoa de poucos recursos económicos. Oriundo de uma família pequeno-burguesa — o pai e os tios eram modestos funcionários dos Correios e Telégrafos — desde jovem aprendera a acomodar-se aos difíceis equilíbrios de um orçamento familiar limitado. Os seus Compêndios escolares (e as múltiplas outras obras que publicou) foram entretanto e sobretudo, uma fonte permanente de satisfação íntima e um veículo privilegiado daquele que nos diz ter sido o seu objectivo de vida: ser útil aos outros: “Foi muito bom ter-me entregado ao ensino. Se foi bom para eles (refere-se aos seus alunos), foi muito mais para mim. Deram-me a presunção de lhes ser útil, e de ter sido útil a alguém, e isso foi sempre o móbil da minha existência.” [11]

Acerca do Compêndio de Física para o 2º Ciclo do Ensino Liceal, de Rómulo de Carvalho, irremediavelmente reprovado no concurso de “livro único” a que concorreu, diz o Mestre nas suas “Memórias”, o seguinte [12]: “Também nesses tempos de “livros únicos”, não sei já exactamente em que ano, me dispus a ocupar os ócios (?!) com a redacção de outro Compêndio, mas agora de Física, para o 2º ciclo dos liceus. Trabalhei nele afincadamente durante largos meses pois a tarefa era demorada por envolver três

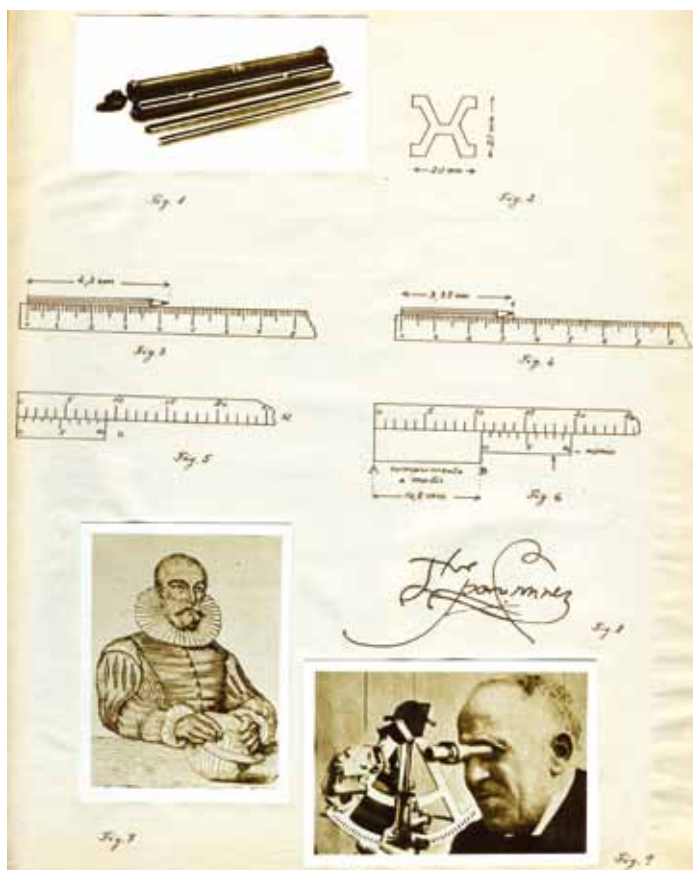


Fig. 2 - A primeiras 9 ilustrações do manuscrito das “Lições de Física Experimental para o 2º Ciclo dos Liceus” de Rómulo de Carvalho.

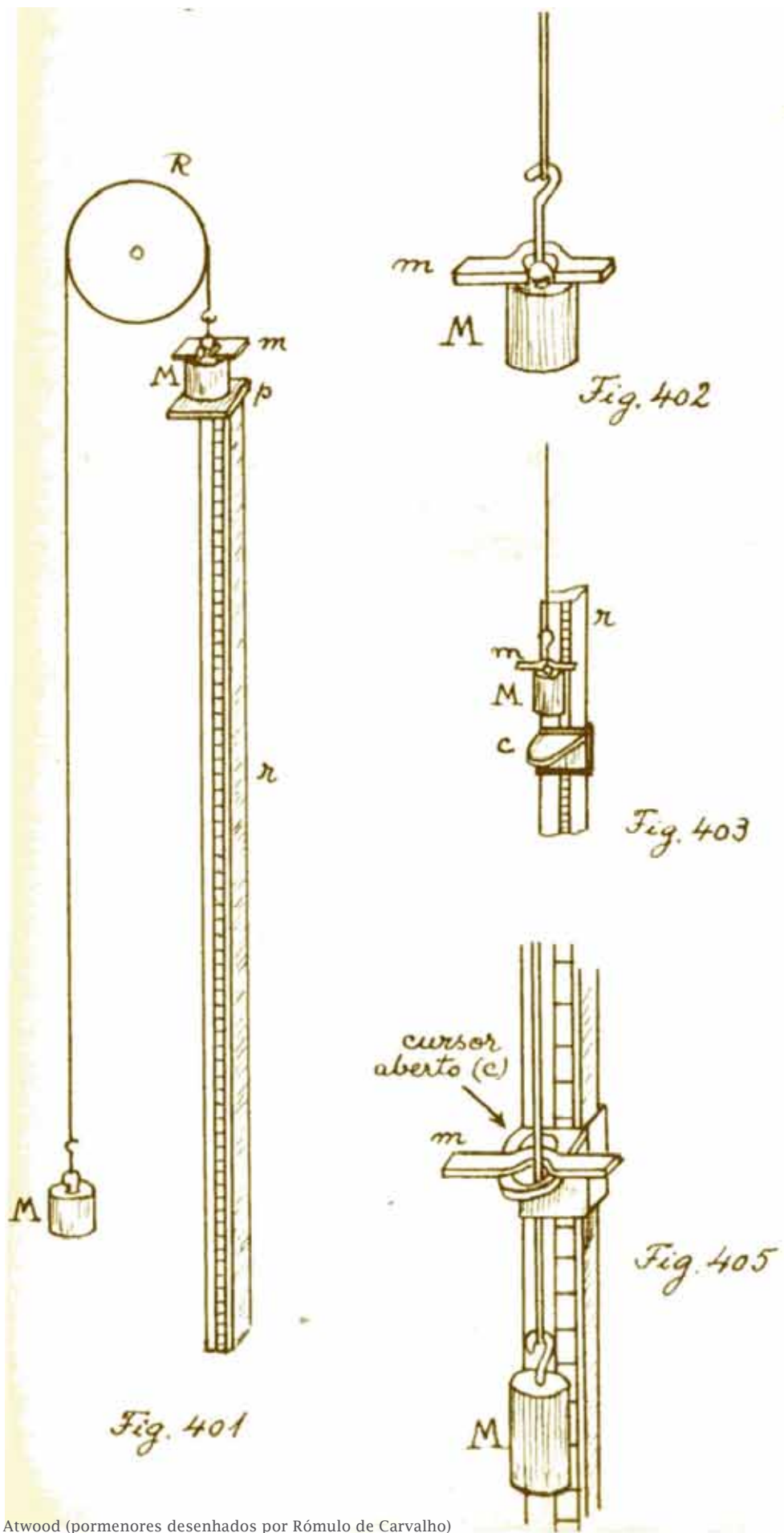


Fig. 3 - Máquina de Atwood (pormenores desenhados por Rómulo de Carvalho)

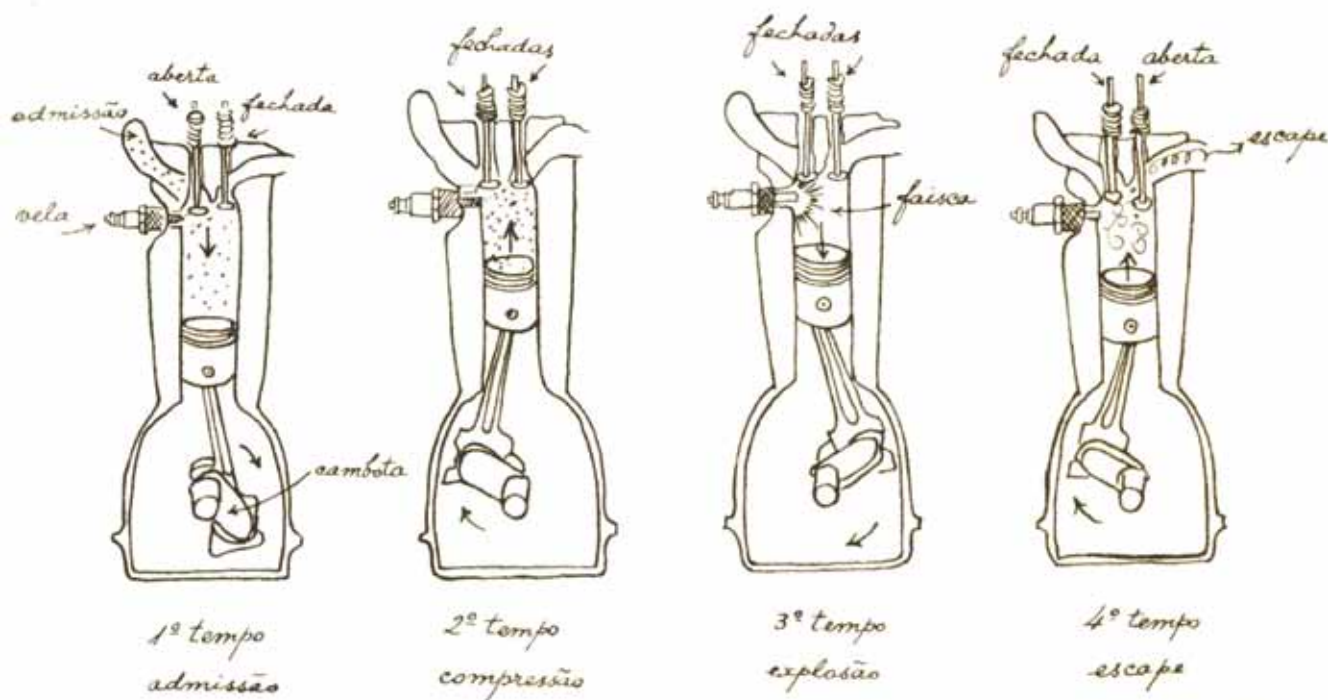


Fig. 4 - Esquema explicativo do funcionamento do motor de explosão (desenhos de Rómulo de Carvalho)

anos de curso, e penosa por, além do longo texto, exigir ilustração abundante, em grande parte fotográfica.

Foi um trabalho ingrato, cansativo e inútil. Não conservei os papéis relacionados com o assunto, nem sequer o texto do livro, (...)”.

Por felicidade, os “papéis” conservaram-se, e é possível encontrá-los no Arquivo Histórico do Ministério da Educação. Possuo um exemplar que me foi generosamente cedido pela Direcção do Arquivo, já que ao Autor era exigida a apresentação da obra em três exemplares. O Compêndio foi entregue em dois volumes: um volume de texto com 331 folhas A4 dactilografadas, e um volume contendo as gravuras que deveriam posteriormente aparecer integradas no texto, no seu lugar próprio, se e quando a obra fosse editada. As gravuras, desenhos na sua maior parte mas também fotografias, são em número de 577, cada uma acompanhada de apropriada legenda explicativa.

Rómulo deu à obra o título de “Lições de Física Experimental para o 2º Ciclo dos Liceus”. Tratar-se-ia hoje do 7º, 8º e 9º anos de escolaridade. O manuscrito está datado de 1958.

Numa breve nota dirigida aos relatores, o Mestre informa que “os desenhos foram executados por mim, o que justifica as suas insuficiências (...)” e, mais à frente: “as fotografias também foram, na quase totalidade, tiradas por mim, mas parece-me que, pelo menos em grande número de casos, estão em condições de permitirem uma boa repro-

dução (...)”

Duas notas sobre esta obra. A primeira observação, a de que está magistralmente redigida e organizada do ponto de vista da pedagogia e da didáctica; a segunda observação, que se aplica a toda a sua obra didáctica mas também à obra de investigação histórica, é a constante preocupação de Rómulo de Carvalho em relevar os valores nacionais: dos homens e das coisas, sem cair no panegírico falsamente patriótico. Era um Homem da nossa terra, capaz de um olhar crítico à sua volta, livre de preconceitos e de espírito de paróquia.

A obra de que falámos e que, como dissemos, foi irremediavelmente reprovada na altura, seria ainda hoje lida com grande proveito pela juventude escolar que se quisesse iniciar na Física.

Em todas as obras que escreveu, publicadas ou não, em especial, como é natural, nas livros escolares mas também em obras de divulgação científica, o propósito formativo e a mensagem pedagógica estão sempre presentes. Mesmo em trabalhos que se diria mais eruditos, a cada passo se revela a intenção de formar e não apenas de informar o eventual leitor.

Tenho em particular apreço uma pequena obra, em dois volumes, “Problemas de Física” para o então chamado “Curso Complementar dos Liceus” (na altura o 6º e o 7º anos) editados pela Livraria Atlântida de Coimbra em 1959 e 1960. O primeiro desses dois volumes, apresenta a abrir uma extensa introdução de quase 50 páginas — “Acerca da Resolução de Problemas de Física”. Nessa introdução Rómulo de Carvalho alarga-se em considerações muito judiciosas sobre o que significa bem resolver problemas

de Física. Fá-lo tendo em conta, naturalmente, a bagagem de conhecimentos correspondente ao nível de escolaridade ao qual se dirige mas ascende a nível qualitativamente muito superior e de muito mais vasto alcance no que toca à metodologia e à didáctica. É assim que enuncia as 5 “habilitações” que, “na sua maneira de ver”, são necessárias para bem resolver um problema de Física. A quarta dessas, é: “saber efectuar as operações numéricas que constam da expressão matemática utilizada na resolução do problema, para a obtenção do valor numérico da incógnita.” Sobre esta “quarta habilitação” discorre a seguir ao longo de quase 30 páginas. Logo de entrada faz notar o seguinte: “Efectuar uma operação numérica em Física não é o mesmo que efectuá-la em Matemática. É necessário e urgente, que os estudantes de Física saibam isto, que saibam que a Matemática opera com números e que a Física opera com valores de grandezas. Esta simples restrição modifica, por completo, não só a atitude de espírito de quem efectua a operação como o próprio resultado numérico da operação. Em Física não se soma, não se subtrai, não se multiplica, não se divide da mesma maneira do que em Matemática. Os métodos usados têm as suas regras especiais, devidamente fundamentadas. A ignorância ou o desprezo, destas regras conduz a disparatadíssimas consequências e inutiliza uma das possibilidades de maior valor educativo do ensino da Física.”

Aqui ficam alguns elementos — muito mais haveria a dizer — que podem ajudar a avaliar a dimensão e o mérito da contribuição de Rómulo de Carvalho para o ensino das ciências experimentais, em Portugal no decurso do século passado.



**Frederico Gama Carvalho**, nascido em 1936, é licenciado em Engenharia Electrotécnica pela Universidade do Porto, doutor em Engenharia Nuclear pela Universidade de Karlsruhe, e em Física, pela Universidade de Lisboa. Especializou-se em Física de neutrões de baixa energia. Membro fundador e dirigente da Organização dos Trabalhadores Científicos, é vice-Presidente da Federação Mundial dos Trabalhadores Científicos, cargo para o qual foi eleito em 2004.

#### Referências

- [ 1 ] In “*Memórias*”, p.176, Ed. Fundação Calouste Gulbenkian (2010)
- [ 2 ] In “*Memórias*”, p. 244
- [ 3 ] In “*A Ciência Hermética*”, Biblioteca Cosmos, Vol. nº118, p. 15, Ed. Cosmos (1947)
- [ 4 ] In Caderno de Iniciação Científica nº 1, Ed. Sá da Costa (1979)
- [ 5 ] In “*Memórias*”, p.351. Os “Cadernos de Iniciação Científica”, em número de 18, foram reeditados, num volume único, por “Relógio d’Água Editores” em 2004
- [ 6 ] In “*Memórias*”, pp. 243-44
- [ 7 ] Ver “*Rómulo de Carvalho na Universidade do Porto, 1928-1931*”, da autoria de José Moreira de Araújo. Ed. Universidade do Porto (Dez. 2006) (Apêndice 4)
- [ 8 ] Id. Apêndice 3
- [ 9 ] In “*Memórias*”, p. 245 e seguintes.
- [10] In “*Memórias*”, p. 283-84
- [11] In “*Memórias*”, p. 204
- [12] In “*Memórias*”, p. 229

# A Física na Universidade de Coimbra de 1900 a 1960

Leonardo, A. José F. <sup>(1)</sup>; Martins, Décio R. <sup>(2)</sup>; Fiolhais, Carlos <sup>(3)</sup>

Departamento de Física e Centro de Física Computacional, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

<sup>(1)</sup> ajleonardo@iol.pt

<sup>(2)</sup> decio@pollux.fis.uc.pt

<sup>(3)</sup> tcarlos@uc.pt

## Resumo

Condicionada por restrições financeiras e menos-prezada por razões culturais e ideológicas, a Física não foi uma área privilegiada em Portugal ao longo de quase todo o século XX. No entanto, alguns nomes destacaram-se na tentativa de melhorar o panorama dessa ciência entre nós, procurando manter o nosso país a par dos progressos mais recentes verificados lá fora. Alguns deles foram professores da Universidade de Coimbra, nas Faculdades de Filosofia e de Matemática até 1911, e da Faculdade de Ciências, que delas resultou, a partir dessa data. Apresentamos aqui esses físicos destacando os seus principais feitos.

A primeira década do século XX foi, no mundo, um período muito intenso na Física. As descobertas das décadas anteriores sobre a natureza da luz e a constituição da matéria não podiam deixar de ter impacto em Portugal.

## Os primeiros estudos sobre Raios X e Radioactividade

A descoberta dos raios X em Dezembro de 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen desencadeou um interesse quase imediato nos professores do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra (UC), em particular em Henrique Teixeira Bastos (1861-1943). No período de cerca de um mês após a publicação do artigo seminal de Röntgen, iniciaram-se em Coimbra as primeiras experiências nessa nova área que seriam relatadas num artigo publicado n' *O Instituto*, a revista da sociedade científica e literária coimbrã com o mesmo nome (Instituto de Coimbra - IC) e na imprensa nacional, designadamente na primeira página d' *O Século* de 1 de Março de 1896, ilustrado com as primeiras fotografias de raios X obtidas em Portugal. A variável transparência apresentada a esses raios por várias substâncias

e a capacidade deles sensibilizarem películas fotográficas permitia obter imagens fotográficas de corpos mais densos no interior de outros, designadas por "*photographia através dos corpos opacos*" [1]. A investigação privilegiou logo a sua aplicação ao diagnóstico médico, que rapidamente foi concretizada nos Hospitais da UC (Fig. 1). O jovem Egas Moniz (1874-1955), Prémio Nobel da Medicina em 1949, foi estudante de Teixeira Bastos, tendo colaborado nessas experiências pioneiras [2]. A realização das primeiras experiências em Coimbra, poucas semanas após a descoberta da nova radiação, explica-se pelo notável desenvolvimento alcançado pelo Gabinete de Física no final do século XIX,



Fig. 1: Radiografia da mão de um doente com tuberculose osteoarticular, realizada nos Hospitais da UC em 1896.

graças à acção de António dos Santos Viegas (1835–1914), um professor que trabalhou na UC ao longo de mais de cinco décadas, tendo chegado a ser Reitor.

Nos anos seguintes, prosseguiram em Coimbra os estudos dos raios X, tendo esse sido o tema da dissertação inaugural para o acto de conclusões magnas (prova final de curso) do licenciado em Filosofia Natural Álvaro José da Silva Basto (1873–1924) *Os raios cathódicos e os raios X de Röntgen*. Nessa tese, submetida em Maio de 1897, Silva Basto abordou os estudos experimentais com descargas eléctricas e raios catódicos, descrevendo as propriedades ópticas dos raios X e os seus efeitos luminescente, fotográfico e eléctrico. Discutiu os modelos teóricos relativos a esta radiação, centrando-se depois nas suas técnicas de produção e aplicação. Referiu a conferência de Henri Becquerel na Academia das Ciências de Paris, em 10 de Maio desse ano (escassas semanas antes da conclusão da dissertação!), e apresentou um estudo comparativo entre os novos raios de Becquerel e de Röntgen.

Na sequência dos raios X, a radioactividade surgiu também como uma nova área de estudo em Portugal, tendo Alexandre Alberto de Sousa Pinto (1880-1982), formado nas Faculdades de Filosofia e Matemática da UC apresentado, no seu concurso ao magistério na Academia Politécnica do Porto em 1902, a tese intitulada *Os raios de Becquerel*, onde revelou a investigação muito completa que tinha feito sobre as novas radiações. É este provavelmente o primeiro trabalho científico em Portugal onde são referidos os resultados de Marie Curie, então muito recentes.

Na sequência deste estudo, João Emílio Raposo de Magalhães (1884-1961), estudante da Faculdade de Filosofia da UC, escolheu, em 1906, como tema de tese da sua licenciatura *O Rádio e a Radioactividade*, tendo o respectivo conteúdo sido publicado num extenso artigo saído n' *O Instituto* nesse mesmo ano. Infelizmente, tal estudo não saiu do quadro teórico, não tendo sido então possível criar uma investigação experimental nesta área, dada "a falta de um corpo radioactivo, que em virtude do seu elevadíssimo preço o gabinete de physica da Universidade ainda não adquiriu" [3].

O interesse pelas novas descobertas foi confirmado dois anos depois com a dissertação inaugural para o acto de conclusões magnas de Egas Ferreira Pinto Basto (1881-1937), intitulada *Theoria dos Electrões*. Em 1914, Francisco Martins de Sousa Nazareth (1889-?) realizou um estágio de curta duração no laboratório de Marie Curie [4]. De regresso a Portugal, executou um dos primeiros trabalhos experimentais no nosso país sobre a detecção da radioactividade, tendo todo o equipamento sido montado no Laboratório de Física (Fig. 2), com a excepção de um eléctrodo de quadrante. Este trabalho foi publicado na dissertação que o autor apresentou no concurso para 2.º assistente da Faculdade de Ciências da UC, em 1915, intitulada *Ionização dos gases em vaso fechado*. No ano seguinte, publicou um artigo n' *O Instituto* onde descreveu o funcionamento do electrómetro de folha de ouro [5].

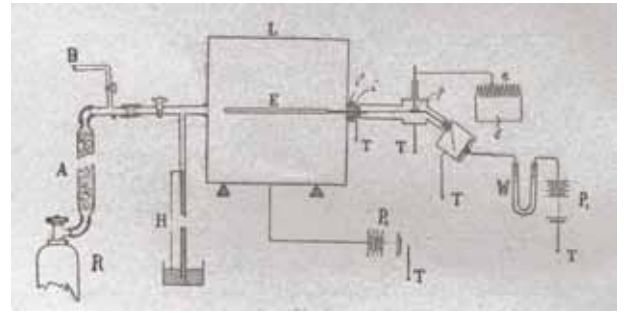


Fig. 2: Esquema do equipamento utilizado por Sousa Nazareth para detecção de radioactividade.

## Telegrafia sem fios (TSF)

Por outro lado, as novas possibilidades que surgiram com o desenvolvimento da TSF, usando os raios descobertos por Heinrich Hertz, geraram também muito interesse em Coimbra. Os avanços efectuados por Guglielmo Marconi mereceram significativa atenção. Em 1897, Teixeira Bastos delegou num seu aluno, António Velado Alves Pereira da Fonseca (1873-1903), o estudo das oscilações eléctricas. Este trabalho foi publicado em duas partes: a primeira (dissertação inaugural para o acto de conclusões magnas) refere-se à óptica das oscilações [6] e a segunda (dissertação para o concurso a um lugar de lente substituto) aos seus efeitos [7]. Augurava-se a Pereira da Fonseca uma intensa e frutuosa actividade académica e política, mas ele faleceu com apenas 30 anos.

Em 1903, Álvaro José da Silva Basto, professor de Química da Faculdade de Filosofia da UC (1903) e Director do Laboratório Chimico (1911), publicou seis artigos intitulados *Os fenómenos e as disposições experimentais de telegrafia sem fios* [8]. Neles descreveu os desenvolvimentos da nova tecnologia, com destaque para as inovações de Marconi e para os sucessos que já haviam sido alcançados na prática, incluindo as transmissões transatlânticas [9]. Em 1915, foi instalada uma antena de TSF na Torre da Universidade para permitir o acerto da hora do respectivo relógio através da recepção do sinal da Torre Eiffel, em Paris. Por iniciativa de Mário Silva (1901-1977) e do seu assistente João Soares Teixeira Lopes (1906-?), foi construído em 1933 um emissor de rádio aproveitando peças trazidas do Instituto do Rádio de Paris (Fig. 3). Estes trabalhos foram descritos num artigo de Teixeira Lopes na *Revista da Faculdade de Ciências da UC* [10]. O emissor foi montado no Laboratório de Física da UC, mas a almejada Emissora Universitária de Coimbra não vingou. Apesar da proibição de funcionamento, o emissor manteve-se operacional, tendo sido cedido aos CTT em 1941 após um ciclone ter cortado as comunicações de Coimbra com o exterior.

## As Ciências Geofísicas

Desde a fundação do Observatório Meteorológico e Magnético, ocorrida em 1863, que as ciências geo-

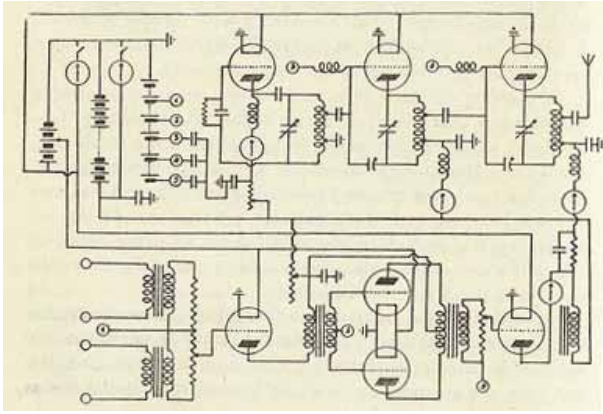


Fig. 3: Esquema do aparelho emissor de TSF do Laboratório de Física da UC.

físicas passaram a assumir relevo na Faculdade de Filosofia da UC. As observações meteorológicas e magnéticas, publicadas anualmente, eram partilhadas com várias dezenas de instituições nacionais e internacionais. António Santos Viegas tomou posse do lugar de director daquele Observatório em 1880, mantendo-se nesse lugar até à sua morte (Fig. 4). Um foco de intervenção de Santos Viegas foi a aquisição de novos instrumentos, não apenas para a meteorologia mas também para as determinações geomagnéticas e sismológicas. Nesta última área, Santos Viegas foi pioneiro a nível nacional.

Os primeiros registos sismológicos efectuados em Portugal tiveram lugar em Coimbra, tendo sido adquirido um primeiro sismógrafo ainda em 1891. Em 1903 foi montado um pêndulo horizontal de Milne, tendo sido logo iniciadas as primeiras observações, cujo principal responsável foi Egas Fernandes Cardoso e Castro (1885-?), um jovem bacharel da UC. Egas e Castro publicou, em 1909, um estudo sismológico no qual calculou a profundidade do hipocentro do sismo que afectou Benavente em 23 de Abril de 1909 [11]. A sua actividade em Coimbra foi contudo efémera, visto que se transferiu, nesse



Fig. 4: Santos Viegas (ao centro) e os seus ajudantes no Observatório Meteorológico e Magnético da UC (*Observações Meteorológicas, Magnéticas e Sismológicas*, 1914).

mesmo ano, para o Serviço Meteorológico dos Açores por falta de vaga no Observatório coimbrão.

No início do século XX assistiu-se a uma “*decadência acentuada*” [12] dos trabalhos nos observatórios meteorológicos de Coimbra, Porto e Lisboa, devido principalmente a dissidências internas, falta de apoio financeiro e carência de pessoal técnico. Na sequência da morte de Santos Viegas, Anselmo Ferraz de Carvalho (1878–1955) foi nomeado em 1914 director do OMM. Servindo-se de uma vasta colecção de dados meteorológicos, ele publicou, em 1922, um resumo das observações feitas no OMM da UC desde 1866, que intitulou *Clima de Coimbra* [13], onde se encontra uma análise pormenorizada dos dados recolhidos de 1866 a 1916.

Foi a convite de Ferraz de Carvalho que, em 23 de Maio de 1927, o meteorologista norueguês Jacob Bjerknes, da famosa Escola de Bergen, realizou em Coimbra uma conferência onde apontou o papel de Portugal na aplicação dos novos métodos de previsão meteorológica [14]. Após descrever a aplicação do método norueguês na previsão do tempo, baseado na teoria da frente polar, defendeu a criação de uma estação meteorológica internacional nos Açores, proposta que viria a ser concretizada dois anos depois [15].

Em 1946, o Instituto Geofísico da UC (designação adoptada pelo Observatório Meteorológico em 1925) foi integrado no Serviço Meteorológico Nacional.

### Reacções à Teoria da Relatividade

As notícias das descobertas revolucionárias de Albert Einstein, em 1905, tardaram a repercutir-se nos meios académicos e científicos portugueses [16]. A relatividade restrita foi abordada pela primeira vez em Portugal, em 1912, no âmbito de uma dissertação destinada ao concurso a um lugar de docente em Filosofia na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Foi seu autor o matemático Leonardo Coimbra (1883-1935), graduado pela Academia Politécnica do Porto. Mas Francisco de Miranda Costa Lobo (1864-1945) foi o primeiro cientista português a referir a teoria geral da relatividade de Einstein [17] num artigo publicado em 1917 n’*O Instituto*. Ele considerou-a, contudo, uma “*teoria vaga e quimérica*” [18], propondo, em alternativa, uma sua teoria da gravitação, a que chamou *Teoria Radiante*. Esta hipótese bastante exótica foi pela primeira vez comunicada ao Congresso da Associação Espanhola para o Progresso da Ciência, realizado em 1911 em Granada, tendo sido alvo de nova comunicação no congresso dessa associação de 1915, em Valladolid.

Costa Lobo desde cedo manifestou grande interesse na organização de missões para observar eclipses solares. Um exemplo foi o eclipse solar de 1914, em que uma comitiva liderada por ele não se inibiu de viajar até à Alemanha no preciso dia em que se iniciou a 1.<sup>a</sup> Guerra Mundial, na tentativa de se deslocar à península da Crimeia [19]. O eclipse solar de 29 de Maio de 1919, que seria visível na sua totalidade na ilha do Príncipe, foi anunciado n’*O Instituto* em 1917, num artigo de Frederico Tomás Oom (1864-1930), astrónomo do Observatório de Lisboa, mas, estranhamente, não

houve nenhuma iniciativa de uma missão científica nacional. A afirmação de Oom de que um fenómeno tão empolgante para a ciência faria da ilha uma estação apetecível para a observação do evento [20], não encontrou eco. A oposição de Costa Lobo à teoria geral da relatividade poderá ter suscitado a ausência de astrónomos portugueses na expedição inglesa, liderada por Arthur Eddington, à ilha do Príncipe, que confirmou a curvatura dos raios de luz pelo campo gravitacional do Sol predita pela teoria da relatividade geral. Em 1929, o físico francês Paul Langevin visitou Portugal, tendo proferido conferências nas Universidades de Lisboa, Coimbra e Porto. Apesar disso, a controvérsia sobre a teoria da relatividade manteve-se viva, sucedendo-se os artigos contra ela, pelas penas de Costa Lobo e Gago Coutinho (1869-1959), e a favor, da autoria de Manuel dos Reis (1900-93), Mário Silva, Egas Pinto Basto, etc. Manuel dos Reis foi o autor de uma dissertação sobre a teoria da relatividade restrita e geral no seu concurso para professor catedrático de Matemática em 1930 [21], tendo no mesmo ano Mário Silva publicado as suas *Lições de Física*, que já incluíam os princípios da relatividade. A teoria da relatividade tinha sido ensinada pela primeira vez na Faculdade de Ciências de Lisboa em 1922 [22].

### Costa Lobo e a Astrofísica Solar

Em 1925 foi criada no Observatório Astronómico da UC uma secção de astrofísica, dedicada, em particular, ao estudo dos fenómenos cromosféricos solares. Esta nova área tornou-se viável pela instalação de um espectroheliógrafo, instrumento que permite obter imagens monocromáticas da cromosfera solar (Fig. 5). O aparelho, similar ao que existia no Observatório de Meudon (Paris), um dos mais avançados no mundo, permitiu trocar observações entre os dois observatórios, no quadro de uma campanha mundial de monitorização dos fenómenos solares.

Tal desenvolvimento da astrofísica em Portugal teve como mentor Francisco Costa Lobo, então director do Observatório de Coimbra. Costa Lobo contou com o apoio de Henri

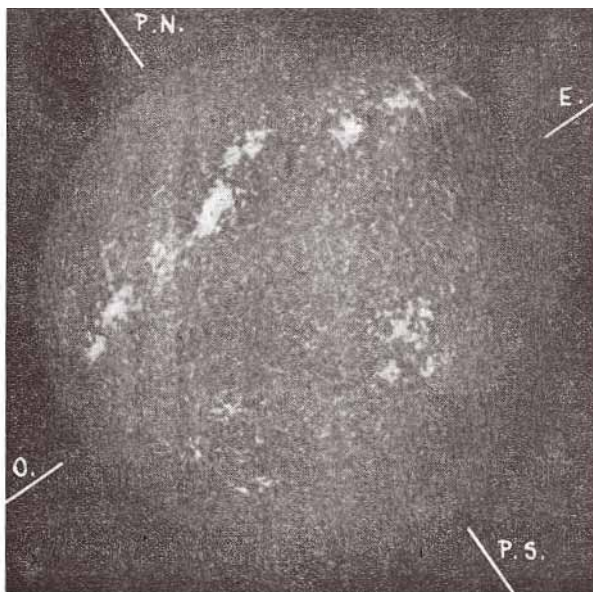


Fig. 5: Primeiro heliograma obtido a 12 de Abril de 1925 (in Lobo, F. M. da C., “Les nouveaux instruments spectrographiques”, *O Instituto*, 73 (1926), p. 136)

Deslandres, director do Observatório de Meudon, e do assistente deste, Lucien D’Azambuja, cujo nome revela a sua ascendência portuguesa. Através da cooperação com Paris, o equipamento de Coimbra foi sendo melhorado à medida que se introduziam inovações no instrumento de Meudon, estando ainda hoje operacional. Um protagonista essencial na sua utilização foi Gumersindo Sarmiento de Costa Lobo (1896-1952), filho de Francisco Costa Lobo, que, após ter realizado um estágio em Meudon em 1923, colaborou na instalação do espectroheliógrafo e fomentou a investigação subsequente. Os resultados obtidos em Coimbra entre 1929 e 1944 foram publicados nos *Anais do Observatório Astronómico da UC – Fenómenos Solares*. Os espectroheliogramas foram também partilhados com Meudon, permitindo colmatar lacunas nas observações francesas, e encaminhados para Zurique a fim de integrarem o *Bulletin for character figures of solar phenomena*, publicado pela União Astronómica Internacional, que, a partir de 1928, passou a recolher observações solares de vários observatórios mundiais. A cooperação iniciada então com Meudon permanece nos dias de hoje [23].

### Marie Curie e Mário Silva

Uma figura incontornável da Física portuguesa do século XX foi o já referido Mário Augusto da Silva que desde cedo se dedicou com afinco às novas descobertas da física, beneficiando do conhecimento directo que teve com alguns dos grandes vultos científicos da época. Após a conclusão do curso na Faculdade de Ciências da UC, com grande distinção, e quando já era professor assistente, partiu em 1925 para Paris, autorizado pela UC. Chegado a Paris, e servindo-se do apoio do ex-primeiro-ministro Afonso Costa que lá se encontrava exilado, apresentou o seu projecto de doutoramento a Marie Sklodowska Curie, que o convidou a trabalhar no seu laboratório no Instituto do Rádio. Permaneceu em Paris até 1929, mantendo durante esse período colaboração com vários jornais, em particular *O Instituto*, onde publicou dois artigos. O primeiro, em 1926, escrito em co-autoria com Marcel Laporte, também ele colaborador de Madame Curie, sobre a *Mobilidade dos iões negativos e correntes de ionização no árgon puro*, foi apresentado na Academia das Ciências de Paris, em 19 de Julho de 1926, e o segundo, contendo uma nova determinação do período do polónio [24], foi apresentado por Jean Perrin na mesma Academia em 24 de Janeiro desse ano.

Apesar do seu regresso compulsivo a Portugal (tinha sido convidado a permanecer mais tempo em Paris no Instituto do Rádio), desde logo Mário Silva demonstrou a sua vontade de renovar o ensino coimbrão, que tantas lacunas apresentava. Ele próprio tinha detectado as insuficiências na sua preparação quando chegou a Paris. O seu grande sonho foi a

criação de um moderno centro de investigação em radioactividade, o Instituto do Rádio em Coimbra. Estiveram também envolvidos nesse projecto Ferraz de Carvalho, pela Faculdade de Ciências, e Feliciano Guimarães e Álvaro de Matos, pela Faculdade de Medicina. Teixeira Bastos, à época Director do Laboratório de Física, empenhou-se na concretização deste ambicioso projecto, para o qual estava prevista a colaboração de Salomon Rosenblum (este físico chegou mesmo a estar indigitado para o dirigir). À semelhança do Instituto do Rádio de Paris, o de Coimbra foi planeado para ter duas secções: uma no Laboratório de Física (no rés-do-chão do Colégio de Jesus) e outra na Faculdade de Medicina (Laboratório de Radiodiagnóstico e de Radioterapia). Apesar de ter sido adquirido e montado algum equipamento, numa altura em que se previa a vinda de Madame Curie a Coimbra para o inaugurar, o projecto fracassou devido, segundo Mário Silva, a “*inexplicável teimosia*” [25]. Em 1946, este professor foi preso pela polícia política de Salazar em virtude do envolvimento na oposição ao regime, o que lhe custou a expulsão da UC no ano seguinte e um longo afastamento da função pública até aos anos 70, tempo em que teve de recorrer a explicações e a outros expedientes para subsistir.

### Guido Beck e a Física Teórica

Foi por intermédio de Mário Silva que, em 1941, o físico austríaco Guido Beck (1903-1988), especialista em teoria quântica, chegou a Portugal. Na altura, Beck encontrava-se no Instituto de Física Atómica de Lyon, na zona livre de França, mas o facto de ter a cidadania de um país inimigo e, principalmente, de ser judeu, condicionava a sua liberdade. Por estas razões escreveu a Mário Silva solicitando abrigo em Portugal para continuar as suas pesquisas. Beck chegou a Coimbra em Dezembro de 1941, de posse de autorização de residência por alguns meses, como professor de Física visitante. Convidou logo para seu assistente José Luís Rodrigues Martins (1914-1994), que viria a tornar-se o primeiro doutorado português em física teórica com a dissertação - *Da Influência das forças de “spin” nas reacções entre partículas nucleares*, em 1945 (de facto, foi o único até 1960 [26]). Após uma primeira tentativa de realizar um curso em Lisboa sobre a Teoria Quântica (interrompido pelo Ministério da Educação), que contava com a colaboração de Manuel Valadares (1904-1982) e de Aurélio Marques da Silva (1905-1965), do Centro de Física de Lisboa, iniciou em Junho de 1942 um curso sobre essa teoria em Coimbra onde participaram outros professores da UC, como Mário Silva, que foi publicado na *Revista da Faculdade de Ciências da UC* [27]. Durante a sua estada em Coimbra, Beck publicou dois artigos na *Physical Review*, o primeiro em co-autoria com o chinês Tsian San Tsiang (*Nuclear levels of the compound Li-5*), com quem Beck tinha trabalhado em Lyon em temas de estrutura nuclear [28], e o

segundo com Rodrigues Martins (*Spin inversion processes and nuclear spectroscopy*). Estes são os únicos artigos internacionais publicados por professores de física com endereço na UC até 1960, de acordo com o *ISI Web of Science*. Beck orientou também um seminário de Física Teórica no Porto, tendo aceitado orientar um segundo aluno, António Fernandes de Sá, que não viria a concluir a sua dissertação por motivos económicos. Tendo terminado a bolsa concedida pelo Instituto para a Alta Cultura (IAC), Beck aceitou um convite para um lugar de astrofísico no Observatório de Córdoba, na Argentina, para onde viajou em Maio de 1943. Rodrigues Martins rescindiu contrato com a UC em 1949, tendo regressado à sua terra natal, Lourenço Marques.

### Almeida Santos e o moderno Departamento de Física

Em 1930, Teixeira Bastos, então director do Laboratório de Física da UC, decidiu enviar o assistente João Rodrigues de Almeida Santos (1906-1975) para o conceituado laboratório de William Lawrence Bragg, filho de Henry Bragg, com quem tinha partilhado, ainda muito novo, o prémio Nobel de 1915 pelos trabalhos em cristalografia de raios X. Beneficiando de uma bolsa da Junta de Educação Nacional, Almeida Santos partiu para a Universidade de Manchester, onde trabalhou até 1935, quando concluiu a sua tese doutoral sobre a difracção de raios X. De regresso a Coimbra, desenvolveu a investigação em sólidos com raios X [29], tendo conseguido adquirir um aparelho através de um subsídio da IAC. Foi nomeado Director do Laboratório de Física, em 1948, e Director do Instituto Geofísico de Coimbra, no ano seguinte, lugar em que só permaneceu durante ano e meio. A partir de 1952, dirigiu a secção de Física da Comissão de Estudos de Energia Nuclear, que seria renomeada Centro de Estudos de Física Nuclear de Coimbra. Dois anos depois acompanhou o presidente da Junta de Energia Nuclear a centros de investigações britânicos, sendo encarregado por esta Junta de integrar a missão que viajou, em 1956, a França e à Grã-Bretanha para escolher o acelerador de partículas a ser instalado no futuro Laboratório de Física e Engenharia Nuclear, em Sacavém.

Almeida Santos distinguiu-se sobretudo pela sua actividade docente, ao ensinar uma nova geração de físicos da UC. Participou no movimento de renovação da Física da década de 1960, que teve como principal motivação a possibilidade de explorar a energia nuclear, e estimulou a admissão de bolseiros portugueses em centros ingleses de Física Nuclear. Em 1948, integrou a comissão responsável pelo projecto das novas instalações da Faculdade de Ciências [30]. Embora tendo estado prevista a montagem de um acelerador de partículas em Coimbra, ela não se veio a concretizar. Almeida Santos colaborou no planeamento do actual edifício de Física e Química, na Rua Larga (Fig. 6), sendo considerado por alguns o “*fundador do moderno Departamento de Física*” [31]. Deixou sementes que vieram a frutificar nos anos 60 e, mais ainda, nas décadas seguintes, quando a Física finalmente se desenvolveu em Portugal de um modo nunca antes visto.

Em resumo, a UC abrigou estudos em raios X e radioactividade, física médica, electromagnetismo (ondas hertzia-



Fig. 6: Departamento de Física da Universidade de Coimbra.

nas), astrofísica (actividade solar), geofísica (meteorologia e sismologia), teoria da relatividade, física nuclear (radioactividade, física teórica) e física da matéria condensada (raios X). Por vezes fê-lo de uma forma isolada, sem colaborar suficientemente com as Universidades de Lisboa e Porto. Foi pena que perseguições políticas tenham impedido tentativas de afirmação da Física e a formação de uma escola. Os anos do pós-guerra foram de alguma inacção, que só viria a ser progressivamente ultrapassada quando a energia nuclear passou a ser, nos anos 50 e 60, um pólo de interesse nacional.



**António José F.**

**Leonardo**, professor de

Física e Química do Ensino Secundário e Mestre em Ensino da Física e da Química, é doutorando em História e Ensino da Física na Faculdade de Ciências e Tecnologia da UC (FCTUC), com uma tese intitulada *O Instituto de Coimbra e a evolução da Física e da Química em Portugal de 1852 até 1952*. É autor de vários artigos sobre história da ciência em revistas internacionais.



**Décio R. Martins** é

professor no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Publicou vários trabalhos sobre a História da Física em Portugal e sobre a História dos Instrumentos Científicos. É coordenador dos estágios dos ramos educacionais dos cursos de Física e Química da UC e responsável científico pelas colecções de Física do Museu de Ciência da Universidade de Coimbra.



**Carlos Fiolhais**

é professor no Departamento de Física

da FCTUC. Em paralelo

com a sua actividade na investigação e no ensino superior, tem trabalhado na ensino básico e secundário e na compreensão pública da ciência, em particular publicando manuais escolares assim como livros de divulgação. Com D. R. Martins é autor de *História Breve da Ciência em Portugal* (Imprensa da Universidade de Coimbra e Gradiva). Foi até há pouco Director da Biblioteca Geral da UC.

## Referências

- [1] Bastos, H. Teixeira, "Raios X de Röntgen." *O Instituto*, 43 (1896), pp. 38, 274.
- [2] Moniz, Egas, *Conferências Médicas*. Coimbra: Imprensa da Universidade (2008).
- [3] Magalhães, João de, "O rádio e a radioactividade." *O Instituto*, 53 (1906), pp. 309-314, 357-365, 433-440, 485-493, 551-561, 614-622, 684-694, 726-737; 54 (1907), pp. 37-46, 98-111, 154-162.
- [4] Fitas, Augusto J. S., "A Ciência em Portugal ao longo do séc. XX (cenos exemplares de um percurso incompleto)." *Prelo* 3 (set.-dez. 2006) (<http://home.uevora.pt/~afitas/Prelo-vfWEB.pdf>)
- [5] Nazareth, Francisco Martins de Sousa: "Sobre um electrómetro de folha de ouro", *O Instituto*, 63 (1916), pp. 4-12.
- [6] Fonseca, A. A. M. Vellado Alvez Pereira da, *Oscilações Eléctricas. I Optica das oscillações. Dissertação inaugural para o Acto de Conclusões Magnas na Faculdade de Filosofia Natural da Universidade de Coimbra*. Coimbra: Typographia França Amado (1897).
- [7] *ibid.*, *Oscillações Eléctricas. II Efeitos das oscillações. Dissertação para o concurso a um lugar de Lente Substituto da Faculdade de Filosofia Natural da Universidade de Coimbra*. Coimbra: Typographia França Amado (1897).
- [8] Basto, Álvaro, "Os Phenomenos e as disposições experimentaes da telegraphia sem fio." *O Instituto*, 50 (1903), pp. 279-284, 354-359, 408-414, 467-473, 676-680, 734-738.
- [9] Leonardo, A. J. F.; Martins, D. R.; e Fiolhais, C., "A Telegrafia Eléctrica nas páginas de "O Instituto" - Revista da Academia de Coimbra." *Revista Brasileira de Ensino da Física*, Vol. 31, n.º 2 (2009) - <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/312601.pdf>
- [10] Lopes, J. Teixeira, "O emissor TSF do Laboratório de Física da UC." *Revista da Faculdade de Ciências da UC*, Vol. 3 (1933), pp. 44-49.
- [11] Castro, Egas de, "Geodynamica Tellurica. Calculo provisório da profundidade do hypocentro do sismo de 23 de Abril de 1909." *O Instituto*, 56 (1909), pp. 585-599 .
- [12] Peixoto, J. Pinto; e Ferreira, José F. V. G., *As Ciências Geofísicas em Portugal. História e desenvolvimento da ciência em Portugal*. Lisboa (1986), p. 281
- [13] Carvalho, Anselmo Ferraz, *Clima de Coimbra. Resumo das Observações feitas no Observatório Meteorológico da Universidade de Coimbra desde 1866*. Lisboa: Imprensa Nacional, pp. 41-46 (1922).
- [14] Bjerknes, J., "Les bases scientifiques et techniques de la Prévision du Temps et le rôle du Portugal à ce rapport". *O Instituto*, 75 (1928), pp. 90-111.
- [15] Leonardo, A. J. F.; Martins, D. R.; Fiolhais, C., "The Meteorological Observations in Coimbra and the Portuguese participation in Weather Forecast in Europe." *Earth Sciences History*, 30-1 (2011), pp. 135-162.
- [16] Fiolhais, Carlos (Coordenação), *Einstein entre nós. A recepção de Einstein em Portugal de 1905 a 1955*. Coimbra. Imprensa da Universidade (2005).
- [17] Mota, E.; Crawford, P.; Simões, A. "Einstein in Portugal: Eddington's expedition to Príncipe and the reactions of Portuguese astronomers (1917-25)." *British Journal for the History of Science*, 1-29 (2008).
- [18] Lobo, F. M. da C., "Explicação física da atracção universal." *O Instituto*, 64 (1917), pp. 611-613.
- [19] Lobo, F. M. da C. "O eclipse de 21 de Agosto de 1914." *Revista da Universidade de Coimbra*, 3 (1914), pp. 605-618.
- [20] Oom, Frederico, "O eclipse total do Sol em 29 de Maio de 1919 visível na ilha do Príncipe." *O Instituto*, 64 (1917), pp. 97-98.
- [21] Reis, M. dos, *O Problema da Gravitação Universal*, Coimbra (1930).
- [22] Fitas, Augusto J. dos S. "A Teoria da relatividade em Portugal no Período entre Guerras". *Gazeta da Física*, vol. 27-2 (2004), 4-10.
- [23] Leonardo, A. J. F.; Martins, D. R.; and Fiolhais, C., "Costa Lobo and the study of the Sun in Coimbra in the first half of the Twentieth century." *Journal of Astronomical History and Heritage*, 14-1 (2011), pp. 41-56.
- [24] Silva, Mário A., "Radioactivité. Sur une nouvelle détermination de la période du polonium." *O Instituto*, 74 (1927), p. 773.
- [25] Crato, Nuno, "O aluno de Madame Curie." Instituto Camões (2003), - <http://cvc.instituto-camoes.pt/ciencia/e14.html>
- [26] Fitas, A.J., and António A.P. Videira, "Guido Beck, Alexandre Proca, and the Oporto Theoretical Physics Seminar." *Physics in Perspective*, 9 (2007), 4-25.
- [27] Beck, Guido, "Introduction à la Théorie des quanta." *Revista da Faculdade de Ciências da UC*, Vol. 10, (1942) pp. 92-178.
- [28] Nussenzveig, H. M., "Guido Beck: 1903-1988". *Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas* (1989) - [http://cbpfin-dex.cbpf.br/publication\\_pdfs/Cs00289.2010\\_09\\_06\\_12\\_36\\_58.pdf](http://cbpfin-dex.cbpf.br/publication_pdfs/Cs00289.2010_09_06_12_36_58.pdf)
- [29] Santos, J. R. de Almeida, "Estudo, pelos raios X, do fosforogestato de prata." *Revista da Faculdade de Ciências da UC*, Vol. 16, pp. 5-66 (1947).
- [30] Dias, João F.; Costa, R. Couceiro da; e Santos, J. R. de Almeida; *Programas das novas instalações*. Universidade de Coimbra (1948/1949).
- [31] Sampayo, Luís M. V., *Doutor João Rodrigues de Almeida Santos. O Investigador, o Professor e o Homem. "Homenagem ao Prof. Dr. João Rodrigues de Almeida Santos"* (Abril de 1997) - [http://www.fis.uc.pt/xt/pessoas/Homenagem\\_Almeida\\_Santos.pdf](http://www.fis.uc.pt/xt/pessoas/Homenagem_Almeida_Santos.pdf)

# O ano 1947 e o Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa

Ana Simões

Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

aisimoes@fc.ul.pt

## Resumo

Entre 1929 e 1947, sob a liderança conjunta de Cirilo Soares (1883–1950) e Manuel Valadares (1904–1982), o Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa constituiu a única escola de investigação em física experimental de sucesso existente em Portugal [1]. A sua dissolução em 1947, na sequência das expulsões de Valadares, Marques da Silva (1905–1965) e Armando Gibert (1914-1985), a que se seguiu o pedido solidário de aposentação de Soares, foi sempre apresentada como resultado de consequências exclusivamente políticas. Argumenta-se aqui que não foram apenas questões políticas - mas também questões de política científica - que estiveram por trás deste acontecimento [2].



Fig. 1 - Cirilo Soares (1883-1950).  
Cortesia do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa.

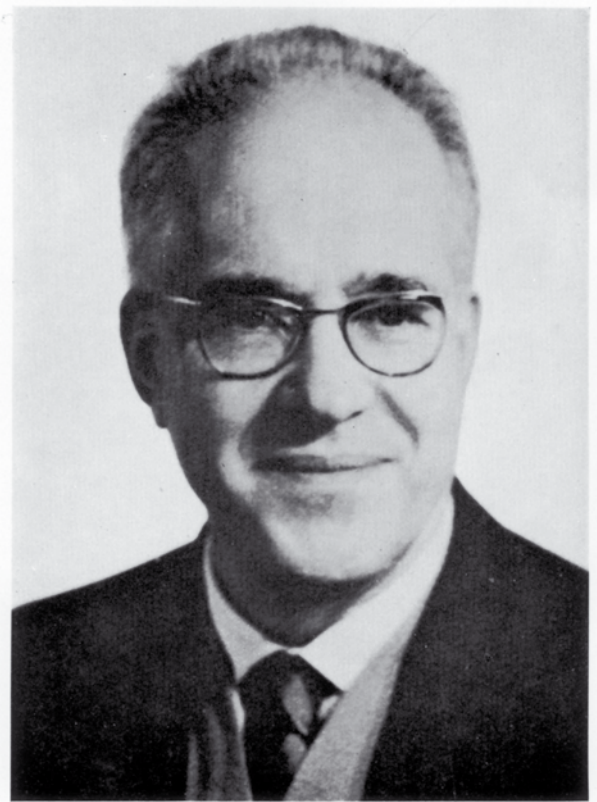


Fig. 2 - Manuel Valadares (1904-1982).  
Cortesia da Sociedade Portuguesa de Física.

## O contexto político português do pós-guerra

A seguir à vitória dos aliados, Portugal viveu momentos efémeros de abertura ao mundo. A Assembleia Nacional foi dissolvida e marcaram-se eleições para Novembro de 1945. Foram dados 10 dias para a submissão de candida-



Fig. 3 - Flávio Resende (1907-1967).  
Cortesia do Professor Fernando Catarino.

turas e apenas um mês para a campanha eleitoral. Muito rapidamente a oposição, que até então tinha sobrevivido na clandestinidade, organizou reuniões e reclamou uma extensão do período de preparação das eleições. Assinada por milhares de cidadãos de vários quadrantes da sociedade, desde trabalhadores manuais a intelectuais, esta petição incluía os nomes de Soares, Valadares e Marques da Silva (Gibert encontrava-se ausente no estrangeiro) [3].

Ao mesmo tempo a publicitação das actividades da oposição vinha a público através de notícias distribuídas por alguns jornais diários, tais como os *República* e *Diário de Lisboa*, e a revista *Seara Nova*. E o Movimento de Unidade Democrática (MUD) constituía-se, congregando republicanos, anti-fascistas de vários matizes políticos e membros do Partido Comunista Português, até à sua dissolução pelo regime em Janeiro de 1948. Entre os seus membros contavam-se Valadares, o pensador António Sérgio, o matemático Ruy Luis Gomes e o físico Mário Silva [4]. Valadares foi um entre vários intelectuais que criticaram publicamente, e por escrito, várias das medidas governamentais. Chamou a atenção para a necessidade da reforma do ensino universitário, remodelação dos cursos e sua actualização de acordo com os mais recentes avanços científicos e, finalmente, para a necessidade imperiosa de apoiar os bolseiros, que regressavam ao país após estágios no estrangeiro, concedendo-lhes todas as condições, materiais e institucionais, para que pudessem desenvolver criativamente a sua investigação científica [5].

Negado o pedido de extensão do período eleitoral, o ambiente foi-se deteriorando nos meses seguintes. Sublevações militares tiveram lugar, em Outubro de 1946 e Abril de 1947, em paralelo com greves dos trabalhadores industriais. Em Junho de 1947, foi anunciada a demissão de 21 professores e assistentes universitários por alegadamente terem contribuído para a agitação social e política que então se vivia. A nota oficiosa afirmava que: "É sabido que houve professores e assistentes que ostensiva ou veladamente animaram a agitação e os agitadores. Mostraram interessar-lhes mais o apostolado ideológico do que o exercício do seu munus docente." [6] Entre os demitidos encontravam-se os professores catedráticos de botânica e geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, respectivamente Flávio Resende

(1907-1967) e Torre de Assunção (1901-1987) e os assistentes de física da mesma instituição, Valadares, Marques da Silva e Gibert.

Vários pedidos de recurso se seguiram. No da autoria de Valadares recusava-se liminarmente a acusação de contaminação das práticas de ensino por postulados ideológicos [7]. Alguns dos recursos foram aceites, outros não. Valadares nunca obteve qualquer resposta. Não é, talvez, de admirar que Resende e Assunção tenham sido readmitidos pouco depois, não tendo acontecido o mesmo com Valadares. Ambos eram professores catedráticos com desprezável envolvimento político; Valadares era primeiro assistente, mais activo politicamente e autor, como já se viu, de artigos de jornal em que criticava abertamente a política científica do regime [8]. Com o afastamento dos três assistentes de física e o pedido de aposentação de Soares, que viria a morrer poucos anos depois, as actividades no Laboratório de Física viriam a ser retomadas com a contratação do físico espanhol Julio Palacios (1891-1970), catedrático da Universidade de Madrid e investigador do Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, que vinha mantendo ligações estreitas com o Laboratório de Física de Soares-Valadares. Em 1948, Valadares foi contratado como Chargé de Recherche no Laboratoire de l'Aimant Permanent do Centre National de la Recherche Scientifique, em Bellevue, chefiado pelo seu amigo Salomon Rosenblum. Viria a ser promovido a Maître de Recherche, em 1959, sucedendo a Rosenblum. Em Paris, Valadares integraria também o Conselho Mundial para a Paz, um organismo de clara inclinação soviética [9]. Afastado, mas sempre presente, Valadares conti-

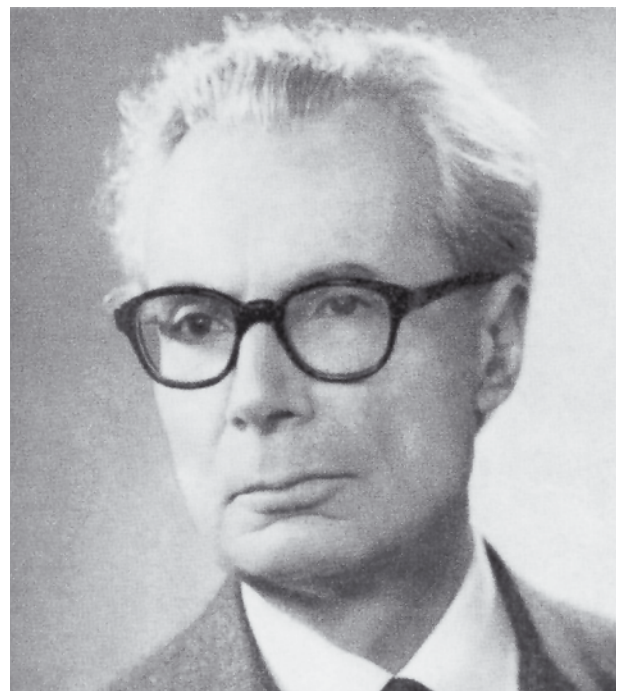


Fig. 4 - Torre de Assunção (1901-1987).  
Cortesia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

nuou a apoiar a investigação do grupo da antiga colaboradora e amiga, Lúcia Salgueiro (1917-2009). Marques da Silva não retomou as suas actividades como professor e regressou à profissão de engenheiro civil. Gibert foi reintegrado, mas acabou por abandonar a Faculdade após o não reconhecimento do seu doutoramento no estrangeiro pela Universidade de Lisboa.

## Discussões em torno de uma nova prática de investigação científica

### *Os acontecimentos de 1947 vistos pelo catedrático de botânica Flávio Resende*

Na primeira reunião do Conselho Escolar da Faculdade de Ciências em que Resende participou depois dos acontecimentos de 1947 [10], o irreverente catedrático pediu que ficasse registada em acta a resposta que tinha enviado ao director da faculdade, o químico aristocrata António Pereira Forjaz, após a sua readmissão [11]. Dizia:

Aproveito a oportunidade para informar V. Ex<sup>a</sup> que tenho de concluir, da justiça feita, pelo Governo da Nação, às alegações do meu recurso, que *o nosso afastamento não resultou de motivos de ordem política – nunca fui político na acepção partidária da palavra – mas antes das nossas atitudes na dedicação que sempre pusemos na defesa integral da eficácia do ensino superior*. Sob o meu ponto de vista pessoal – dado os convites que do estrangeiro me foram dirigidos – não me regozijo pela minha reintegração. *Como português porém felicito-me ao verificar que o Governo do meu País conseguiu desfazer a camuflagem urdida, em volta da verdadeira questão, apoiando implicitamente o prosseguir da minha “política” que é unicamente a do fomento da verdadeira cultura* [12].

Ao afirmar que o verdadeiro motivo da sua expulsão não era político mas tinha que ver com “a defesa integral da eficácia do ensino superior”, que associava “ao fomento da verdadeira cultura”, Resende optava abertamente por recordar a luta que travara, em conjunto com Torre de Assunção e Soares, para introduzir na Faculdade de Ciências uma nova concepção de investigação científica [13]. Desde que integrara o Conselho Escolar, composto por todos os catedráticos da instituição, então um grupo de menos de 10 elementos [14], tinha pugnado activamente, pela sua prática diária, pelo ideal que transmitia aos alunos e a todos os que com ele trabalhavam no Instituto Botânico, assim como pelas discussões no seio do Conselho, por uma nova visão da investigação na Faculdade de Ciências. E continuou a fazê-lo, naturalmente, depois da sua readmissão.

A nova concepção de investigação científica baseava-se em trabalho de investigação original e não



Figura 5 - A sala de reuniões do Conselho Escolar. Cortesia da Biblioteca Central da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

no mero domínio de conhecimentos bem estabelecidos; na especialização por contraponto ao enciclopedismo e ao psitacismo; em novas práticas experimentais por contraste com o saber livresco; no papel dos supervisores na orientação dos jovens assistentes, combatendo a tradição do seu abandono ao auto-didactismo; de teses de doutoramento apresentadas em poucos anos (quatro anos em média) por contraste com a tradição do eterno assistente que, ao longo de décadas, reproduzia as práticas dos seniores; da relevância dada à investigação original face à nota de licenciatura na avaliação do candidato a doutor; da importância da criação de condições materiais adequadas, tanto ao nível da diminuição das horas de docência como das condições de investigação, capazes de impor um novo estilo de assistente; da atribuição de regências teóricas apenas aos doutorados; do combate à ideia de que os júris de avaliação de teses e concursos não podiam, nem deviam, ser constituídos apenas pelos docentes mais graduados da escola, mas tinham que abrir-se a especialistas do exterior [15]. Assim, uma minoria de membros do Conselho, de que faziam parte Soares, Resende e Assunção, apostava na progressiva profissionalização e internacionalização da investigação científica dos docentes, juniores e seniores, da faculdade. À leitura do depoimento de Resende no Conselho Escolar seguiram-se outras manifestações públicas. Numa nota acrescentada à reedição de 1948 de um texto escrito em 1945, este voltou a referir-se ao resultado da luta que travara desde que tinha entrado para a Faculdade de Ciências de Lisboa, cheio de ideias e vontade de alterar o *status quo*:

Em 1937, vindo da Alemanha, onde tinha acabado de me doutorar, encontrei, no Porto, um velho assistente da Universidade, meu amigo, que me disparou esta pergunta: “Ouvi dizer que V. vinha com intenções de continuar aqui a dedicar-se à investigação científica?” Afirmando-lhe que sim, achou de amigo avisar-me: “De facto há quem faça, mas

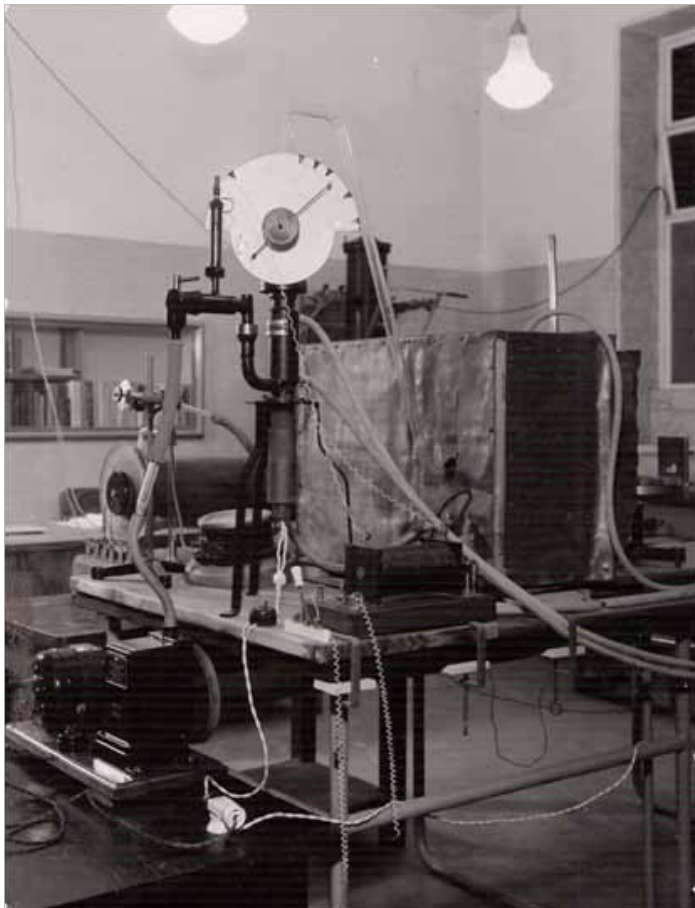


Fig. 6 - Instalação para estudos de espectroscopia de raios X, montada por Valadares no Laboratório de Física. In Manuel Valadares, "O núcleo atômico e os espectros de riscas de raios X," Revista da Faculdade de Ciências N° 3 (1943).

devo dizer-lhe que *é de todas as distrações cá da terra a única perigosa.*" Ri-me e só dez anos depois compreendi bem, apreciando então a velha sabedoria e a grande amizade deste antigo companheiro! [16]

Dez anos depois corria o ano turbulento de 1947, e da academia eram eliminados, por uma multiplicidade de motivos, entre os quais se contava uma nova visão da investigação científica, professores e assistentes considerados indesejáveis.

### ***Os acontecimentos de 1947 vistos pelo catedrático de geologia Torre de Assunção***

À leitura da declaração de Resende seguiu-se o depoimento de Torre de Assunção, que não só se solidarizou com a declaração do colega como recordou a história do Laboratório de Física do período Soares-Valadares, que acabara de ser desmembrado, pois se ele e Resende tinham sido readmitidos, o mesmo não acontecera com os colegas de física. Para piorar a situação, num gesto de solidariedade, Soares, que já se encontrava doente há muito, pedira a aposentação, abandonando o seu cargo de director do Laboratório de Física, tristemente convicto de que o seu trabalho de quase duas décadas não era, afinal, reconhecido pela tutela [17]. Ele que se considerava um produto do antigo meio, fruto da velha tradição, "anterior à era pro-investigação cien-

tífica," [18] tinha tido a visão e a capacidade de a materializar, tornando o seu laboratório numa escola de investigação de sucesso. Assim, pela prática, mais do que pelas palavras, sabendo rodear-se de jovens investigadores chefiados por Valadares, o seu braço direito, mostrara que era possível introduzir na Faculdade de Ciências, no interior da universidade, uma nova cultura experimental. Provava que não só era possível criar condições para investigar, como formar discípulos, enviando uns para o estrangeiro, atraindo outros, nacionais e estrangeiros, de fora e de dentro da faculdade, todos eles capazes de continuarem o projecto do Laboratório de Física. Fizeram-no através do seu trabalho experimental, das suas publicações nacionais e estrangeiras, da pertença a redes internacionais e da criação de novas revistas. Era, afinal, possível construir uma escola e demonstrar que um físico podia ser um investigador, um profissional, e não apenas um professor de física. Esta escola de investigação, surgida numa periferia da Europa, partilhava singularmente de muitas das características das escolas de investigação dos centros científicos [19]. Por tudo isto Soares, Valadares e o Laboratório de Física tornaram-se incómodos para a maioria dos seus colegas.

Era esta história que Torre de Assunção recordava, esperando que as suas palavras fossem tomadas de boa-fé, nunca como pretexto de especulação política de qualquer tipo. Queria que ficasse claro que o Laboratório de Física não era uma "mistificação cultural" mas, ao contrário, tinha sido "o departamento cuja actividade científica mais contribuía não só para prestigiar a Faculdade, como também a própria cultura nacional." [20] Novamente, tratava-se da afirmação de uma nova cultura científica, baseada na originalidade e na especialização, capaz de atravessar fronteiras e ser reconhecida no estrangeiro. Assunção terminara a sua intervenção exortando o Conselho Escolar a lutar pela reintegração dos assistentes de física. Nada aconteceu por uma variedade de razões, entre as quais se encontravam divergências no seio do Conselho quanto à forma de implementar uma nova prática de investigação científica, tendo naturalmente pesado também as diferentes inclinações políticas dos seus membros face ao regime ditatorial.

A relevância do problema e as dissensões no seio do Conselho, ao longo de mais de uma década, convidam a reinterpretar os acontecimentos que conduziram às expulsões de 1947 de alguns membros da Faculdade de Ciências de Lisboa. Não foram exclusivamente questões políticas, como veiculado na interpretação historiográfica tradicional, mas também questões de política científica; não foram só acontecimentos exteriores à academia, mas principalmente debates no interior da própria academia, que espoletaram o processo que conduziu à decisão governamental. Tudo leva a crer que questões políticas tenham fornecido à academia

um álibi para resolver os seus próprios problemas internos, naturalmente apoiada pelo governo.

## Conclusões

Na verdade, apesar da Constituição Universitária de 19 de Abril de 1911 se referir às novas universidades como motores capazes de fazer “progredir as ciências pelo trabalho dos seus mestres, e iniciar um escol de estudantes nos métodos de descoberta e invenção científica,” [21] não foi fácil passar da pena do legislador à prática do cientista. Se a legislação introduziu ideias inovadoras no contexto português, mais difícil se revelou mudar as mentalidades. Não é pois de espantar que, ao longo de toda a década de 1940 e nos anos seguintes, os membros do Conselho discutissem os termos da implementação de um novo *ethos* de investigação. Alguns, como Resende e o geneticista José Antunes Serra, publicaram sobre o tema [22]. Uma mudança radical de hábitos exigia um debate intenso esgrimido em vários fóruns.

Se a investigação científica devia ser pura ou aplicada, e o que entendiam ao referirem-se a estas categorias, são questões que não preocupavam os membros do Conselho. O patamar de discussão era ainda outro: que investigação interessava à faculdade, e que condições era necessário criar para que esta pudesse medrar? Paralelamente a estas discussões, o trabalho diário de investigação em física experimental no Laboratório de Física mostrava que, mesmo em condições precárias, era possível fazer investigação científica pautada por padrões internacionais. Certamente que os debates animados a que nos referimos foram necessários à lenta consolidação de um novo *ethos* de investigação no seio da Faculdade de Ciências. No que respeita à física, a importância dos vários usos da energia nuclear levaria o regime a encontrar finalmente, na década de 1950, uma utilidade para a investigação neste domínio.



**Ana Simões** é Historiadora das Ciências e Professora da Faculdade de Ciências de Universidade de Lisboa. Coordena também o Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia, que agrega investigadores da Universidade de Lisboa e da Universidade Nova de Lisboa.

## Referências

- [1] Ver Júlia Gaspar e Ana Simões, “Physics on the Periphery: A Research School at the University of Lisbon under Salazar’s Dictatorship”, a sair em *Studies in the History of Natural Sciences*, Setembro de 2011. E ainda Júlia Gaspar, A Investigação no Laboratório de Física da Universidade de Lisboa 1929-1947, Braga, 2009 e Júlia Gaspar, Maria do Mar Gago e Ana Simões, “Scientific Life under the Portuguese Dictatorial Regime (1929-1954): the Community of Geneticists and Physicists”, *HoST*, 3, 2009. Disponível em <http://www.johost.eu/?oid=90&act=&area=6&ri=1&itid=>;
- [2] A tese defendida neste artigo baseia-se numa análise das informações contidas nas Actas do Conselho Escolar da Faculdade de Ciências de Lisboa, durante muito tempo perdidas, entretanto reencontradas e recentemente disponibilizadas ao público. Agradeço ao arquivista Vítor Gens ter-me posto ao corrente da sua redescoberta. Dada a importância desta reinterpretação histórica dos acontecimentos de 1947, na sua relação com a Faculdade de Ciências de Lisboa, a sua discussão aparecerá a público simultaneamente neste artigo e nas seguintes publicações: Júlia Gaspar e Ana Simões, “Physics on the Periphery: A Research School at the University of Lisbon under Salazar’s Dictatorship”, a sair em *Studies in the History of Natural Sciences*, Setembro de 2011; Ana Simões, Ana Carneiro, Maria Paula Diogo, Luís Miguel Carolino, “Da Escola Politécnica e da Faculdade de Ciências de Lisboa. Construções identitárias e culturas científicas” in Sérgio Campos de Matos, Jorge Ramos do Ó, eds., *A Universidade de Lisboa (1834-2003) - da Revolução liberal à actualidade*, Lisboa, Tinta da China, a publicar em Setembro de 2011.
- [3] “O momento político. O problema das eleições,” *Seara Nova*, 948 (1945), suplemento.
- [4] “O momento eleitoral”, *República*, 11 de Novembro de 1945.
- [5] Manuel Valadares, “As Faculdades de Ciências devem ser reformadas porque, tal como funcionam actualmente, são, quando muito, liceus de primeira classe,” *República*, 22 de Outubro de 1945.
- [6] “O Governo resolveu afastar do serviço efectivo por motivos de ordem pública alguns oficiais e professores,” *Diário de Lisboa*, 15 de Junho de 1947.
- [7] Lídia Salgueiro, “Vida e obra de Manuel Valadares,” *Gazeta de Física*, Nº 6, pp. 2-12 (1978), inclui grande parte do recurso de Valadares.
- [8] As ligações de Valadares ao Partido Comunista, desde a década de 1940, foram tornadas públicas em José Pacheco Pereira, Álvaro Cunhal. Uma biografia política, “Duarte”, o dirigente clandestino (1941-1949), vol. 2, Lisboa, Temas e Debates, 2001, pp. 758-762.
- [9] PIDE, “Ficha de Informação,” *Arquivos Nacionais da Torre do Tombo (ANTT)*, PIDE-DGS, Manuel José Nogueira Valadares, SR 229/47 NT2592, pp. 289-91.

- [10] Fernando Catarino, “Flávio Ferreira Pinto Resende (1907-1967). Desorganizado, mas mestre” in Ana Simões, org., *Memórias de Professores Cientistas*. Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa 1911-2001, Lisboa, 2001, pp.78-89.
- [11] Aspectos da história da Faculdade de Ciências podem ser encontrados em Ana Simões, Ana Carneiro, Maria Paula Diogo, Luís Miguel Carolino, “Da Escola Politécnica e da Faculdade de Ciências de Lisboa. Construções identitárias e culturas científicas” in Sérgio Campos de Matos, Jorge Ramos do Ó, eds., *A Universidade de Lisboa (1834-2003) - da Revolução liberal à actualidade*, Lisboa, Tinta da China, a publicar em Setembro de 2011. Pereira Forjaz foi o primeiro doutorado da Faculdade de Ciências (1917).
- [12] Arquivo Histórico do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa (AHMCUL), Lv. 1442, p. 65v. Sessão 23 de Outubro de 1947. Telegrama enviado a 29 de Setembro de 1947 por Flávio Resende a Pereira Forjaz. Itálico meu.
- [13] Para além da biografia de Resende já citada ver ainda Carlos Matos Alves, “Torre de Assunção (1901-1987). Um enciclopedista do século XX” in Ana Simões, org., *Memórias de Professores Cientistas*. Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa 1911-2001, Lisboa, 2001, pp. 58-65; Rui Moreira, “Cyrillo Soares (1883-1950). O início da investigação em física na FCL” in Ana Simões, org., *Memórias de Professores Cientistas*. Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa 1911-2001, Lisboa, 200, pp. 20-24.
- [14] Durante este período os elementos do Conselho Escolar eram os seguintes: Victor Hugo Lemos e Ramos e Costa na matemática, Ressano Garcia no desenho, Pereira Forjaz na química, Cirilo Soares na física, Ricardo Jorge na zoologia, Torre de Assunção na geologia e Flávio Resende na botânica.
- [15] Estas discussões estenderam-se, de forma pitoresca e contundente, principalmente pelos livros nº 7 e nº 8 das Actas do Conselho Escolar. AHMCUL, Lv. 1441. Actas do Conselho Escolar. Livro nº 7. Abril 1933 a 28 Julho 1944; Lv. 1442. Actas do Conselho Escolar. Livro nº8. 18 Novembro 1944 a 1952. Para dar alguns exemplos, e ilustrar as clivagens que dividiram os membros do Conselho, refira-se que o decreto-lei nº 31658 de 21 Novembro de 1941, que estabelecia o período de 3 anos para o doutoramento, foi designado por “lei maléfica” por Vitor Hugo Lemos que defendia a tradição do “super-licenciado” (Livro 8, p.28 e p.4v), enquanto Resende lhe chamou a “lei benéfica” (Livro 8, p.28v). Quanto ao peso da nota de licenciatura face ao trabalho produzido, Resende usou o contraste entre “classificações naturais” e “artificiais” (Livro 8, p.7v) para mostrar que a avaliação do candidato devia integrar vários factores, não sendo a nota de licenciatura o determinante, enquanto o matemático Vicente Gonçalves assemelhava a licenciatura do candidato a um “sudário onde se amortalham aspirações” (Livro 8, p.13).
- [16] Flávio Resende, “A Investigação Científica e a Importância Nacional da Universidade”, Artigo de divulgação do Instituto Botânico, Nº 1, pp. 1-11 (1948), p.3, itálico meu. O impacto deste artigo pode ser avaliado pelas suas sucessivas republicações, entre as quais *Sciencia* (revista da Associação de Estudantes da FCUL), Nº 2, pp. 20-24 (1950).
- [17] AHMCUL, Lv. 1442, p.65. Sessão de 25 de Julho de 1947. Perante as reacções de mágoa de todos os colegas pela sua resolução, Soares “folga por poder dar conta que, mesmo aqueles com quem por vezes esteve em desacordo, prestam justiça às suas intenções, mas afirma que a sua resolução é irrevogável, não só por reconhecer que as suas qualidades físicas lhe vão faltando, não lhe permitindo cumprir como desejaria com as suas obrigações de Professor, mas ainda por julgar bastante prejudicada a obra de investigação científica levada a efeito no Laboratório de Física” (itálico meu).
- [18] AHMCUL, Lv. 1442, p.13. Sessão de 22 de Dezembro de 1944; p.66v. Sessão de 23 de Outubro de 1947.
- [19] No que se refere à noção de escolas de investigação ver Gerald L. Geison, “Scientific Change, Emerging Specialties, and Research Schools”, *History of Science*, Nº 19, pp. 20-40 (1981); Gerald L. Geison e Frederic L. Holmes, orgs., “Research Schools: Historical Reappraisals”, *OSIRIS*, Nº 8 (1993). Para a questão da ciência nas periferias europeias ver Kostas Gavroglu, Manolis Patiniotis, Faidra Papanelopoulou, Ana Simões, Ana Carneiro, Maria Paula Diogo, Jose Ramon Bertomeu-Sánchez, Antonio Garcia-Belmar, Agusti Nieto-Gálan, “Science and Technology in the European Periphery. Some Historical Reflections”, *History of Science*, Nº 46, pp.153-175 (2008).
- [20] AHMCUL, Lv. 1442, pp.66-66v, Sessão de 23 de Outubro de 1947.
- [21] Decreto com força de lei de 19 de Abril de 1911, publicado no Diário do Governo, Nº 93, de 22 de Abril de 1911.
- [22] Exemplos entre vários são: Flávio Resende, “A Investigação Científica e a Importância Nacional da Universidade”, Artigo de divulgação do Instituto Botânico, Nº 1, pp. 1-11 (1948); “Problemas de há 150 anos,” Artigo de divulgação do Instituto Botânico, Nº 5, pp. 1-11 (1947); José Antunes Serra, “Cultura Científica e Nível de Vida”, Artigo de divulgação do Instituto Botânico, Nº 7, pp. 1-174 (1957).

# As primícias da Mecânica Quântica e a aventura da Física Teórica em Portugal<sup>(1)</sup>

Augusto José dos Santos Fitas

Departamento de Física (e Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência), Universidade de Évora, APARTADO 94, 7002-554 ÉVORA

afitas@uevora.pt

<sup>(1)</sup> A investigação das matérias divulgadas neste artigo foi feita no âmbito do projecto POCTI/HCT/37742/2001, apoiada pela FCT e co-financiada pelos fundos FEDER da Comunidade Europeia.

## Resumo

Neste artigo descrevem-se alguns dos factos mais relevantes da introdução da Mecânica Quântica nas escolas superiores portuguesas, bem como o aparecimento dos primeiros trabalhos de investigação que podem estar associados a esta disciplina. Conta-se a história da tentativa de, com êxito, organizar e por a funcionar, no início da década de 1940 do século passado, um seminário de física teórica na Universidade do Porto. Uma iniciativa onde intervêm professores das universidades de Coimbra, Lisboa e Porto que pela sua associação a físicos estrangeiros conseguem levar por diante uma iniciativa inovadora e pioneira, mas de muito curta duração.

## Introdução

Pode afirmar-se que, no ensino da Física em Portugal e ao longo da primeira metade do século XX (sem dificuldade este período poder-se-ia estender por mais alguns lustros), a Física Teórica (FT) esteve ausente dos anfiteatros das universidades portuguesas. Para explicar tal ausência, concorriam, entre outros, dois factores: primeiro, a associação da Física à prática laboratorial e de observação fenomenológica, o seu ensino estava confinado à formação em Ciências Físico-Química e a disciplinas propedêuticas das engenharias; segundo, só na licenciatura em Matemática, abrangendo matemáticos e astrónomos, existia a Física Matemática, disciplina a que, na prática docente portuguesa, se associavam os tópicos desenvolvidos na FT e que não fazia parte do plano de estudo dos cursos de Físico-Química e de engenharia.

Não é de estranhar que tópicos como a Teoria da Relatividade, restrita e generalizada, tenham sido

ministrados em Portugal no século passado, no início da década de vinte, numa disciplina da licenciatura em Matemática, e, só em meados da década de trinta, a cinemática relativista fosse apresentada aos estudantes de Físico-Química. O outro grande tema da FT contemporânea, a física quântica e todas as suas derivações (física nuclear, estrutura da matéria, física de partículas elementares, etc.) situavam-se completamente à margem dos *curricula* oficiais. Foi também em plena década de trinta do século passado que, em diversos cursos e devido ao interesse particular do professor, eram feitas referências a este novo ramo da física, contudo não existia nenhuma disciplina ou seminário que o abordasse de um modo sistemático.

Recorra-se às memórias de Mário Silva (1901-1977): “Os números da revista inglesa *Nature* 107 e 108, de 1921, publicaram (...) artigos de Bohr subordinados ao título *Atomic Structure* (...) [em 1922] já assistente de Física da Faculdade de Ciências de Coimbra (...) o assunto era completamente desconhecido nos programas das cadeiras de Física e Química desse tempo” [1]. E isto aconteceu na véspera da sua partida para Paris, onde se doutorou sob orientação de Mme Curie. Bolseiro da universidade, M. Silva sentiu, na sua estada parisiense, a falta de preparação científica, especialmente em Física e Matemática, que lhe permitisse acompanhar o nível científico do Laboratório Curie, decidindo frequentar diversos cursos de FT e Matemática na Sorbonne e no Collège de France [2]. Foi o próprio M. Silva, já doutorado e de regresso à sua universidade, que promoveu, no início da década de trinta uma série de conferências sobre temas de física moderna, cujo objectivo era, segundo as suas palavras: “(...) fazer discutir entre nós, no nosso pequenino meio coimbrão, todas aquelas questões que, nos últimos trinta anos mais têm agitado a Física (...) algumas

doutrinas novas, não menos sensacionais, como a dos Quanta e da Relatividade (...)” [1]. As conferências realizaram-se semanalmente, delas conhecem-se os títulos, os palestrantes e, de algumas, os seus conteúdos na medida em que animaram os primeiros números da, então recentemente criada Revista da Faculdade de Ciências de Coimbra.

O ambiente vivido nesta escola é ilustrativo do que se passaria nas outras universidades do país, não obstante referências esporádicas feitas por diversos professores aos sucessos da teoria quântica na explicação do modelo atómico e à importância da FT nos planos curriculares das escolas alemãs. Em Portugal, o desenvolvimento, ou a exposição lectiva, dos modelos teóricos aplicados às teorias físicas estava reservado sobretudo aos matemáticos praticantes da física matemática.

### **Mira Fernandes do IST e Ruy Luís Gomes da Faculdade de Ciências do Porto**

Em Janeiro de 1933, escrevia Mira Fernandes (1884-1958), professor catedrático de matemática do IST, para Ruy Luís Gomes (1905-1984), professor catedrático de matemática no Porto: “(...) estes resultados da teoria geral das matrizes têm muito a ganhar na sua relação com os símbolos  $\delta$  de Dirac. O livro do Van der Waerden, como naturalmente já notou, não é aquilo que nós esperávamos... depois de ter lido o Weyl (...) Vou fazer brevemente as minhas duas lições sobre os Conceitos Modernos da Mecânica, nos altos estudos. Lições-prólogo d’aquela curso que alguns alunos me andam a pedir, desde o ano passado, como já lhe disse. Curso que farei a seguir, numa das minhas escolas (...) Lá lhe mandarei, quando impressas, as duas lições: a primeira sobre coisas da relatividade e unitarismo do campo físico, a segunda sobre quantismo. São simples balanços do estado actual das teorias (...)” [3].

A conversa da carta gira claramente em torno da Mecânica Quântica, o que é reforçado pelos autores referidos. O livro de van der Waerden deveria ser “Die gruppentheoretische Methode in der Quantenmechanik” publicado em 1932. Este algebrista holandês era, desde 1931, professor de matemática na Universidade de Leipzig e, portanto, colega de Heisenberg. Pode ter sido o contacto com o grupo de Heisenberg que o levou à elaboração deste livro. E a obra de Weyl, autor conhecido de ambos pelo livro dedicado à teoria da relatividade “Raum-Zeit-Materie” de 1918, a que se alude na carta era o “Gruppentheorie und Quantenmechanik”, publicada em 1928, com uma segunda edição em 1931 e que só virá a ser traduzida em inglês no princípio da década de cinquenta [3]. A citação termina com uma referência ao curso sobre as “Modernas Concepções da Mecânica” que M. Fernandes proferiu no Instituto de Altos Estudos da Academia das

Ciências e amplamente divulgadas na imprensa nacional da época. Este curso inaugurou a actividade deste Instituto cujo propósito essencial era permitir que os “não académicos” assistissem às lições dos “académicos”.

M. Fernandes, embora dispendesse um pouco mais de metade do tempo das lições, e espaço na respectiva versão escrita, na abordagem das teorias da relatividade restrita e generalizada — matérias que eram objecto privilegiado da sua investigação científica [3] —, reservou o tempo (e espaço) restante para a Mecânica Quântica [4]. No que se refere ao “quantismo”, este inicia-se com apresentação, de forma resumida, dos principais aspectos da hipótese dos quanta e as suas conseqüentes aplicações aos resultados experimentais da Física Atómica. M. Fernandes detém-se na explanação matemática. Quase a terminar, escreve: “(...) observemos, antes de mais nada, como o conceito de probabilidade se introduziu na mecânica quântica, dando-lhe feição estatística (...) tínhamos efectuado o enlace entre a teoria matricial de Heisenberg-Dirac com a teoria de Broglie-Schrödinger, mas nem por isso estávamos mais adiantados sob o ponto de vista da determinação numérica das grandezas físicas, num dado instante (...) interpretamos simultaneamente o quadrado do módulo duma certa matriz transformadora e o quadrado do módulo da função de onda como representativos de uma certa probabilidade, aliando assim as duas teorias” [4]. Embora não citasse qualquer bibliografia, o autor estava a par do fundamento das discussões em curso e, em todo o texto, são referidos os principais intervenientes na construção da Mecânica Quântica. No seu curso de Mecânica Racional no IST, disciplina do terceiro ano das engenharias, M. Fernandes reservava algumas aulas para tratar tópicos desta mecânica que constituíam a oitava parte do seu curso [5]. Embora sem investigação neste domínio da Física, pode dizer-se que Mira Fernandes foi o introdutor nos anfiteatros universitários da teoria quântica, apresentando neste campo o que de mais actual se fazia em FT. Só os futuros engenheiros tinham a possibilidade de ouvir falar destas teorias.

A Mecânica Quântica é um tema que persiste na correspondência entre M. Fernandes e R.L. Gomes nos anos de 1934 e 1937. Para este último, em meados da década de trinta e no princípio da década seguinte, a sua área de trabalho na Física Matemática era de facto a Mecânica Quântica, o que se pode considerar como uma possível influência do contacto com Mira Fernandes [3].

R.L. Gomes doutorou-se em matemática, na Universidade de Coimbra em 1928 com uma tese de Mecânica Racional. Entre 1930 e 1937, as suas contribuições científicas foram submetidos à Academia dos Linceus em Roma, publicando cerca de uma dúzia de comunicações nos “Rendiconti”. Se os trabalhos feitos por R.L. Gomes a partir do seu doutoramento podem ser, maioritariamente, classificados no domínio da Mecânica Racional, a partir de 1933 ou 1934 começará a publicar trabalhos de Física-Matemática sobre Mecânica Quântica: “Les matrices de Dirac dans un espace riemannien” (1934), “L’operateur S, operateur de Schrodinger” (1935), “Quelques considerations sur l’equation fondamentale de la nouvelle conception de la lumière de

Louis de Broglie”(1935), “Sur la propriété de l’opérateur H de Louis de Broglie” (1935) e “Sur les systèmes de Dirac au sens large” (1937) . Este último suscitara da parte de Louis de Broglie (1892-1987) algumas linhas escritas ao professor do Porto: “J’ai examiné cette note et il me paraît en effet que vous donnez une méthode très simple pour faire la démonstration donnée sous une autre forme par M. Pauli dans ses conférences à l’Institut Henri Poincaré (...)Votre méthode me paraît donc intéressante” [6].

E R.L. Gomes, uma meia dúzia de anos mais tarde, numa carta a Guido Beck (1903-1988), físico austríaco de origem judaica e de passagem por Portugal, quando o convidava para participar no Seminário de Física Teórica (SFT) no Porto, confidenciava-lhe, em carta de Fevereiro de 1942: “(...) espero ainda que lhe seja possível conciliar a sua actividade em Coimbra com uma série de lições de FT, aqui no Porto (...) e não há necessidade de lhe dizer que pode contar comigo para delinear qualquer tema que tenha uma relação mais estreita com o domínio da Física Matemática do qual me ocupo de momento aqui, no Porto, isto é, a Mecânica Quântica(...)” [7].

### A chegada de Guido Beck a Portugal

Fugindo da barbárie nazi, já com uma ampla experiência de ensino em países de diversas tradições culturais e regimes políticos — assistente de Heisenberg em Munique, professor convidado nas universidades de Praga, Kansas e Odessa, investigador no instituto de Bohr em Copenhaga e bolseiro em Paris e Lyon — e uma produção científica relevante [8,9], Beck, depois da passagem pelo campo de internamento de Chambereau nos Pirinéus franceses [10], chegou à Universidade de Coimbra no Natal de 1941. Bolseiro do IAC<sup>2</sup> em Coimbra e estudando a possibilidade de organizar um curso em Física Teórica, foi o seu anfitrião, M. Silva, que lhe apresentou o assistente Rodrigues Martins (1914-1994), o seu primeiro estudante português a terminar com êxito, apesar de algumas vicissitudes, as suas provas de doutoramento [7]. Embora instalado em Coimbra, Beck procurou trabalhar com todos os físicos portugueses e, no princípio de Fevereiro de 1942, o Centro de Física de Lisboa anunciava as suas lições de “Introduction à la théorie des quanta”. O francês era a língua de comunicação entre Beck e a comunidade científica portuguesa.

Apesar da expectativa, as lições não chegaram a acontecer; por motivos alheios aos organizadores Beck foi impedido, por directiva do IAC, de dar o seu seminário [7]. Foi neste ambiente de frustração e prepotência que, deslocando-se propositadamente a Lisboa para assistir ao curso, R.L. Gomes conheceu este físico teórico e é deste encontro que nasceu o contacto epistolar anteriormente referido. Regressado a Coimbra, Beck continua o seu trabalho, ministrando, em Março, o curso sobre Química Quântica. No dia 21 desse mesmo mês, começou, na Faculdade de Ciências de Coimbra, uma série de conferências subordinadas ao título geral “Introdução Física e Filosófica à Teoria dos Quanta”. Nestas conferências, além de Guido Beck que se encarregou da primeira (“O problema da Física

Teórica”) e da quinta (“Mecânica Quântica”), entrevistaram Diogo Pacheco de Amorim, Manuel dos Reis, Vicente Gonçalves, M. Silva, Couceiro da Costa, Almeida Santos, Jorge Gouveia, António Júdice, R. Martins e Magalhães Vilhena. Os três primeiros eram Professores Catedráticos de Matemática, Júdice era Assistente da mesma disciplina; M. Silva e Almeida Santos eram Professores, respectivamente, Catedrático e Extraordinário de Física, enquanto R. Martins era Assistente da mesma disciplina; Couceiro da Costa e Jorge Gouveia eram Professores, respectivamente, Catedrático e Extraordinário de Química; Magalhães Vilhena era Assistente de Filosofia e o responsável pelo conteúdo filosófico do curso [11].

Ao reler-se o texto da conferência de abertura de Beck, publicado num número da Revista da Faculdade de Ciências e posteriormente editado em separata, rapidamente se percebe o objectivo de Beck. Nesta lição dá, além da ideia do que entende por FT, aquilo que considerava ser o conteúdo do programa de investigação actual desta disciplina. Falava um praticante do ofício e para os portugueses, seus ouvintes, aquilo era de facto uma novidade: “(...) Je veux d’abord insister sur deux notions qui se présentent: celle de l’ensemble des mesures expérimentales dans un certain domaine de phénomènes et celle de l’image théorique qui permet de classer ces phénomènes et de prédire, qualitativement ou quantitativement, le résultat d’une mesure dans ce domaine (...) Le but de la physique théorique est de décrire l’ensemble des phénomènes physiques. Nous ne savons pas si une telle description est réalisable et quelles difficultés s’y opposeront (...)” [12]. Eis uma perspectiva nova, não só para os físicos matemáticos — mais habituados à conjectura sobre os utensílios matemáticos do que à sua adequação à realidade experimental que, na generalidade, não conheciam —, como também para os físicos, se não para todos, pelo menos para a grande maioria que olhavam para a pesquisa experimental sem a perspectiva duma descrição fenomenológica de conjunto, limitando-se, em muitos casos, a coleccionar dados.

Após as conferências dos três catedráticos da Matemática, Beck apresentou ao auditório o seu curso de “Mecânica Quântica”. Duma forma sucinta, as matérias tratadas são: a cinemática quântica e o seu “esquema” matemático; as relações de incerteza e a dinâmica quântica; os diferentes aspectos da mecânica quântica, alguns exemplos; o caso limite da mecânica clássica; a teoria das perturbações; o spin do electrão; o problema de vários corpos; a estatística quântica; a teoria do electrão de Dirac; a natureza do electrão; os integrais da equação de Dirac; a cinemática do electrão relativista; as propriedades da transformação das equações de Dirac. E o curso foi interrompido exactamente quando Beck desenvolvia as suas lições. M. Silva era infor-

<sup>2</sup> Instituto para a Alta Cultura

mado, no início de Junho, que a “autorização de residência” de Beck no país não seria prolongada, o que implicava que o IAC não lhe podia continuar a pagar a estadia, logo era forçoso que o curso fosse interrompido.

Mais tarde, após a saída de Portugal e encontrando-se já na Argentina, Beck escreveu sobre estas lições de Coimbra: “I have transformed the introduction into an exact proof that it has no physical sense to say that the electron has a double nature. Bohr will not feel too happy, because his whole philosophy is based on this point (...)” [13].

## O início do Seminário de Física Teórica

A pedido de M. Silva, R.L. Gomes tentou, junto do Ministério, que a “autorização de residência” de Beck fosse prorrogada, sob o pretexto de a Faculdade de Ciências do Porto o pretender contratar para leccionar um curso, mas de balde. Todavia, a partir de agora, os contactos entre Beck e R.L. Gomes estreitam-se ao ponto de aquele encontrar um segundo orientando, Fernandes de Sá (1904–1971) que irá trabalhar em Mecânica Quântica Relativista. No Porto, o ambiente gerado pela equipa que rodeava o catedrático de Física Matemática, incluindo aqui a existência de um orientando pronto a mergulhar na FT, aliada à experiência de Beck em trabalhar em realidades muito diversas (já passara por quase uma dezena de Universidades de diferentes países), vai empurrá-lo para a necessidade de começar a construir um SFT [14].

A experiência portuguesa já vivida por este físico não encorajava a construção de grandes projectos, em seis meses já vira dois dos seus cursos “sabotados”... daí que, com uma certa insistência, também se lhe comesse a colocar a possibilidade de rumar a outras paragens, isto é, sair de Portugal e viajar para a América Latina. Mesmo assim, o projecto de iniciar o SFT no Porto impôs-se, só que, na iminência da sua saída de Portugal, era preciso arranjar quem fosse capaz de levar por diante esta iniciativa. Beck propôs alguém que estivesse próximo de uma boa parte dos físicos portugueses, Alexandre Proca (1884-1958)<sup>3</sup>, e que, segundo parecia, já estava em via de ser contactado para vir a Portugal. O convite feito a este físico francês para dirigir o seminário partiu de uma acção conjunta de Beck e Manuel Valadares (1904-1982) [7]. Mas Proca só chegará a Portugal no verão de 1943... e, em Agosto de 1942, R.L. Gomes já pedia a Beck para provisoriamente assegurar o início do seminário [15, 16]. A resposta foi positiva e, apesar das arbitrariedades do Estado Novo de que fora alvo,

Beck mostrava-se satisfeito com os resultados entretanto alcançados: o trabalho de R. Martins estava praticamente terminando, havia uma forte interligação entre o Centro de Física de Lisboa e os físicos experimentais do Porto, Carlos Braga (1899-1982) e José Sarmiento (1899-1986), que faziam o seu trabalho de doutoramento sob a orientação de Valadares [7]. Em Outubro de 1942 Beck assenta arraiais no Porto com uma nova bolsa do IAC.

No dia 10 de Outubro de 1942, sob a direcção de Beck, abriu na Faculdade de Ciências do Porto o SFT, a notícia, dada com algum pormenor, aparecia na Gazeta de Matemática (nº 12): “(...) [o SFT] reunirá todos os sábados, de tarde, num dos anfiteatros da Secção de Matemática. /A) Comunicações sobre trabalhos de actualidade./B) Trabalhos a realizar./1) Trabalhos de investigação: a) sobre a transformação relativa das grandezas quânticas, Fernandes de Sá; b) Sobre a influência da inversão do spin sobre a difusão dos neutrões pelos núcleos, R. Martins. 2) Trabalhos bibliográficos: uma memória sobre a teoria quântica dos campos, a publicar por Dr. G. Beck (...)”. A actividade do seminário no último trimestre de 1942, segundo a mesma fonte, era noticiada na forma seguinte: “O Dr. G. Beck tem-se ocupado de alguns sistemas de operadores diferenciais que se deduzem das equações de Dirac (...) R. Martins, (...) de Coimbra, fez uma exposição sobre os dados experimentais que servem de base às modernas concepções das forças nucleares (...) R.L. Gomes fez uma comunicação sobre a noção de probabilidade em Mecânica Quântica (...) F. de Sá, (...) do Porto, estuda o problema do comportamento das grandezas físicas relativamente a uma transformação de Lorentz, segundo a teoria de Dirac”. O seminário era animado por Beck e os seus dois doutorandos, acompanhados por R.L. Gomes.

A bolsa atribuída a Beck pelo IAC em Outubro, e que garantia a sua acção no Seminário, terminará em Dezembro. E nesse final de ano Beck encontrava-se doente e atormentado pela sorte da sua mãe<sup>4</sup> e pela dificuldade em obter fundos que lhe permitissem adquirir a passagem para a América do Sul. Contudo, atravessando mais uma vez um período de dificuldades quanto ao seu futuro — a necessidade de partir e a incerteza de apoio financeiro —, permanece no Porto até meados de Fevereiro de 1943. Sem a presença de Beck, e até à chegada do seu novo director, o SFT mantém a sua actividade: em Fevereiro, F. de Sá fez duas comunicações sobre alguns dos seus resultados de investigação. Em Abril, R.L. Gomes adoece... e o seminário é forçado a parar, há que aguardar pela chegada do seu director. O SFT, já com Proca, reabrirá em Outubro de 1943 e terminará no final do ano lectivo de 1944. Foi, como se referiu noutros trabalhos [14, 15], uma aventura com um final triste, sobretudo, porque por razões políticas, se desperdiçou a oportunidade de aproveitar a presença de cientistas que passavam por Portugal e podiam ter contribuído decisivamente para o desenvolvimento científico do país.

<sup>3</sup> Físico teórico de origem romena, actualmente conhecido pelas equações de Proca que descrevem as partículas de spin 1; em 1943, no primeiro número da *Portugaliae Physica* publicou “Sur un nouveau type d’électron”.

<sup>4</sup> Estava presa em Theresienstadt e, ainda antes de terminar o conflito mundial, foi dada como desaparecida, sem que o filho alguma vez tenha recebido uma explicação oficial a respeito do seu destino...



**A. J. Santos Fitas** licenciado e doutorado em Física, com trabalhos em Sismologia, actualmente é Professor Associado na Universidade de Évora com Agregação em História das Ideias na Física. Foi um dos iniciadores na Universidade de Évora, em 1995, dos estudos em História e Filosofia da Ciência, disciplina que, há cerca de uma década, constitui a sua “área maior” de investigação. Tem publicado vários trabalhos, dos quais destaca: em colaboração com M. E. Rodrigues e M. F. Nunes — “A Filosofia da Ciência no Portugal do século XX” (em “História do Pensamento Filosófico Português”, dir. P. Calafate, vol.5, tomo II, 2000) e “Filosofia e História da Ciência no Portugal do século XX” (2008) — e, em colaboração com A. A. P. Videira, “Cartas entre Guido Beck e Cientistas Portugueses” (2004).

## Referências

- [ 1] M. Silva, “Elogio da Ciência” (Coimbra, 1971).
- [ 2] Raquel Santiago, “M. Silva/ A obra de um professor”, Tese de mestrado na Universidade de Évora (Évora, 2001).
- [ 3] A.J. S. Fitas, “ Mira Fernandes e a investigação científica em Portugal no período entre as duas guerras mundiais”, Boletim da SPM. Número especial AMF, 21-41 (2010).
- [ 4] A. de Mira Fernandes, “Modernas Concepções da Mecânica”, Lisboa (composto e impresso nas oficinas do Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, 1933).
- [ 5] A. de Mira Fernandes, “Mecânica Racional (2 tomos)”, Secção de Folhas da AEIST (Lisboa, 1943-44)
- [ 6] Louis de Broglie, “Carta para Ruy Luís Gomes proveniente de Neuilly-sur-Seine e data de 11/03/1937”, 2p., Casa Museu Abel Salazar (1937).
- [ 7] A. J. Fitas e A. A. P. Videira (Int. e org.), Cartas entre Guido Beck e Cientistas Portugueses, Instituto Piaget (Lisboa, 2004).
- [ 8] A. A. P. Videira, “O arquivo de Guido Beck e a história da Física Teórica em Portugal”, Gazeta de Física 20(4), 7-12.
- [ 9] O. Darrigol, “Patterns of Oblivion: the case of Guido Beck’s Early Works”, An. Acad. bras. Ci., 67 (Supl.1), 37-47 (1995).
- [10] Max Born, “The Born-Einstein letters”, New York, Walker and Company (1971).
- [11] A.J. Fitas, M. E. R. e M. F. Nunes, “Filosofia e História da Ciência em Portugal no século XX”, Caleidoscópio (Lisboa, 2008).
- [12] G. Beck, “Introduction à la théorie des quanta”, Rev. Fac. Ciências de Coimbra, X(2) (1942).
- [13] P. Havas, “The Life and Work of Guido Beck: the european Years: 1903-1943”, An. Acad. bras. Ci., 67 (Supl.1), 11-36 (1995).
- [14] A.J. Fitas, e A.A.P. Videira, “Guido Beck, Alexandre Proca, and the Oporto Theoretical Physics Seminar”, Physics in Perspective, 9(1), 4-25 (2007).
- [15] A.J. Fitas, “Ruy Luís Gomes e o seminário de Física Teórica na Universidade do Porto”, Boletim da SPM. Número especial RLG, 49-70 (2006).
- [16] R. L. Gomes, “Tentativas feitas nos anos 40 para criar no Porto uma escola de Matemática”, Boletim da SPM, 6, Out., 29-48 (1983).

# Mira Fernandes e a introdução da teoria da relatividade geral em Portugal

**José P. Sande Lemos**

Centro Multidisciplinar de Astrofísica - CENTRA, Departamento de Física, Instituto Superior Técnico - IST, Universidade Técnica de Lisboa - UTL, Avenida Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal.

joselemos@ist.utl.pt

## Resumo

Aureliano de Mira Fernandes (1884 -1958), célebre professor de matemática no Instituto Superior Técnico e no Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, em Lisboa, foi um dos primeiros portugueses, senão o primeiro, a compreender a teoria da relatividade geral na sua abrangência. Esta teoria foi sendo absorvida gradativamente pela comunidade académica portuguesa, em especial por alguns matemáticos e astrónomos, na década de 1920. Mira Fernandes na segunda metade dessa década e na seguinte publicou artigos na revista italiana *Rendiconti della Accademia dei Lincei*, através de Levi-Civita, matemático italiano especialista em cálculo tensorial com quem se correspondia. Alguns dos artigos versavam sobre propriedades de conexões afins em cálculo tensorial e sobre teorias unitárias, extensões da relatividade geral que tentavam incorporar o eletromagnetismo numa só teoria unificada. Neste artigo desenvolveremos estes temas em detalhe.

## 1. Mira Fernandes, professor e cientista

Os trabalhos científicos e académicos de Mira Fernandes foram coligidos e reimpressos pela Fundação Gulbenkian em três volumes [1]. Esta compilação possibilita o estudo e a compreensão de Mira Fernandes e a sua época. Vem na sequência de um volume publicado em 1971 [2], uma tentativa inicial para a publicação das obras completas.

## Doutoramento

Aureliano de Mira Fernandes, nasceu em 1884 no



Fig. 1 - Aureliano de Mira Fernandes (Coimbra, c. 1909-1910)

Alentejo. Formou-se em Matemática na Universidade de Coimbra em 1910. A sua tese doutoral de 1911, orientada por Sidónio Pais na Universidade de Coimbra [3], com o título “Teoria de Galois”, foi submetida quando ele tinha 27 anos [4] (para uma análise da tese ver [5]). Sidónio Pais tinha sido seu professor de Cálculo [6]. Souto Rodrigues, então com 70 anos, um matemático de Coimbra versado em álgebra e mecânica celeste certamente ajudou a incentivá-lo a dissertar sobre grupos e teoria de Galois [6,7]. Por formação Mira Fernandes era um matemático com um grande interesse em física teórica.

## Professor

Mira Fernandes foi professor durante mais de quarenta anos. Foi professor das cadeiras de Matemáticas Gerais, de Cálculo Infinitesimal, Integral e das Variações, e de Mecânica Racional no Instituto Superior Técnico (IST) desde a sua fundação em 1911, há cem anos, até se aposentar. O Instituto Superior Técnico situava-se provisoriamente na Rua do Instituto Industrial (perto da Rua Conde Barão) ao lado do rio Tejo. Provisoriamente significa até meados dos anos 1930s, quando se mudou para o lugar onde está atualmente, no meio da cidade. A partir de 1918 Mira Fernandes também foi professor de várias cadeiras de matemática no Instituto Superior do Comércio (ISC) [6], instituto que foi passando posteriormente por vários nomes, como Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras (ISCEF) entre outros, e é atualmente chamado de Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG). Esta divisão da docência de Mira Fernandes já preconizava a futura integração destes dois institutos, juntamente com outros, na Universidade Técnica de Lisboa, criada em 1930.

Teve muitos estudantes famosos. Dentro dos seus estudantes mais célebres contam-se Duarte Pacheco no Instituto Superior Técnico [8] e Bento de Jesus Caraça no Instituto Superior do Comércio [9]. Depoimentos dos antigos alunos sobre as aulas são variados, embora não discordantes. Uns dizem que era um prazer seguir o seu raciocínio nas aulas, sendo o docente apreciado pela clareza e precisão, outros que ele era inacessível e que as aulas não eram muito concorridas [10]. Eugénio Lisboa confessa que o aluno tinha a suspeita que Mira Fernandes sabia tudo, “discreto, quase olímpico, Mira Fernandes habitava outras mansões”. João Paes, neto de Sidónio Pais, corrobora esta opinião ao confessar que “a imagem que se tem de Mira é de um cientista, não de um professor, é de um ser de outro planeta”. Resina Rodrigues relembra [11] que quando os alunos entravam Mira Fernandes já lá estava sentado de costas à espera que todos os alunos se sentassem. O curso de Mecânica Racional para o 3º ano, que Resina frequentou, era anual e denso, o programa contendo tópicos de mecânica Hamil-

toniana e de relatividade, entre outros, mostrando que Mira Fernandes sabia muito. Margarida Lami revela que as aulas eram difíceis de seguir e a afluência diminuta, muitos alunos preferiam estudar pelas sebetas. Ela própria gostava de ir às aulas vê-lo discorrer, ele por vezes dizia “ocorreu-me isto agora ...”. Pulido Valente afirma que Mira era austero, distante, e que nessa época no Instituto Superior Técnico havia um ambiente de uma certa desorientação pedagógica, os professores de física criticavam as matemáticas de Mira Fernandes por serem muito teóricas. Jacinto Nunes mostra ter sido um homem feliz por ter tido dois excelentes professores no curso de Economia nos anos 1945-1946: Mira Fernandes e Bento Caraça, sendo que Mira era um excelente conversador.

Que Mira Fernandes tinha grande prestígio entre muitos alunos fica patente através de vários exemplos. Primeiro, no seu Jubileu em 1954, os cinco primeiros cursos do Instituto Superior Técnico (os cursos que se iniciaram em 1911 sucessivamente até 1916) organizaram uma festa em sua homenagem. No discurso dessa festa diz Mira Fernandes [12]: “Aprendi convosco a dar os primeiros passos na missão de ensinar, sem alardes duma perfeição inatingível, mas com uma devoção que não cansou em largos anos de exercício.” Pouco depois afirma: “de nossa velha escola, cujo sítio há pouco visitámos em consoladora romaria (Hic Troia Fuit!), o que resta é só humano: nós e os fundamentos duma instituição que soube vingar, fortalecer-se e dignificar-se.” E ainda “Quis a vossa amizade que um dos nossos encontros se realizasse na hora em que eu abandono o ensino oficial por uma disposição da lei que merece todo o meu aplauso. Ela não me inibe de fazer lições livres, para quem quiser ouvi-las, sobre temas de interesse, fora, já se vê, dos possíveis programas da Escola e em que o meu auxílio possa ser prestável.” Segundo, devemos mencionar a admiração que Manuel Sande Lemos, avô do autor, que viveu 102 anos e conseguiu atravessar três séculos, tinha por Mira Fernandes. Manuel Sande Lemos, obteve o grau de Engenheiro Químico no Instituto Superior Técnico nos meados da década de 1920, tendo iniciado o curso em 1920, quando o Instituto Superior Técnico se situava ainda na Rua do Instituto Industrial, Conde Barão. Ele cursou as cadeiras de Mira Fernandes, e mostrava constantemente uma grande admiração pelo professor e cientista. Estava sempre a dizer-me que eu devia estudar os seus trabalhos, em especial as equações chamadas Mira Fernandes. Terceiro, o testemunho vivo que Abreu Faro, engenheiro eletrotécnico e professor no IST, nos apresenta numa homenagem em 1978 da revista Técnica (uma revista da associação dos estudantes do IST) celebrizando os 20 anos da morte de Mira Fernandes [13], testemunho este que seria recapitulado em 1984 por ocasião do 1º centenário do nascimento de Mira Fernandes [14]. Por último, Pinto Barbosa, aluno e professor de economia do ISCEF, nessa mesma sessão comemorativa engrandece a personalidade do professor que foi Mira Fernandes [15].

Existem outros que não foram alunos, que no entanto mostram a importância que Mira Fernandes teve no traçado de suas escolhas. Um desses exemplos está documentado

num texto do excecional matemático Sebastião e Silva [16], outro no depoimento de Campos Ferreira [17], seu discípulo, ambos especialistas em análise e teoria das distribuições.

## Cientista

Após a brilhante dissertação da sua tese de doutoramento [4,5], Mira Fernandes dedicou-se durante alguns anos exclusivamente ao ensino. Com efeito, desde 1911, ano da dissertação e da entrada como professor no IST, até 1924 não existem publicações.

Surpreendentemente, de 1924 para a frente existem muitas publicações em diversos assuntos, nomeadamente, teoria de grupos, análise, geometria diferencial, geometria Riemanniana, cálculo tensorial (chamado então cálculo diferencial absoluto), teorias do campo unitárias, mecânica racional, e escritos variados como opúsculos sobre cientistas eminentes (ver [6] para alguns comentários gerais sobre os seus trabalhos). Não existe uma explicação direta para esta lacuna de 13 anos sem publicar. Aparentemente, ninguém o ensinou a publicar, como é agora costume quando um aluno, enquanto jovem, se prepara para ser um cientista e no seu doutoramento inicia-se na arte de publicar. Certamente, durante estes 13 anos ele esteve ocupado em preparar as aulas que tinha de lecionar e também em se inteirar com os novos assuntos pelos quais se interessava. A partir de 1924 deu-se a metamorfose. As publicações de Mira Fernandes são notáveis num meio científico onde pouco ou nada de nível internacional se publicava. Esta é uma das razões de se terem tornado famosas.

Os trabalhos mais celebrados foram publicados nos Rendiconti della Accademia dei Lincei (Atas da Academia dos Linceus), sendo estes trabalhos comunicados por Mira Fernandes à Academia italiana através de Levi-Civita, um dos nomes grandes da matemática. Após a aposentadoria compulsória de Levi-Civita em 1938, Mira Fernandes publicou em revistas portuguesas, como a *Portugaliae Mathematica*, a *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa* e a *Técnica* (uma revista do Instituto Superior Técnico). Naquele tempo em Portugal era certamente muito complicado ter acesso aos trabalhos publicados no estrangeiro do momento. De alguma forma Mira conseguiu encontrar um nicho e ter acesso a alguns trabalhos que o interessavam, nomeadamente aos trabalhos publicados nos Rendiconti, colocando a sua habilidade matemática e os seus dons criativos para funcionarem. Mira Fernandes demonstra assim sentido de oportunidade, de contacto científico e de modernidade. Seria certamente interessante saber que livros possuía e quais as revistas que Mira Fernandes consultava com regularidade.

Também exerceu atividades em prol do desenvolvimento da ciência em Portugal [18]. Foi fundador da Sociedade Portuguesa de Matemática em 1940 e

foi seu primeiro Presidente da Assembleia Geral. Em 1943 foi Presidente da direção da mesma sociedade, com Bento de Jesus Caraça, seu antigo aluno no Instituto Superior do Comércio e amigo, sendo o Secretário-Geral. Esteve na fundação da Junta de Educação Nacional (JEN) em 1929 (mais tarde em 1936 tornada o Instituto para a Alta Cultura (IAC)). Mira Fernandes criou ainda em 1938, juntamente com Bento de Jesus Caraça e Caetano Beirão da Veiga, o Centro de Estudos de Matemáticas Aplicadas à Economia. Em 1943 fundou a Junta de Investigação Matemática, juntamente com António Aniceto Monteiro e Ruy Luís Gomes.

## Reconhecimento científico

Nessa época, nas décadas de 1910 e 1920, na matemática em Portugal, existia a figura reinante de Gomes Teixeira no Porto, um matemático reconhecido mundialmente com trabalhos em teoria de curvas e superfícies. Em Lisboa, Mira Fernandes não tinha par. Desde o início da sua atividade académica era respeitado para além do normal. Exemplos são dados em seguida.

A família de Sidónio Pais ofereceu-lhe, após o assassinato deste em 1918 e através de um dos seus filhos, as insígnias académicas da Borla e do Capêlo pertencentes a Sidónio [19]. O respeito e admiração entre Sidónio e Mira era mútuo [3].

Em 1927, ainda não tinha começado a publicar consistentemente, é convidado para proferir a oração inaugural da secção de ciências matemáticas do Congresso misto das Associações espanhola e portuguesa para o Progresso das Ciências, realizado em Cadiz. Fala sobre conceitos geométricos de espaço mostrando um à vontade e conhecimento invejáveis [20].

Foi membro da Academia das Ciências de Lisboa a partir de 1928. Em 1930 foi nomeado sócio correspondente da Real Academia de Ciências de Madrid [21]. Em 1955, a Academia das Ciências de Lisboa indicou Mira Fernandes como único candidato à série de prémios abertos pela Accademia dei Lincei, não porque não houvesse outros cientistas portugueses merecedores de tal indicação, mas pela alta estima e respeito que a Academia e seus cientistas tinham para com Mira Fernandes [17].

Em 1938 é convidado para Professor Catedrático da Faculdade de Ciências de Lisboa. Honrado com o convite, não o pode aceitar, alegando que teria de abandonar um dos dois institutos, ou o Instituto Superior Técnico ou o Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, onde há tanto tempo lecionava [21].

Após a sua jubilação em 1954, o Instituto Superior Técnico colocou um medalhão em bronze com a sua imagem na sala onde costumava dar aulas [21]. Ainda em 1954, um volume da *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa* é dedicada a Mira Fernandes contando com a colaboração de vários matemáticos [21]. Viu ainda criado pelo Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras um “Curso de Matemáticas Superiores Mira Fernandes” que continuou até depois da sua morte [22].



Fig. 2 - Em Coimbra (1909)

Após a sua morte foram-lhe prestadas várias homenagens. Em 1971, o Volume I das suas obras foram editadas, ver [2]. Em 1978 a revista Técnica celebrando os 20 anos da sua morte é inteiramente dedicada a Mira Fernandes, ver [23]. Em 1984, o Instituto Superior Técnico monta uma exposição bio-bibliográfica comemorativa do I centenário do seu nascimento, ver [24]. Também em 1984, a Academia das Ciências de Lisboa organiza uma sessão comemorativa do I centenário do nascimento de Mira Fernandes, da qual saem as atas [25]. Em 2008 iniciam-se uma série de homenagens à vida e a obra de Mira Fernandes, celebrando os 50 anos de sua morte, promovidas pela Universidade Técnica de Lisboa. As sessões são abertas no Instituto Superior de Economia e Gestão nesse ano e continuam no Instituto Superior Técnico em 2009, organizando-se a conferência “Mira Fernandes e a sua época, uma conferência histórica em memória de Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)” da qual saíram atas [26], e uma conferência científica “Relatividade Matemática em Lisboa”. Fizeram parte das comemorações um lançamento de um selo comemorativo com uma

caricatura de Mira Fernandes e a inauguração de uma lápide na Avenida Mira Fernandes em Mértola, capital do concelho onde o matemático nasceu.

Teve uma correspondência extensa e respeitosa com Levi-Civita [27]. Num artigo na Gazeta de Matemática de Abril de 1942 [28] escreveu o obituário de Levi-Civita que tinha morrido em 29 de Dezembro de 1941. Fica claro que nunca se viram. Com efeito, não há registos disponíveis que mostrem que Mira Fernandes tenha viajado em visitas científicas para o estrangeiro além de Espanha [20]. Também se correspondeu com Élie Cartan, matemático francês de fama e renome. Cartan no seu trabalho “Les espaces de Finsler” [29] escreve (minha tradução) “Foi após uma troca de cartas com M. Aurelio (sic) de Mira Fernandes, que eu percebi da possibilidade desta simplificação”. Isto mostra que ele tinha relações de valor para ele e seu país. Também se correspondia com matemáticos portugueses [30].

António Aniceto Monteiro, matemático duma geração posterior à de Mira Fernandes, percebendo o valor das publicações deste cientista num País em que nada ou pouco se publicava de nível internacional, resolveu reimprimir todos os trabalhos de Mira Fernandes dos Rendiconti no volume 1 da revista Portugalea Mathematica em 1940 [31]. Esta foi a primeira vez que se concebeu coligirem-se trabalhos de Mira Fernandes num volume. Posteriormente houve uma primeira tentativa de publicar a sua obra completa [2], o que finalmente veio a acontecer entre 2008 e 2010 [1]. Claramente, o seu labor tem vindo a ser apreciado ao longo de várias gerações.

Ser citado é valorizar a instituição em que se trabalha e o País em que se vive. Vários trabalhos citam os artigos de Mira Fernandes. Yano, Takano e Tomonaga num artigo publicado em 1946 [32] citam o nome de Mira Fernandes, juntamente com o de Levi-Civita e outros, pelos trabalhos sobre desvio geodésico, certamente referindo-se ao trabalho inaugural de Mira nos Rendiconti de 1928, “Sur l'écart géodesique, la courbure riemannienne et la courbure associée de Bianchi” [33]. Arrow num artigo publicado em 1947 [34] cita o artigo de Mira de 1931 [35], assim como os de Zermelo e Levi-Civita [36,37], sobre o problema da braquistócrona de Zermelo. Este problema, por sua vez, pode ser posto num contexto de geometria de Finsler [38]. Em 1950, na Revista da Faculdade de Ciências, Mira Fernandes publicou um artigo com o título “Le geodetiche degli spazi unitari” [39]. O artigo é em variedades complexas generalizando resultados de Coburn, um matemático americano. Não está de todo relacionado com os artigos sobre teorias unitárias do espaço físico que o fizeram famoso como entendedor de relatividade geral. Este artigo de Mira Fernandes é citado no livro “Ricci Calculus” do matemático holandês Jan Schouten [40], a segunda edição de 1954, agora em inglês, não mais em alemão

como a primeira edição de 1924, uma citação que lhe deve ter dado muita satisfação. O artigo também é citado num livro de 1955 [41], sobre as teorias unitárias de Einstein e Schrödinger, de Madame Tonnelat, uma física francesa especialista em gravitação. Um outro seu artigo é citado no livro “Relativity: The general theory” do reconhecido relativista irlandês John Synge [42]. É o primeiro artigo de Mira Fernandes sobre teorias unitárias, “Sulla teoria unitaria dello spazio fisico” de 1932 nos Rendiconti. Em 1986, durante o meu doutoramento em Cambridge, após ver esta citação, comprei sem hesitar, este livro do Synge na livraria Galloway and Porter em Cambridge, de livros de segunda mão. Baritomba, Löwen, Polster e Ross num artigo de 2005 [43] citam o artigo de Mira sobre funções contínuas numa superfície esférica, artigo publicado no *Portugaliae Mathematica* em 1943 e na *Técnica* [44]. De realçar a citação, que estes autores fazem no seguimento, ao artigo “Continuous functions defined on spheres”, publicado no *Annals of Mathematics* em 1951, de Freeman Dyson, então um jovem matemático inglês de Cambridge que se tornaria pouco depois um reconhecido físico americano de Princeton.

## 2. A introdução da teoria da relatividade geral em Portugal

### A relatividade geral

A relatividade restrita [45], através de argumentos puramente cinemáticos, apresentou novos conceitos para o espaço e o tempo, permitiu uma extensão direta da dinâmica da partícula e da mecânica em geral e incorporou automaticamente o eletromagnetismo de Maxwell assim como a eletrodinâmica de Lorentz. A relatividade restrita e seus novos conceitos podem ser apresentados com matemática elementar. A demonstração que, seguindo a teoria da relatividade restrita, espaço e tempo devem ser vistos como uma entidade una quadridimensional, o espaço-tempo, foi fornecida em 1908 e publicada em 1909 pelo matemático alemão Hermann Minkowski [46]. Muitos físicos aperceberam-se imediatamente da importância da teoria e ajudaram a divulgá-la rapidamente, nomeadamente, Planck e von Laue na Alemanha e Langevin na França, este formulando em 1911 o famoso paradoxo dos gémeos [47,48].

A teoria da relatividade geral é outra história. Por um lado, assim como a relatividade restrita, a relatividade geral requer intuição física. Por outro lado, ao contrário da relatividade restrita, a relatividade geral é matematicamente complicada. A relatividade geral exige álgebra e cálculo tensorial, geometria diferencial e geometria Riemanniana, além, claro, da matemática necessária para se entender a gravitação Newtoniana. A relatividade geral revolucionou não só os conceitos de espaço e tempo, mas também

de matéria e gravitação. Einstein levou quase dez anos a construí-la, é o trabalho de um génio [49]. Por volta de 1907, através da experiência pensada do elevador, Einstein percebeu que massa inercial e massa (ou carga) gravitacional são identificáveis, assim como aceleração e campo gravitacional (por unidade de massa) têm, localmente, efeitos equivalentes. Tal ideia foi logo elevada ao estatuto de um princípio, que Einstein chamou de princípio de equivalência. Percebeu também que aceleração e campo gravitacional (por unidade de massa) só eram equivalentes localmente, e que a gravitação se fazia sentir sobre distâncias, através das forças de maré. Isto mostrou-lhe que necessitava de matemática tensorial em espaços curvos. Dos conceitos da relatividade restrita conjuntamente com a formulação quadridimensional de Minkowski, a métrica (isto é, como se medem distâncias e intervalos) assume carácter fundamental. Por outro lado, como o espaço-tempo em geral é curvo, transportes de vetores têm de ser realizados com cuidado, através de uma conexão, uma conexão linear, dita afim, que determina como um vetor aqui pode ser comparado em termos direcionais com um vetor ali. Esta conexão afim é em geral prescrita de forma independente, mas na geometria de Riemann (a geometria que Einstein incorporou como basilar para a sua teoria) a conexão é dada em termos da métrica e suas derivadas, um facto percebido de forma clara por Levi-Civita em 1917 [50]. Assim, esta conexão especial tem o nome de conexão de Levi-Civita, também chamada por razões históricas de símbolos de Christoffel. Christoffel, foi um matemático alemão do século XIX que desenvolveu a geometria Riemanniana. Finalmente, a informação de quanto um vetor roda quando é transportado, é dado pelo tensor curvatura ou tensor de Riemann (por vezes chamado de Riemann-Christoffel).

Einstein, através de análises e intuições profundas, aprendeu que o tensor de Riemann num espaço-tempo é, em termos físicos, o tensor de maré. Notou também, que o tensor de Riemann contraído, isto é, o tensor de Ricci, assim chamado em homenagem ao matemático italiano fundador do cálculo tensorial, tinha significado físico. Percebeu ainda que uma certa combinação do tensor de Ricci era o tensor geométrico importante para as equações que queria montar. Conseguiu então formular a teoria compondo geometria (isto é, o campo gravitacional) com os campos de matéria, incluindo o eletromagnetismo. De facto, a equação da teoria da relatividade geral diz que a geometria, representada pelo tensor de Einstein (dado pelo tensor de Ricci combinado), é moldada pela matéria representada pelo tensor de energia-momento, e que por sua vez, este tensor de energia-momento flui pela própria geometria. As equações de Einstein são [49]

$$G_{ab} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ab}$$

onde  $G_{ab}$  é o tensor de Einstein,  $T_{ab}$  é o tensor de energia-momento e  $G$  e  $c$  são a constante da gravitação universal e a velocidade da luz, respetivamente. Para a extraordinária história da criação da teoria da relatividade geral ver [51]. Para uma resenha da ciência e personalidade de Einstein ver [52].

Com o êxito das medidas do desvio da luz num campo gravitacional, efetuadas no eclipse total do Sol de 1919 pela expedição inglesa liderada por Eddington, um astrofísico inglês, com o próprio Eddington deslocando-se para a Ilha do Príncipe, então uma colónia portuguesa, e Crommelin, seu colaborador, para Sobral, uma cidadezinha no Ceará, a relatividade geral passou a ser considerada a teoria perfeita do campo gravitacional. No entanto, após os primeiros testes à teoria, nomeadamente o sucesso do cálculo da anomalia do periélio de Mercúrio, a própria deflexão da luz pelo campo gravitacional do Sol e o desvio espectral gravitacional, as aplicações físicas da teoria caíram num marasmo. Não havia mais testes a fazer.

É certo que o próprio Einstein percebeu que se podia fazer cosmologia com a sua teoria, ideia esta que foi levada adiante por de Sitter em 1917, um astrónomo holandês de primeira água, com um novo modelo, inflacionário, para o Universo. Depois apareceram os modelos de expansão de Friedmann, desenvolvidos por Eddington, Lemaitre e outros, que foram confirmados como possíveis quando Hubble anunciou em 1929 que as galáxias distantes afastavam-se umas das outras, concluindo corretamente que o Universo estava realmente em expansão.

A outra saída para a teoria da relatividade geral era tentar desenvolver a teoria do ponto de vista matemático e físico teórico experimentando teorias mais gerais. Esse foi o caminho seguido por Einstein e muitos outros pouco depois da relatividade geral estar formulada.

Só se voltou a fazer física a sério com relatividade geral no fim da década de 1950 e início da de 1960, quando as escolas americana através de Wheeler e a inglesa através de físicos-matemáticos como Penrose e Hawking se debruçaram mais seriamente sobre a problemática e, além disso, quando em 1963 as primeiras observações de quasares (objetos nos confins do Universo com uma luminosidade fantástica) começaram a oferecer evidências que astrofísica e relatividade geral eram assuntos que se deviam ligar.

A ênfase inicial na matemática da teoria nota-se nos livros produzidos. De início apareceram somente livros com enfoque matemático, os bons livros-texto iniciais foram escritos por matemáticos. Mesmo não sendo um matemático, e sim um astrofísico, Eddington escreveu um livro [53] cujo título, “The mathematical theory of relativity”, já diz tudo. O livro de Synge escrito em 1960 [42], uma referência importante nesse período, e do qual já falámos, tem poucas aplicações físicas. Só em 1965 apareceu um livro de física sobre relatividade geral. É o livro de Adler, Bazin e Schiffer [54]. Este livro de Adler e colaboradores é uma obra prima. É o primeiro livro texto em relatividade geral escrito de um ponto de vista físico, e de forma soberba, mostrando definitivamente as aplicações da relatividade geral à astrofísica. Estas aplicações deram origem à disciplina que se denominou astrofísica relativista. Esta disciplina lida com colapso gravitacional, buracos negros e discos em rotação em torno de buracos negros (que por seu lado explicam o fenómeno quasar), ondas gravitacionais, lentes gravitacionais e sua importância cosmológica e todos os fenómenos cosmoló-

gicos onde campos gravitacionais fortes aparecem. Além disso surgiram mais testes de campo fraco, como o eco de radares de planetas e precessão de giroscópios num campo gravitacional em rotação (como o da Terra), e ainda notavelmente, aplicações tecnológicas, o GPS não funcionaria se não fossem as correções relativistas (ver este ponto em [55]).

Atualmente, a relatividade geral e suas ramificações, como a astrofísica relativista, encontram-se numa fase de pleno desenvolvimento. Em particular, em breve, quando as antenas de ondas gravitacionais começarem a detetar sistematicamente os fenómenos altamente energéticos que ocorrem no universo, uma nova janela gravitacional direta para o cosmos estará aberta. Tal facto terá consequências profundas na nossa compreensão do próprio Universo.

## A teoria da relatividade geral em Portugal

Em Portugal a relatividade foi sendo introduzida paulatinamente no meio académico. A restrita com aplicações mais diretas e de matemática simples singrou mais rapidamente. A geral só era conhecida por alguns académicos. Hoje em dia a restrita faz parte do curriculum de 1º ano de qualquer curso de física, matemática e engenharia e a relatividade geral é praticamente obrigatória para alunos de 4º ano de física.

Ao revolucionar os conceitos espaço-temporais a relatividade restrita atraiu filósofos e pessoas com esse tipo de inclinações. Assim, em Portugal, Leonardo Coimbra, um filósofo do Porto, foi o primeiro a se interessar e escrever sobre a teoria. Vários opúsculos, livros e cursos explicando a teoria, introduzem a relatividade restrita em Portugal (ver [56,57,58, 59,60]).

Em relação à introdução da relatividade geral em Portugal, Gagean e Leite realizaram um trabalho notável ao escrever o artigo “General relativity and Portugal: a few pointers towards peripheral reception studies” em 1991 [56]. Este é o primeiro artigo a estudar relatividade geral no contexto português. Posteriormente publicaram um trabalho relacionado [57] e apareceram outros excelentes artigos, e.g., [58,59,60].

Até ao ano de 1919, em Portugal, só existe uma menção à relatividade geral. Em Dezembro de 1917, na revista “O Instituto” da Universidade de Coimbra, aparece uma nota de três páginas “Explicação física da atracção universal” assinada por Francisco Costa Lobo, matemático e professor de astronomia da Universidade de Coimbra, onde é referido o trabalho de Einstein sobre a relatividade geral, mas com a ressalva que o autor tem uma teoria melhor. Esta teoria, apresentada por Costa Lobo em 1911 num congresso em Granada, pretende dar uma explicação mecânica para a gravitação através de meca-

nismos de radiação e radioatividade [61] e parece estar em linha com as teorias Fatio-Lesage iniciadas por Fatio no fim do século XVII e continuadas por Le Sage em meados do século XVIII [62] (para se perceber como a teoria Fatio-Lesage tenta explicar a gravitação ver, por exemplo, [63]). Mostra por um lado um certo distanciamento da corrente principal, por outro uma vivacidade ingénua de alguns membros da comunidade científica portuguesa.

O ano de 1919 é o ano separador de águas para a teoria da relatividade geral. Também poderia ter sido um ano importante na ciência portuguesa. Fica claro, que o eclipse total do Sol de 1919 e a expedição à Ilha do Príncipe liderada por Eddington é uma pedra no sapato na ciência portuguesa [56] (ver também [58,59,60]). Embora tenham existido tentativas isoladas, não houve interesse real em capitalizar com tal evento. Esta caixa negra da relação dos astrónomos portugueses com o eclipse de 1919 e a relatividade geral foi deslindada de forma admirável por Mota et al [64,65,66]. O diretor do observatório de Lourenço Marques, Manuel Peres Júnior, quis acompanhar a expedição inglesa, mas aparentemente, inexplicavelmente, não conseguiu superar a burocracia [66], mesmo não havendo oposição do diretor do Observatório Nacional da Ajuda (agora chamado Observatório Astronómico de Lisboa), César Augusto Campos Rodrigues, nem do seu vice-diretor, Frederico Tomás Oom. Nesse mesmo ano de 1919 Oom foi tornado o 3º diretor do Observatório Nacional da Ajuda [66]. Tivesse a comunidade política com interesses científicos sabido da repercussão que o evento proporcionaria, todo o processo ter-se-ia desenvolvido de forma diferente. É certo que se pode considerar a existência de atenuantes para não haver a percepção de ninguém de prestígio da importância do evento, a situação política no País era instável, possivelmente caótica. Mas, o facto é que a comunidade portuguesa teve uma participação nula, nenhum astrónomo português acompanhou a expedição inglesa à Ilha do Príncipe, território português nessa época. Já a comunidade científica brasileira, com o Observatório Nacional do Rio de Janeiro e seu diretor de origem francesa, Henrique Morize, participou na outra metade da expedição liderada por Crommelin. É certamente um marco importante na ciência brasileira [67]. De notar, no entanto, que os astrónomos portugueses continuaram a se interessar por relatividade geral [64,65,66]. Peres Júnior sucedeu a Oom como diretor em 1930. Escreveu um livro em 1923 sobre relatividade que discutia relatividade geral, mas nunca foi publicado. Melo e Simas, também um astrónomo no Observatório Nacional da Ajuda, deu aulas e desenvolveu o tema de relatividade geral na Universidade Livre em 1922 e interessou-se pelo eclipse total de Setembro de 1922 na Austrália, que propiciou um novo teste à relatividade geral. Apresentou também uma comunicação à Academia das



Fig. 3 - Fotografia oficial (?) de professor do IST (Lisboa, 1922)

Ciências de Lisboa, da qual era membro, em que tentou medir o desvio da luz por Júpiter numa ocultação de uma estrela, mas o efeito era de antemão desprezável [66].

Em 1921, no 1º Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências no Porto Plans y Freire, um matemático espanhol de prestígio que já tinha traduzido o livro de Eddington [53], e ele mesmo publicado um bom livro-texto “Nociones fundamentales de mecanica relativista” [68], na sessão inaugural da secção de Matemática falou sobre a teoria da relatividade geral e as suas consequências em geometria [69]. Parece que a palestra foi uma injeção de estímulo, e muitos matemáticos portugueses, mas não físicos, foram impulsionados a se interessar definitivamente por relatividade geral.

Mário Mora em 1922 escreveu um livreto de aproximada-

mente 80 páginas, com o título “Teorias de Einstein, o princípio da relatividade restrita” [70]. O livro é uma dissertação apresentada para o Concurso de Admissão à Escola Normal Superior de Coimbra, uma escola para formar professores do ensino secundário. No livro, nas últimas páginas descreve as confirmações da relatividade geral. Um dos interesses maiores do livro é o prefácio de Gomes Teixeira em que diz, referindo-se a Einstein, “A sua obra é, depois dos Princípios Matemáticos do grande Newton, o mais importante monumento consagrado à Filosofia Natural”. E depois, “Apreciando estas observações, vê-se que eu, velho, cansado e incapaz de longas e aturadas meditações, tenho de limitar-me nestas questões a percorrer as planuras e a admirar de lá os que sobem às montanhas e faço-o com encanto e emoção”, o que não deixa de ser comovente. E Gomes Teixeira segue dizendo que o livro é um guia para indicar as belezas do Universo de Einstein. O autor deste livro agradece a Germano Vieira por desenhar um retrato de Einstein a lápis, por sinal um excelente retrato. Agradece também ao jovem Manuel dos Reis, um matemático de Coimbra.

A palestra de Plans y Freire ainda despontou o interesse do matemático catedrático na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, António Santos Lucas. Em 1922, na cadeira de Física-Matemática do curso de Matemática ele lecionou relatividade restrita e geral seguindo de perto o livro de Plans y Freire [68] e o excelente livro de Jean Becquerel [71], filho do descobridor da radioatividade. As notas de aula dessa cadeira ficaram para a posteridade [72].

Ainda em 1922, Pedro José da Cunha, também Professor na Faculdade de Ciências escreveu um texto sucinto sobre relatividade restrita e geral (ver [73]). Estes dois cientistas, Lucas e Cunha, deviam-se opor a José de Almeida Lima, um físico, colega da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, ao qual a relatividade restrita não agradava. Ainda na Faculdade de Ciências de Lisboa em 1925, Victor Hugo de Lemos, certamente orientado pelos seus superiores, apresenta uma dissertação de doutoramento com o título “Cálculo Tensorial”, com interesses voltados para a recente teoria da relatividade geral [60,73]. Em 1956, Victor Hugo de Lemos seria nomeado reitor da Universidade Clássica de Lisboa.

Ramos da Costa, um oficial da marinha, professor de Astronomia e Navegação na Escola Naval e de Topografia e Geodesia na Escola do Exército, e com interesse profissional em física e astronomia, escreveu em 1923 um opúsculo de divulgação elementar em que fala sobre ideias da relatividade geral [74], sendo que já havia escrito um pequeno livro sobre a teoria da relatividade restrita em 1921 [75]. Em 1924 escreveu um artigo “L’enseignement des mathématiques doit être orienté pour l’étude de la Relativité”, a ser apresentado em Toronto no International Mathematics Congress [58,59,64,65], mas o artigo não tendo sido aceite, aparentemente por Costa Lobo, foi publicado em 1925 em português com o título traduzido diretamente para “O ensino das matemáticas deve ser orientado para o estudo da relatividade” [66].

Em 1923, Einstein faz uma viagem a Madrid a convite do eminente físico espanhol Blas Cabrera, especialista em magnetismo [76]. Cabrera também foi grande divulgador da obra de Einstein. Esta viagem não foi aproveitada por cientistas portugueses [73].

Em 1925 Einstein passa por Lisboa, mas não há sinal que se reúna com algum cientista português [77], outro facto embaraçoso para a ciência nacional. Esta escala em Lisboa fez parte duma viagem feita à América do Sul, com paragens em Buenos Aires, Montevideu e Rio de Janeiro. No Rio foi pomposamente recebido. Antes, durante e depois da estada de Einstein, vários artigos foram publicados nos jornais cariocas sobre a teoria da relatividade, alguns contrários à teoria, como aconteceu em todo o lado. Na Academia Brasileira de Ciências houve um debate que se estendeu por várias sessões. Vários académicos defenderam as ideias de Einstein e, algumas semanas mais tarde, Roberto Marinho de Azevedo apresentou um artigo que respondia às objeções levantadas contra a teoria da relatividade [78]. Amoroso Costa no seu livro de 1922, “Introdução à teoria da relatividade”, já tinha mostrado que relatividade era um assunto do maior interesse para toda a comunidade científica [78].

Em 1929 Langevin visitou Portugal, nomeadamente Lisboa, Coimbra e Porto. Langevin era um proeminente físico francês, com trabalhos importantes em paramagnetismo e diamagnetismo, e em processos estocásticos criador da equação Langevin. Também foi um grande divulgador da teoria da relatividade [48] e a sua visita foi importante para divulgar mais e melhor entre os cientistas portugueses as relatividades restrita e geral [60].

Em 1930 Vicente Gonçalves publica um livro baseado nas suas aulas do ano letivo de 1928-1929 da cadeira de cálculo infinitesimal da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra. O título do livro é “Lições de Cálculo e Geometria Vol. I”, onde o capítulo VIII, o último do livro, é dedicado ao cálculo diferencial absoluto, isto é, ao cálculo tensorial [79].

Ainda em 1930 Manuel dos Reis, um físico-matemático então com 30 anos, escreve uma tese para as provas para professor catedrático na Universidade de Coimbra, publicada depois em 1933 [80], com o título “O problema da gravitação universal”, onde estuda a teoria da relatividade geral em algum detalhe [60] (ver [57,81,82] para comentários sobre este e outros livros científicos e de divulgação científica publicados em Portugal sobre Einstein e relatividade em Portugal nesse período). É este professor, então já lente de Mecânica Celeste e Diretor do Observatório Astronómico de Coimbra, que se envolve na discussão sobre a teoria da relatividade restrita com Gago Coutinho [60]. Coutinho era herói nacional com todos os méritos pela sua travessia aérea do Atlântico Sul com Sacadura Cabral em 1922. Era

perito em geodesia, mas de física percebia muito pouco. É ainda Manuel dos Reis que escreve o prefácio do livro “O princípio da relatividade” impresso pela Gulbenkian em 1978 que é uma tradução do livro alemão de 1922 [83].

É por esta época, segunda metade da década de 1920 início da de 1930, que Mira Fernandes aparece em cena, já com mais de 40 anos de idade. Nenhum dos seus trabalhos é diretamente versado sobre relatividade geral propriamente dita ou sobre suas consequências, como por exemplo cosmologia, um assunto que, naturalmente, despertou interesse desde a formulação inicial da teoria. Ao contrário do que se diz, Mira nunca publicou nada original em relatividade geral. Obviamente conhecia bem a teoria. Isso pode ser comprovado pelas magníficas lições realizadas em 1933 no Instituto de Altos Estudos em Lisboa [84], onde discorre sobre mecânica Newtoniana, relatividade restrita, relatividade geral, teorias unitárias e mecânica quântica, sendo que em teorias unitárias discute os seus trabalhos nesta área. É também sabido [11,14,57] que desde o ano letivo de 1933-1934 [57] até à década de 1950 [11,14], as suas aulas de Mecânica Racional, além de estudarem as mecânicas Newtoniana, Lagrangiana, Hamiltoniana e o formalismo Hamilton-Jacobi, também continham tópicos de relatividade geral analisando modelos cosmológicos e teorias alternativas ou estendidas, da gravitação, como por exemplo teorias unitárias. Dava também uma introdução à mecânica quântica, derivando a equação de Schrödinger via equação de Hamilton-Jacobi [11]. Notas de aula editadas confirmam inequivocamente os temas abordados [85]. Esta plethora de tópicos demonstra que era um profundo conhecedor de física teórica. Os seus trabalhos científicos ao longo destes anos exploram os fundamentos matemáticos da teoria, analisando várias conexões do cálculo diferencial absoluto, e estendem a teoria para tentar englobar o eletromagnetismo junto com a gravitação dentro de uma só teoria unitária. Foram vários trabalhos publicados em revistas internacionais nesta área. Mostra assim, que em Portugal, existiu alguém que tomou parte ativa na massa universal de cientistas que se preocupou com a teoria e a tentou desenvolver [56].

O seu interesse em cálculo tensorial, relatividade geral e teorias unitárias era manifesto, tanto que em 1932 indicou Levi-Civita e Einstein para membros estrangeiros da Academia de Ciências de Lisboa, uma proposta aceite pela academia e seu Presidente, Egas Moniz, o futuro prémio Nobel da medicina. Estas propostas feitas por ele eram adequadas, pois estas duas figuras tinham sido pioneiras em cálculo tensorial e geometria Riemanniana e em relatividade geral e teorias unitárias. Certamente por estes factos correspondeu-se com Einstein [86].

Em 1919 Mira, possivelmente, ainda não estava interessado por relatividade geral, mas é estranho que em 1925 não tivesse estado com Einstein quando este fez escala breve em Lisboa. Ou Mira Fernandes ainda não se tinha interessado pela teoria da relatividade geral, o que não parece ser o caso, tudo indica que já era um bom conhecedor da teoria, ou, mais provavelmente, não soube da escala de Einstein na cidade.

Vamos analisar as contribuições de Mira Fernandes nestas áreas de conexões em cálculo tensorial e geometria diferencial e de teorias unitárias. Antes faremos uma abordagem sucinta destes temas.

### 3. As teorias de unificação dos campos gravitacional, eletromagnético e da matéria

#### A ideia de unificação

A ideia de unificação em física é uma ideia antiga. Nos tempos modernos, uma das primeiras tentativas de unificar campos e partículas num mesmo esquema foi fornecida em 1912 por Mie [87], um físico alemão. No livro “The Genesis of General Relativity” [51] uma tradução para inglês do artigo original, assim como de outros artigos importantes, é fornecida. Um seguimento direto desta ideia de Mie veio mais tarde através do trabalho de Born e Infeld em 1934 [88], que implementaram este tipo de unificação modificando a Lagrangiana de Maxwell e fornecendo uma extensão não-linear das equações de Maxwell, a partir da qual se obtêm soluções intrínsecas de partículas. Nordström em 1914 [89] tentou um tipo diferente de unificação, não dos campos e partículas que geram esses campos, mas uma unificação dos diferentes campos. À época existiam somente dois campos conhecidos, o gravitacional e o eletromagnético. Nessa tentativa de unificar a sua teoria de gravitação, uma teoria escalar, com a teoria electromagnética de Maxwell, Nordström usou uma quinta dimensão, sendo por isso o precursor das teorias Kaluza-Klein [90].

O aparecimento da relatividade geral em 1916 [49] inspirou novas formas de unificação, a partir da sua estrutura baseada na geometria Riemanniana. Por exemplo, Hilbert [91] desde logo tentou usar as ideias de Mie [87] em conjunto com a relatividade geral para produzir uma teoria de partículas e campos, mas sem efeito de maior. É verdade que só por si a relatividade geral deixou o eletromagnetismo de fora. Pode-se argumentar, no entanto, que na equação de Einstein o tensor de energia-momento pode representar o tensor de energia-momento do campo eletromagnético e assim nas equações Einstein-Maxwell existe desde logo uma forma de unificação. Isto foi sugerido por Rainich em 1925 [92] e continuado por Misner e Wheeler em 1954 [93] no que eles chamaram de uma teoria desde logo unificada. Mas aqueles em perseguição da unificação queriam mais.

O argumento para unificação total era atraente e tinha antecedentes históricos. Os campos elétrico e magnético tinham sido unificados por Maxwell no campo eletromagnético, mais tarde tendo sido mostrado que todo este esquema

unificado era consistente somente se se usasse relatividade restrita e a arena espaço-temporal correspondente. Logo, poder-se-ia argumentar, gravidade (e assim relatividade geral) e eletromagnetismo, os dois campos conhecidos à época, deviam ser unificáveis numa teoria unitária usando-se algum tipo de fundo universal como arena correta. Esta era uma ideia apadrinhada por muitos, em particular por Eddington [53]. O que esta arena de fundo especial podia ser era deixado impreciso. Esta lógica funciona se se considerar relatividade geral como uma teoria de campo, num mesmo pé que a teoria electromagnética. Mas, é a teoria da relatividade geral uma teoria de campo ou, como a relatividade restrita, fornece uma arena para os outros campos? Aqui assinalamos simplesmente que a partir de 1916 muitos esquemas de unificação, tendo a relatividade geral como ponto de partida, têm estado sempre na fronteira dos problemas.

### A teoria de unificação de Weyl

A primeira tentativa de unificar gravitação, tendo como base a relatividade geral, e o eletromagnetismo de Maxwell foi proposta por Weyl, um matemático e físico alemão de primeira grandeza, em 1918 [94,95]. Nesta teoria o potencial electromagnético é introduzido como uma quantidade geométrica que determina a lei de transporte de uma escala de comprimento.

A ideia de Weyl pode ser decomposta em duas partes. Primeiro, é necessário desenvolver uma nova geometria, a qual, por seu lado, incorpora a geometria Riemanniana. Segundo, é preciso formular uma teoria física da gravitação e do eletromagnetismo que num certo limite particular fornece as equações Einstein-Maxwell. Analisemos primeiro a geometria de Weyl, depois a teoria de Weyl.

Na geometria de Weyl o transporte de um vetor é generalizado em relação ao transporte em geometria Riemanniana. A conexão, a entidade geométrica que transporta um vetor, não é dada pelos símbolos de Christoffel, compostos somente pela métrica, mas é mais geral. A ideia de um transporte geral, independente da métrica, tinha sido desenvolvida nesta mesma época por Levi-Civita e outros. Weyl impôs, além do requerimento usual de que o vetor transportado seja proporcional ao vetor inicial e ao deslocamento infinitesimal efetuado, o requerimento de que o comprimento de um vetor pode mudar sob transporte, o que não ocorre na geometria de Riemann. Para isto acontecer aparece naturalmente um novo campo, um campo vetorial além do campo gravitacional. Com esta duas exigências pode-se deduzir duas coisas. Uma é que a conexão de Weyl é dada em termos da métrica e do novo campo vetorial. A outra é que a derivada covariante da métrica, isto é, como a métrica é transportada de um ponto para outro, é proporcional à própria métrica com o fator de proporcionalidade sendo dado pelo novo campo vetorial. Isto leva a definir um tensor não-metricidade  $Q$  que dá uma medida de como a geometria se afasta da geometria Riemanniana. Na geometria Riemanniana a derivada covariante da métrica é simplesmente zero e assim  $Q=0$ . Além disso, nesta geometria mais geral, o tensor de Riemann é também decomposto em duas par-

tes, uma feita somente de símbolos de Christoffel e outra da curvatura dependente do campo vetorial. Várias outras conclusões importantes podem ser retiradas desta nova geometria, por exemplo, ângulos entre vetores e razões entre comprimentos são preservados sob transporte de Weyl, e a estrutura de cone de luz também é preservada.

Um outro facto importante na geometria de Weyl está relacionado com o conjunto de transformações que não mudam a lei de transporte. Efetuem-se as seguintes transformações: a métrica transforma-se na métrica multiplicada por uma função  $f$  geral, e o campo vetorial transforma-se num novo campo vetorial somado à metade da derivada do logaritmo da função  $f$ . Conclui-se que a conexão não muda e assim a lei de transporte não muda. Este conjunto de transformações forma o grupo de Weyl. Como o calibre, ou gauge, do comprimento é mudado sob estas transformações, mas o transporte não muda, diz-se que a geometria é invariante sob transformações de calibre, ou transformações de gauge.

Claro, se o novo campo vetorial é zero então a geometria é Riemanniana. A condição para ser Riemanniana é que o rotacional do campo vetorial seja zero. Isto leva a definir um novo tensor relacionado com esse rotacional. Quando este tensor rotacional for nulo a geometria torna-se Riemanniana já que não existe variação de comprimento quando um vetor é transportado ao longo de um caminho fechado. Este tensor rotacional é análogo ao tensor de Riemann na medida em que quando um vetor transportado ao longo de um caminho fechado não muda a sua direção o tensor de Riemann é zero e o espaço é plano. Existem ainda analogias adicionais entre os dois tensores, o tensor rotacional possui simetrias com afinidades com as simetrias do tensor de Riemann.

Tendo estabelecido uma geometria em que direções e comprimentos têm comportamentos semelhantes em relação a transporte, Weyl fez a tentativa de unificar gravitação (dada pela relatividade geral) e o eletromagnetismo (dado pela teoria de Maxwell). A sua ideia era, partindo de que o tensor de curvatura e as suas contrações fornecem uma base física para a gravitação e as forças de maré, como em relatividade geral, uma geometria estendida com a sua nova conexão e o seu novo campo vetorial, pode fornecer a base para uma teoria unitária gravitoelectromagnética. Analogamente a ter uma geometria Riemanniana e uma teoria física baseada nela como fez Einstein com a relatividade geral, Weyl propôs uma teoria baseada na sua própria geometria. Ele procurou equações, que de alguma forma preservassem transformações de calibre e de coordenadas. Aplicando um critério cuidadoso encontrou as equações que governam a teoria de Weyl, em que um tensor de Einstein generalizado aparece, assim como o novo tensor rotacional, mencionado acima,

é associado ao tensor de Maxwell, com tensores de energia-momento e correntes elétricas construídos a partir da própria teoria. Assim, de maneira notável, Weyl conseguiu reproduzir as equações de Einstein e de Maxwell a partir de uma só teoria.

Contudo, quando confrontada com as observações a teoria falha, tem de ser rejeitada em bases físicas fundamentais, como foi mostrado de imediato por Einstein [96]. Com efeito, como segundo a teoria de Weyl, comprimentos de objetos, assim como intervalos de tempo de trajetórias de partículas, dependem dos caminhos percorridos, e deste modo dependem da sua história passada, dever-se-ia observar que átomos a chegarem à Terra de diferentes lugares e diferentes distâncias do cosmos teriam propriedades diferentes, facto que não acontece. O livro de Adler, Bazin e Schiffer [54] de 1965 contém um capítulo em que a teoria de Weyl é explicada de forma exemplar, e o leitor interessado não deve perder. Na segunda edição do livro, de 1974, o capítulo é mantido.

Mesmo com este problema demolidor, a ideia de Weyl de calibre foi uma das ideias mais frutuosas na história da física. Em 1927, London, um físico alemão, foi o primeiro a tentar aplicar a ideia de calibre de Weyl à mecânica quântica [97]. A seguir, o próprio Weyl em 1929 [98] percebeu que em vez de calibrar o tensor métrico podia-se calibrar a função de onda quântica por uma fase e acoplá-la ao eletromagnetismo trocando a derivada normal por uma derivada covariante envolvendo o potencial-vetor eletromagnético e a carga elétrica elementar. Estas transformações deveriam se chamar transformações de fase, mas devido à sua semelhança com o trabalho anterior de Weyl, o nome de 1918, transformações de calibre ou gauge, colou, ver [99] para esta história inesperada. Todas as teorias quânticas de campo que vingaram são teorias de gauge.

### Uma pletera de teorias de unificação

Apesar dos problemas apresentados na teoria de Weyl na unificação da gravitação e eletromagnetismo, a porta para esquemas de unificação estava aberta, e, como diz um ditado brasileiro, “onde passa um boi, passa uma boiada”.

Nesta conjuntura, a teoria de Eddington de 1921 foi a seguinte [100] (ver também [53]). Eddington propôs a ideia de que talvez a conexão, e não a métrica, fosse a quantidade primária. Admitindo uma conexão simétrica, o que ele fez, o tensor de Ricci pode ser decomposto numa parte simétrica e numa parte anti-simétrica. A parte anti-simétrica em geral é não zero, é somente zero para uma conexão de Levi-Civita. Logo, pode-se identificar, primeiro, o tensor eletromagnético com a parte anti-simétrica do tensor de Ricci, e segundo, identificar o potencial vetor da teoria com uma contração do próprio tensor de Ricci. O tensor métrico, não sendo

fundamental, tem de ser recuperado. Postula-se então que este é essencialmente a parte simétrica do tensor de Ricci, multiplicado por uma constante, a constante cosmológica. Dado o essencial da geometria, Eddington propõe então a física através de uma ação que contém a raiz quadrada do tensor de Ricci, uma ação que foi depois explorada e modificada por Born e Infeld em 1932 para o eletromagnetismo [88] seguindo as ideias de Mie [87]. A teoria de Eddington é uma teoria baseada numa conexão afim, com efeito é a primeira teoria afim. É talvez também a única, provavelmente devido à sua inaptidão, embora engenhosa. Einstein entre 1923 e 1925 mexeu com esta ideia, tentando encontrar as equações de campo apropriadas, mas não conseguiu fazer progressos (ver [101] onde uma explicação lúcida das teorias unitárias do interesse de Einstein é fornecida).

A relatividade geral também deu nova luz à geometria diferencial, à teoria das variedades e ao cálculo tensorial. Começaram a ser considerados ramos importantes da matemática. De facto, as ideias sobre conexões e transporte paralelo de matemáticos como Hessenberg (1917), Levi-Civita (1917) e Schouten (1917), germinaram do estabelecimento da beleza e poder da relatividade geral. O matemático holandês Jan Arnoldus Schouten aproveitou para sistematizar de imediato estas conexões no seu livro de 1924 “Ricci-Kalkül” [102], escrito em alemão, o que certamente fornecia uma audiência mais alargada. Estas ideias com novas conexões já aparecem de facto nas ideias e teorias de unificação de Weyl (1918) [94,95] e de Eddington (1921) [100] (ver também [53]). Por seu lado, estas teorias foram inspiradoras de novos caminhos para explorar teorias de conexões gerais e suas propriedades. Assim, Cartan em 1922 descobriu a noção de torsão, que é dada por um tensor  $S$ , definido pela parte anti-simétrica da conexão [103,104], e cujo significado físico fornece em termos gerais como um vetor quando transportado de volta não consegue chegar ao ponto de saída. A partir desta conexão segue a geometria de Riemann-Cartan, ver o livro de Schouten [102]. Esta noção gerou um novo tipo de teorias físico-geométricas que se chamam genericamente teorias Einstein-Cartan (para um livro texto ver [105]).

A conexão afim foi desta forma alargada. Uma conexão geral tem uma parte métrica como em geometria Riemanniana, uma parte homotética como na geometria de Weyl, e uma torsão como na geometria de Cartan. Assim, para além da curvatura Riemann-Christoffel, obtém-se uma curvatura homotética e uma curvatura de torsão. Com a ajuda desta parafernália de conexões, novas teorias unitárias foram inventadas e propostas. Estas usavam uma, duas ou todos estes tipos de conexão e curvatura. Enumeremos algumas destas teorias, ver [106,107,108] para citações precisas: (i) Teorias com curvaturas Riemann-Christoffel e homotética, sem torsão, em que a conexão é simétrica, basearam-se na teoria original construída por Weyl (1918). (ii) Teorias com curvaturas Riemann-Christoffel e de torsão, sem curvatura homotética, têm uma conexão assimétrica que pode ser escrita como uma parte simétrica mais uma parte anti-simétrica. Estas são teorias tipo Einstein-Cartan. Num caso particular, nomeadamente, no caso em que se pode usar a

noção de paralelismo distante, estas versões teleparalelas foram explorados por Weitzenböck (1925), Einstein (1925), Infeld (1928) e outros. (iii) Teorias com todas as três curvaturas foram tentadas por Schouten (1924), Eyraud (1926), Infeld (1928) e Straneo (1931). A teoria original de Eddington (1921), explorada por Einstein (1923), parte de uma variedade só com conexão, a métrica sendo uma quantidade derivada, e está talvez fora deste esquema. Einstein (1942) e Schrödinger (1943) até tentaram teorias em que o tensor fundamental, uma generalização do tensor métrico, tem uma parte simétrica e uma parte anti-simétrica [41].

### O campo tensorial C, ponte entre conexões

Outra ideia que germinou da junção entre geometria diferencial e cálculo tensorial e é poucas vezes mencionadas, é que a variedade pode ter uma conexão para vetores contravariantes, e outra conexão diferente para vetores covariantes [102]. Assim, para cada uma das duas conexões distintas, obtém-se uma curvatura Riemann-Christoffel usual, uma curvatura homotética e uma curvatura de torsão, isto é, o número de curvaturas duplica. Estas duas conexões distintas originam um novo tensor C de três índices, que por seu lado efetua a ponte entre as próprias conexões e assim entre os vetores contravariantes e covariantes. O campo C é definido como a derivada covariante do tensor identidade I. É zero se se impuser que a derivada covariante do produto de tensores é Leibniziana, isto é, vale a regra do produto na derivação. Para a maioria dos físicos e matemáticos, e na maioria das teorias, o campo C era posto igual a zero, sem preocupações, e sem mencioná-lo, provavelmente por causa da falta de significado físico aparente para tal campo. Para Mira Fernandes não. Nos anos entre 1926 e 1933 ele explorou algumas das teorias unitárias propostas adicionando-lhes o campo C, enquanto ao mesmo tempo tentava interpretá-lo.

### Outras vias

Existiam outras vias, diferentes da via de modificar a estrutura de conexão do espaço-tempo, para se tentar uma unificação entre os campos gravitacional e eletromagnético, e eventualmente, uma unificação com os campos materiais também. Um esquema importante ainda continua sob escrutínio. Neste esquema a geometria Riemanniana mantém-se intacta, e as equações de Einstein também (ou alguma modificação menor destas), mas em espaços-tempos de dimensões maiores do que quatro. O campo gravitacional das dimensões extra é visto em quatro dimensões como um campo eletromagnético ou outro campo físico possível. Tal ideia foi perseguida por físicos e matemáticos, nomeadamente, Kaluza (1921), Klein (1926), Einstein e Mayer (1931), Einstein, Bargmann e Bergmann (1941), Jordan (1945), Thiry (1945), Podolanski (1950), e outros. Estas teorias são genericamente chamadas de teorias Kaluza-Klein [106,107,108] (para uma visão histórica e moderna ver [90]).

### Campos de matéria

Após o aparecimento da equação de Dirac para o elétron [109], passou-se a pensar neste como mais um campo, o campo spinorial eletrônico, a juntar aos campos eletromagnético e gravitacional. Para aqueles interessados em unificação era então natural unificar campos e campos de matéria numa só teoria. Tentativas foram feitas nesse sentido, por vários físicos e matemáticos, com destaque para Wigner, Fock, Levi-Civita, Pauli e outros (ver [108] para detalhes desta história).

### 4. Os trabalhos de Mira Fernandes: cálculo tensorial, conexões, e teorias unitárias dos campos gravitacional, eletromagnético e da matéria

#### Sinopse

Tendo mostrado as ideias sobre teorias unitárias da gravitação, eletromagnetismo e matéria no contexto da década de 1920 e início da de 1930 estamos agora prontos para entender os trabalhos de Mira Fernandes, primeiro em conexões afins, depois em teorias unitárias, ou teorias de unificação, como passaram a ser chamadas posteriormente (ver [110,111] para mais informações e detalhes matemáticos). Além de um livro, estes trabalhos de Mira Fernandes fazem parte das famosas publicações nos Rendiconti da Accademia dei Lincei que surgem na época mais criativa da sua vida. Estes trabalhos nos Rendiconti estão escritos em italiano, uma língua que Mira Fernandes não dominava com à vontade, necessitando de assistência para os escrever. Talvez por isso os trabalhos nos Rendiconti sejam mais comedidos em explicações, tornando por vezes difícil a compreensão das motivações do autor.

Os trabalhos em conexões afins [112,113] são baseados nos livros e artigos dos matemáticos e físico-matemáticos já referidos. Os trabalhos em teorias unitárias dos campos gravitacional e eletromagnético são baseados diretamente em ideias desenvolvidas pelo físico-matemático italiano Paolo Straneo, e também pelo físico polaco Leopold Infeld, que por sua vez basearam as suas ideias nos trabalhos de Weyl, Eddington, Cartan, Einstein e outros mencionados anteriormente. Com efeito, usando as ideias de Straneo e Infeld sobre os campos gravitacional e eletromagnético e as suas relações com conexões [114,115,116,117,118], Mira Fernandes escreveu um artigo em 1932 [119]. Posteriormente Mira Fernandes interessou-se por outra ideia de Straneo relacionada com teorias teleparalelas [120,121] sobre a qual escreveu um trabalho em 1933 [122]. Em 1934, baseando-se num trabalho de Levi-Civita [123], escreveu ainda sobre ideias de unificação tentando incluir a equação de Dirac, que descreve campos materiais carregados, mais preci-

samente campos eletrônicos [124]. Vejamos estes trabalhos mais pormenorizadamente.

### Os trabalhos sobre conexões

Os trabalhos sobre conexões são dois: um livro de 1926 e um artigo nos Rendiconti de 1931.

#### O livro

Em 1926 Mira Fernandes publicou o livro “Fundamentos da geometria diferencial dos espaços lineares” pela prensa do Museu Comercial [112], que foi reimpresso nas edições das obras completas da Gulbenkian [1]. Este livro resultou de um curso livre que Mira Fernandes realizou no Instituto Superior Técnico no ano letivo de 1922-23 sobre “Geometria Infinitesimal” [13]. No prefácio do livro faz o seguinte agradecimento: “Ao meu querido amigo, saudoso discípulo e prezado colega Bento Caraça agradeço muito reconhecido a solícita colaboração prestada na ingrata revisão das provas.” Bento de Jesus Caraça, mais tarde matemático e pedagogo de renome em Portugal, tinha então 25 anos. Ainda no prefácio, Mira Fernandes presta reconhecimento aos matemáticos holandeses Schouten e Struik, aos matemáticos alemães Blashke e Weyl, e ao astrofísico inglês Eddington. Neste livro Mira Fernandes inspira-se no livro de Schouten de 1924, “Ricci-Kalkül” [102].

Após definições preliminares sobre tensores e cálculo tensorial, que tomam cerca de 70 páginas, transporte linear geral de vetores tanto para vetores contravariantes como para vetores covariantes, com as respetivas conexões afins, é definido.

Aparece então o campo tensorial  $C$  de três índices que faz a ligação entre as duas conexões distintas. Este tensor  $C$  é por definição a derivada covariante do tensor identidade  $I$ . Quando esta derivada é zero, os vetores contravariantes e os vetores covariantes vêm a mesma conexão, caso contrário não. A derivada covariante da contração de dois vetores em geral não obedece à regra de Leibniz, somente quando o tensor  $C$  é zero isso acontece. Neste caso diz-se, segundo Mira Fernandes, que o transporte é invariante por contração.

O tensor  $C$  é muito geral e, seguindo Schouten, Mira Fernandes para simplificar põe-no como o produto de um vetor  $C$ , digamos, com o tensor identidade. Mostra então neste caso que quando dois vetores  $v$  e  $u$ , com  $v$  contravariante e  $u$  covariante, são incidentes, isto é o produto entre os dois é zero, então a regra de Leibniz vale para o transporte da contração dos vetores. Neste caso o transporte é dito invariante por incidência.

Define também o tensor métrico e o tensor não-metricidade  $Q$ . Define ainda torsão  $S$  de uma conexão. Mostra várias propriedades desses tensores e tabela os vários transportes possíveis. Mostra a



Fig. 4 - Fotografia oficial (?) de professor do IST (Lisboa, 1935)

generalização do tensor de curvatura Riemann-Christoffel, assim como várias propriedades desse tensor. Usando o tensor curvatura diz que se o transporte de um bivector (um tensor de ordem 2 anti-simétrico formado pelo produto de dois vetores) ao longo de uma curva fechada é zero então o transporte é chamado transporte equivalente ou transporte equiafim.

Existem casos particulares importantes, analisados no fim do livro, um livro de 152 páginas. O transporte de Riemann tem  $C=0$ ,  $S=0$  e  $Q=0$  e leva à relatividade geral. O transporte de Weyl é tal que  $C=0$  e  $S=0$  mas  $Q$  não é zero e leva à teoria de Weyl. O transporte afim é tal que  $C=0$ ,  $S=0$ , e  $Q$  qualquer, como na teoria de Eddington.

A maioria das geometrias conhecidas têm  $C=0$ . Isto é um alívio matematicamente, pois o campo  $C$  complica as fórmulas tremendamente. Contudo por alguma razão Mira Fernandes engraçou com o campo  $C$  e usa variedades em que as conexões estão ligadas pelo campo  $C$ . Tenta ainda dar um significado físico a  $C$ , como fornecendo o campo eletromagnético em esquemas unitários que ele tentou desenvolver.

O artigo de 1931 nos Rendiconti

Este artigo de 1931 nos Rendiconti tem o título “Proprietà di alcune connessioni lineari” [113]. Nele Mira Fernandes mostra, relativamente a conexões lineares, sete propriedades que não estão no livro de Schouten [83] nem no livro do próprio Mira Fernandes [103]. No final, compara propriedades de uma conexão com  $C \neq 0$ , com propriedades de uma conexão de Eddington, com  $C=0$  e com não-metricidade  $Q$ . Não cita em que texto de Eddington se baseou. É a primeira vez que Mira Fernandes tenta dar uma aplicação teórica para o campo  $C$ , o campo que liga as conexões. Os artigos seguintes desenvolvem esta ideia.

## Os trabalhos sobre teorias unitárias da gravitação, do eletromagnetismo e da matéria

Os trabalhos sobre teorias unitárias são três: três artigos nos Rendiconti em 1932, 1933 e 1934.

O artigo de 1932 nos Rendiconti

O primeiro artigo sobre teorias unitárias foi publicado no Rendiconti em 1932 com o título “Sulla teoria unitaria dello spazio fisico” [119]. No artigo anterior, quando menciona Eddington, Mira Fernandes já tinha dado indicações que aprecia este tipo de teorias e especulações. Mas agora ele abraça a ideia na totalidade. Analisa os artigos de Paolo Straneo, citando dois artigos de Straneo e um artigo de Infeld. Straneo publicara artigos sobre um certo tipo de teorias unitárias nos Rendiconti dei Lincei em 1931 e 1932 [114,115,116] e um artigo de revisão das suas ideias na La Rivista del Nuovo Cimento em 1931 [117]. Infeld publicou em várias revistas, principalmente alemãs, mas o artigo que Mira cita está no Rendiconti [118]. Estes artigos são essenciais para a nossa análise, já que Mira Fernandes baseou os seus trabalhos sobre teorias unitárias nos artigos de Straneo. Paolo Straneo era um físico matemático de Génova que pertencia ao grupo de Levi-Civita. Levi-Civita apresentava à Academia dos Lincei artigos dos matemáticos do seu círculo, Paolo Straneo, Attilio Palatini, Pia Nalli, Mira Fernandes e outros. Infeld era um físico polaco que mais tarde seria colaborador de Einstein.

Para se entender o contexto em que Mira Fernandes trabalha é preciso ter acesso ao livro de Mme.Tonnelat de 1965, “Les théories unitaires de l'électromagnetisme et de la gravitation” [106]. Este livro faz uma revisão completa até 1965 de todos os conjuntos e ramificações das teorias unificadas em voga e fora de moda. Não cita os trabalhos de Mira Fernandes sobre teorias unitárias. Contudo, cita trabalhos de Straneo e Infeld (os trabalhos de Straneo são citados em nota de pé de página), e desta forma é possível conectar Mira Fernandes à corrente principal do tempo. Sem o livro de Mme. Tonnelat é muito difícil pôr o trabalho de Mira Fernandes sobre teorias unitárias no contexto próprio, dado que o próprio autor não fornece subsídios suficientes. O livro de Vizgin sobre a história das teorias unitárias é também interessante [107]. O artigo de Goenner de 2004 “On the history of unified field theories” [108] é um artigo de revisão

sobre teorias de campo unificadas, a primeira parte até ao início dos anos 1930s [108], e a segunda parte ainda a ser publicada. Este trabalho relaciona-se bem com o livro de Tonnelat de 1965 [106]. Também cita Straneo e Infeld e assim também ajuda a ligar os artigos de Mira Fernandes com a corrente principal.

Neste artigo de 1932 [119] Mira Fernandes escreve (minha tradução): “Em várias notas publicadas nestas atas o prof. Paolo Straneo estabelece uma teoria unitária da gravitação e do eletromagnetismo, a qual, constituindo uma síntese geométrica dos fenómenos físicos, reduz-se à teoria de Einstein na ausência de fenómenos elétricos”. Mira Fernandes baseia-se numa conexão apresentada por Straneo que além de ter uma parte Christoffel tem um campo vetorial. A conexão é uma modificação da conexão de Weyl mencionada acima. Contudo, não tem o mesmo substrato matemático, nem a mesma base física. Apesar disso, à época tinha algum interesse.

Após deduzir o tensor de curvatura, as equações de campo da teoria são mostradas envolvendo o tensor de Einstein, a derivada do vetor da teoria e o tensor de energia-momento. Existe também uma equação de campo para o novo vetor que Mira Fernandes não escreve. Este vetor é para ser associado ao potencial-vetor eletromagnético. Existe uma teoria semelhante proposta previamente em 1928 por Infeld [118] e Mira Fernandes menciona essa teoria de passagem (ver também [106]). Notemos que, de forma clara, estas equações não cumprem um esquema de unificação total, como requerido por alguns físicos à época, nomeadamente Einstein [101], já que um tensor de energia-momento aparece.

Mira Fernandes escreve agora (minha tradução): “O objetivo desta Nota é formular considerações sobre a conexão de Straneo, e sobre outras conexões que levam às mesmas equações de campo e sobre as quais o autor ocupou-se num artigo prévio”. Este artigo prévio é o artigo de 1931 nos Rendiconti [113]. Mira precisa de várias coisas.

Para começo ele menciona que a conexão de Straneo não é contravariante métrica, isto é tem um tensor não-metricidade  $Q$  não zero. Depois delongase a mostrar que supondo não-metricidade total zero o tensor de curvatura de Straneo não pode ser encontrado, um resultado que se podia adivinhar dada a experiência que se pudesse ter com a conexão de Weyl.

Ele quer ir mais além e derivar o campo potencial-vetor a partir da própria conexão. Para isso ele admite que a conexão é invariante por incidência, isto é existe um tensor  $C$  que é redutível a um vetor  $C$  vezes a identidade. Além disso supõe que a conexão é covariante simétrica, isto é que a torsão

covariante é zero, e contravariante métrica. Após alguma álgebra Mira Fernandes percebe que o campo  $C$ , que liga as conexões dos campos vetoriais contra e covariantes, fornece o campo eletromagnético de Straneo. É talvez a primeira vez que o campo  $C$  recebe uma interpretação física. Mira Fernandes mostra também que o campo  $C$  se relaciona com a torsão e a não-metricidade. É ainda mostrado que a conexão é equivalente.

Mira Fernandes escreve então que a conexão satisfaz (minha tradução) “todas as condições atribuídas por Straneo à estrutura do espaço físico”. Conclui dizendo que a conexão é distinta da conexão de Weyl já que existe um campo  $C$  aqui. Quando o vetor  $C$  é um gradiente de um campo escalar, então a conexão reduz-se à de Weyl.

O artigo de 1933 nos Rendiconti

O segundo artigo é publicado no Rendiconti em 1933 como título “Sulla teoria unitaria dello spazio fisico” [122]. O título é mesmo que o do artigo anterior, talvez isso fosse uma prática comum nos Rendiconti quando o autor escrevia sobre o mesmo assunto.

Neste artigo Mira Fernandes debruça-se sobre outra ideia de Straneo. Ele não cita o artigo em que se baseia. Parece, no entanto, que se baseia no artigo de Straneo nos Rendiconti [120], que também saiu em alemão, com o título “Einheitliche Feldtheorie der Gravitation und Elektrizität” (Teoria de campo unificada da gravitação e do eletromagnetismo) publicado na revista Zeitschrift für Physik também em 1932 [121]. Mira mostra que as equações de Straneo definem um transporte absoluto para vetores covariantes. Straneo recupera assim o paralelismo distante de Cartan, Weitzenböck, Einstein e outros [106,107,108]. Com uma afirmação algo pomposa Mira Fernandes diz (minha tradução): “A equação acima traduz uma notável estrutura do espaço físico caracterizando um cronotopo de curvatura contravariante zero e covariante métrica”. No modelo de Straneo existe também paralelismo distante para transporte covariante.

Mira Fernandes volta-se então de novo para o tensor  $C$  e mostra que se este é não zero então as equações de Straneo ainda valem para vetores contravariantes, mas agora o tensor de curvatura covariante pode ser não zero. Isto é, existe transporte absoluto para vetores contravariantes mas não para vetores covariantes. A observação final de Mira Fernandes é (minha tradução): “E não será sem interesse, para futura utilização da teoria unitária haver constatado que as equações do prof. Straneo são compatíveis com conexões lineares (em número infinito) para as quais o tensor  $C$  não é nulo; i.e., que elas não são invariantes por contração”. Desta maneira Mira Fernandes tenta colocar o tensor  $C$

dentro de uma teoria unitária.

Ambos os artigos de 1932 e 1933 sobre teorias unitárias [119,122] são descritos e explicados de forma mais expansiva, e com as motivações mais explícitas, nas célebres lições de 1933 [84].

O artigo de 1934 nos Rendiconti

Em 1934 existe uma outra publicação nos Rendiconti sobre teorias unitárias com o título “La teoria unitaria dello spazio fisico e le equazioni relativiste della meccanica atomica” [124]. É um artigo sobre a equação de Dirac e tenta unificar relatividade geral e mecânica ondulatória. É inspirado num artigo de Levi-Civita de 1933 [123]. Pauli numa carta a Ehrenfest rejeita por completo esta tentativa de Levi-Civita [108] e ele mesmo formula uma maneira para relacionar a equação de Dirac com a relatividade geral [125,126]. Como observado por Costa Leite e Gagean [56], dado a atenção e polémica suscitadas por estas ideias seria de interesse real ter uma interpretação deste trabalho de Mira num contexto histórico [127].

## Outros trabalhos de Mira Fernandes

Neste encadeamento, existem outras publicações de Mira Fernandes que são de interesse mencionar e para as quais valeria a pena realizar-se um estudo cuidadoso.

Em 1924 Mira Fernandes publicou o seu primeiro livro “Elementos da teoria das formas quadráticas” [128] (ver também [1]). Assim como o livro “Fundamentos da geometria diferencial dos espaços lineares”, esta monografia também adveio do curso livre no Instituto Superior Técnico no ano letivo de 1922-23 [13]. Está dividido em duas partes: formas algébricas e formas diferenciais. É autónomo, escrito num nível algo avançado, mas de fácil leitura. Este livro baseia-se nas “Lezioni di geometria differenziale” do matemático italiano Luigi Bianchi [129], que daria nome às identidades diferenciais envolvendo o tensor de Riemann que aparecem em geometria Riemanniana. No prefácio escreve, “a revisão das provas, trabalho a tantos títulos ingrato, já pela minúcia, já pelas dificuldades da composição, foi feita pelo meu ilustre amigo, antigo, e saudoso discípulo, o senhor Engenheiro Duarte Pacheco. A êle se deve a iniciativa desta publicação, e, por ambos êsses motivos, aqui lhe deixo os meus agradecimentos por mais êste testemunho da sua fraterna amizade”. Duarte Pacheco, além das excepcionais qualidades de empreendedor era também versado em matemática. Em 1932 Mira Fernandes por razões que desconheço desentendeu-se com Duarte Pacheco.

Em 1945 e 1950 Mira Fernandes publicou dois artigos na Portugaliae Mathematica desenvolvendo ideias recentes de Einstein e Bargmann sobre bivectores [130,131]. Nestes trabalhos Einstein tentou encontrar equações fundamentais sem o uso de equações diferenciais. O primeiro trabalho de Mira Fernandes é sobre conexões finitas [132] e o segundo sobre transportes finitos [133].

Em 1950, na Revista da Faculdade de Ciências, Mira Fernandes publicou um artigo escrito em italiano com o título “Le geodetiche degli spazi unitari”, que apareceu também

em português na Técnica [39]. O artigo é em variedades complexas generalizando resultados de Coburn, um matemático americano. Não está de todo relacionado com os artigos sobre teorias unitárias do espaço físico mencionados acima. Este artigo de Mira Fernandes é citado no livro “Ricci Calculus” [40], a segunda edição de 1954, agora em inglês, não mais em alemão, de Schouten, uma citação que lhe deve ter dado muita satisfação. O artigo também é citado no livro de 1955 de Mme. Tonnelat sobre as teorias unitárias de Einstein e Schrödinger [41].

De 1943 até ao seu último trabalho em 1957 publicou cinco artigos sobre extensores [134,135,136,137,138], uma generalização do conceito de tensores, iniciada na década de 1940 pelo matemático americano Homer Craig e independentemente pelo matemático japonês Akitsugu Kawaguchi [139], que ele acreditava poder mais facilmente levar à unificação dos campos físicos [57]. Estes seus trabalhos foram elogiados pelo próprio Craig [21].

Existem outros artigos de Mira Fernandes em geometria diferencial de grande interesse, mas serão para desenvolver noutra ocasião, dado que estão fora dos temas conexões e cálculo tensorial e relatividade geral e teorias unitárias.

## 5. A relatividade geral em Portugal depois de Mira Fernandes

Desde a década de 1940 até à de 1960 houve um cientista que atuou em relatividade geral ou teorias relacionadas. Foi António Gião. Foi preciso esperar pelas décadas de 1970 e 1980 para começar a aparecer um corpo de cientistas que atuassem de forma consistente em física teórica. Só na década de 1990 a relatividade geral e áreas afins se instalaram em definitivo nas universidades portuguesas.

### António Gião

Até aqui só matemáticos com interesse em física, ou astrónomos com propensão para a matemática, se interessaram pela teoria da relatividade geral em Portugal.

Embora na interface da física teórica possa ser difícil saber se um físico é matemático ou se um matemático é um físico, consegue-se argumentar, pela sua formação, que o primeiro físico português a trabalhar em relatividade geral foi António Gião. Estudou na Universidade de Coimbra e em Estrasburgo tendo aí tirado o curso de Engenharia Geofísica e Física com especialidade em Meteorologia. Por volta de 1940 com 36 anos voltou a Portugal. Foi mais tarde, na década de 1960, Professor Catedrático Convidado da Faculdade de Ciências de Lisboa e diretor científico do Centro de Cálculo Científico do Instituto Gulbenkian de Ciência. Correspondeu-se com Einstein em 1946 sobre teorias de unificação. Publicou muitos artigos na *Portugaliae Physica* e apresentou comunicações à Academia das Ciências de Paris. Escreveu dois artigos na revista americana *Physical Review*. Um em 1949 “The equations of Codazzi and the relations between electromagnetism and gravitation” [140] em que apresenta uma teoria unificada do tipo Rainich e Misner-Wheeler [92,93]. Este artigo tem a particularidade de ser o artigo imediatamente precedente a um dos arti-

gos mais famosos da história da física, o artigo de Feynman “Space-time approach to quantum electrodynamics” [141], escrito quando Feynman ainda estava no Departamento de Física da Universidade de Cornell e que lhe valeu o Prémio Nobel. O outro artigo de Gião na revista *Physical Review*, “On the general motion of matter at the cosmological scale” [142] é também de interesse. Organizou em 1963 uma escola de verão internacional em Lisboa sobre modelos cosmológicos, em que proferiram palestras Pascual Jordan, alemão de ascendência espanhola da Universidade de Hamburgo e um dos fundadores da mecânica quântica agora interessado em cosmologia e ideias de unificação, Hermann Bondi um físico e astrofísico britânico de origem austríaca do King’s College de Londres que propôs junto com Gold e Hoyle a teoria do estado estacionário que confrontava a teoria do Big Bang, Yves Thiry um físico francês de Paris, e George McVittie um físico e astrofísico britânico a trabalhar na Universidade de Illinois. Foram realizados *Proceedings* da escola [143] com as apresentações dos cinco oradores, a de Gião com o título “On the theory of the cosmological models with special reference to a generalized steady-state model”, ocupa cerca de metade dos *Proceedings*. Entre os participantes destacam-se Manuel dos Reis, da Universidade de Coimbra, do qual já falámos e o jovem Steven Hawking ainda a realizar o doutoramento na Universidade de Cambridge em temas que o fizeram famoso, a saber, buracos negros e cosmologia quântica. Gião morreu em 1969 não deixando escola nem discípulos. Para mais detalhes sobre António Gião ver [144,145].

### Outros nomes

Há outros nomes que contribuíram para divulgar as teorias relativistas, principalmente a teoria da relatividade restrita. Podemos mencionar, António da Silveira, físico do Instituto Superior Técnico, e Mário Silva, físico de Coimbra. Ambos, nas cadeiras de eletromagnetismo lecionavam relatividade restrita, a arena correta para os fenómenos eletromagnéticos [60] (ver também [82]).

Nesta senda destaca-se o nome de Ruy Luís Gomes. Ruy Luís Gomes pode ser considerado, em termos, um discípulo de Mira Fernandes [18], embora não tivesse realizado trabalhos em teoria da relatividade geral ou em áreas afins. Ruy Luís Gomes doutorou-se em 1928 em matemática com 23 anos pela Universidade de Coimbra com uma tese com o título “Sobre o desvio das trajetórias de um sistema holónimo”, inspirada, segundo o autor, em trabalhos de Mira Fernandes. Entrou para Catedrático na Universidade do Porto em 1933 apresentando a dissertação “Sobre a estabilidade de movimentos de um sistema holónimo”, induzido por trabalhos de Levi-Civita, com quem se correspondeu. Na década de 1930 publicou trabalhos em relatividade restrita nos *Rendiconti della Accademia dei Lincei*, tendo

publicado ali em 1935 uma dedução original das fórmulas das transformações de Lorentz. Em Lisboa foi convidado em 1937 para dar uma série de aulas sobre relatividade restrita no Instituto Superior Técnico a convite do Núcleo de Matemática, Física e Química. Daí saiu o livro “Teoria da relatividade restrita” de 1938 [146]. Também esteve envolvido na polémica com Gago Coutinho, publicando artigos de repúdio na revista Seara Nova, que foram coligidos num livreto [147]. No início da década de 1940, Guido Beck, austríaco, discípulo de Hans Thirring e Heisenberg, com trabalhos importantes em mecânica quântica, mas também em relatividade geral, em particular um trabalho pioneiro de 1925 em ondas gravitacionais [148] e um artigo de revisão em relatividade geral [149], emigra para Lisboa devido à sua ascendência judaica. Passa por Coimbra onde profere uma série de seminários e é convidado por Ruy Luís Gomes para dar um curso de mecânica quântica no Centro de Estudos Matemáticos do Porto, recém criado por ele. Beck foi depois para Córdoba, Argentina, estabelecendo-se na década de 1950 no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) no Rio de Janeiro (para mais detalhes sobre Guido Beck em Portugal ver [150]). Este seminário de Física Teórica ainda contou com Proca, um físico Romeno instalado em Paris, que deu nome a uma equação para partículas de spin 1 com massa (a equação de Proca para fótons massivos), e desafeto de de Broglie, por brilhar autonomamente, um facto que lhe custou muito caro [126]. Ainda na década de 1940, aproveitando o clima científico instaurado na Universidade do Porto, em parte devido ao entusiasmo de Ruy Luís Gomes, António Almeida Costa, que se mudaria na década de 1950 para a Faculdade de Ciências de Lisboa, incluía tópicos de relatividade geral na cadeira de Mecânica Celeste. Ainda no Porto, também na década de 1940, Manuel Gonçalves de Miranda lecionava sobre cálculo tensorial e aplicações à teoria da elasticidade e relatividade geral, aulas essas que foram posteriormente publicadas [57]. Mais tarde Ruy Luís Gomes teria que deixar Portugal como exilado político, primeiro para a Argentina, depois para Recife, só voltando ao seu País em 1974 com a Revolução de Abril. Para mais detalhes sobre Ruy Luís Gomes ver [151,152].

Ruy Luís Gomes interessou-se muito mais por mecânica quântica do que relatividade. Assim como já existe um conjunto bom de artigos sobre a introdução da relatividade em Portugal, seria interessante fazer uma história sobre a introdução da mecânica quântica em Portugal, desde a receção das ideias de Planck até aos nossos dias, indo talvez mais atrás aos trabalhos de Kirchhoff da década de 1860, ele que cunhou a palavra corpo negro para o fenómeno físico em questão. Ao contrário de outros casos, o resultado de Planck não estava no ar, foi totalmente inesperado. Por exemplo, seria oportuno saber-se quando e como em Portugal se percebeu

e começou a mencionar os resultados de Planck e o efeito fotoelétrico de Einstein (ver contudo neste contexto [57], ver também [153,154]). O próprio Mira Fernandes era interessado em mecânica quântica tendo tecido alguns comentários sobre o prémio Nobel de 1932 atribuído a Heisenberg e o de 1933 a Schrödinger e Dirac [155]. Escreveu também em 1934 uma pequena nota na Técnica mostrando certas propriedades que advêm de um teorema de Ehrenfest que relaciona a onda de probabilidade associada a uma partícula quântica à dinâmica de uma partícula pontual clássica [156].

## Relatividade geral atualmente

Nas décadas seguintes à década de 1960, a relatividade geral, assim como a ciência em geral, teve um grande desenvolvimento em Portugal. Com a criação do Instituto de Física e Matemática (IFM) em Lisboa no final da década de 1960, por António Silveira, houve um incentivo para se realizar investigação científica independente das universidades. Este instituto acolheu novos cientistas fornecendo um ambiente propício ao desenvolvimento científico, especialmente com o restabelecimento da democracia em Portugal após a revolução de 1974. Muitos dos cientistas foram posteriormente absorvidos pelas universidades. Em relatividade geral



Fig. 5 - Aureliano de Mira Fernandes numa sala de aula no fim da década de 1940, início da de 1950.

e áreas afins, existem atualmente grupos de professores e investigadores a trabalharem nos vários departamentos de física e matemática de universidades portuguesas, nomeadamente Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Universidade de Lisboa, Universidade do Porto, Universidade do Minho, Universidade de Aveiro, Universidade de Évora e Universidade do Algarve.

## 6. Conclusão e a sina das teorias unitárias e dos trabalhos de Mira Fernandes

### Epítome

Demos uma ideia de Mira como professor e cientista. Generalidades relacionadas com relatividade geral e geometria Riemanniana, a geometria na qual a teoria está baseada foram apresentadas. Alinhavámos o contexto científico em que Mira Fernandes estava imerso e o que se tinha feito em relatividade geral. Alinhavámos o contexto científico das teorias unitárias do campo, durante um período que vai desde cerca de 1916, o ano da criação da relatividade geral, até cerca de 1934, o ano do último trabalho de Mira Fernandes no assunto. A extensão da geometria Riemanniana para a geometria de Weyl com o tensor não-metricidade, o primeiro esquema de unificação proposto pelo próprio Weyl, e o seu desenvolvimento potencial feito por Eddington, foi exposto. A extensão da geometria Riemanniana para incluir torsão dada por Cartan, também foi mencionada. Apresentámos o espectro de teorias unitárias baseado nas diferentes geometrias e conexões lineares da época, e mencionámos as várias tentativas feitas por Einstein e outros para encontrar a verdadeira teoria unitária. Referimos também um campo  $C$  que faz a ponte entre vetores e tensores contravariantes e covariantes. Mergulhámos então nos trabalhos de Mira Fernandes. Primeiro analisámos os seus trabalhos sobre conexões lineares afins, nomeadamente, o livro de 1926 e o artigo de 1931 nos *Rendiconti dei Lincei* e comentámos sobre estes. Estudámos seguidamente os seus dois trabalhos de 1932 e 1933, publicados no mesmo jornal, que aplicam a teoria das conexões a certas teorias unitárias da gravitação e do eletromagnetismo. Nestes trabalhos Mira Fernandes encontra uma aplicação do campo  $C$  como o campo físico eletromagnético na teoria unitária de Straneo. Isto é único. Aludimos também ao trabalho de 1934 da unificação da gravitação com campos de matéria. Comentámos sobre outros trabalhos interessantes de Mira. Mencionámos António Gião como tendo sido o primeiro físico, em oposição a matemático, a se interessar e trabalhar ativamente em relatividade geral, e citámos outros nomes interessados em relatividade como Ruy Luís Gomes.

### A sina das teorias unitárias

Na década de 1920 e início da década de 1930 os únicos campos conhecidos eram os campos gravitacional e eletromagnético, admitidos como campos clássicos nas teorias unitárias propostas. Desde então dois outros campos foram descobertos, os campos forte e fraco, e estes junto com o campo eletromagnético foram mostrados ser campos quânticos. A mera existência destes dois campos adicionais já põe em questão o programa de unificar somente os cam-

pos gravitacional e eletromagnético Além disso na década de 1930 a matéria na forma da equação de Dirac começou a ser encarada também como um campo, mas um campo quântico. O facto que todos os campos são fundamentalmente quânticos deixa cair todo o programa, baseado num fundo clássico. Contudo, existem ramificações importantes tiradas da ideia de unificação.

Primeiro, embora as teorias que mudam a geometria Riemanniana, como as usadas por Mira Fernandes, não estejam na moda atualmente como teorias de unificação e eletromagnetismo, algumas delas foram convertidas em teorias que incorporam gravitação, torsão, energia-momento e spin elementar, e são as teorias Einstein-Cartan, ou teorias Einstein-Cartan-Kibble-Sciama, os dois últimos nomes aparecem porque mostraram que a teoria Einstein-Cartan pode ser formulada como uma teoria de gauge com invariância local de Poincaré num espaço-tempo plano, ver [157] (ver também [105]). Teorias tele-paralelas, um caso particular de Einstein-Cartan, que tiveram o seu ponto alto no início da década de 1930, e pelas quais Straneo [120,121] e Mira Fernandes se interessaram [122] como vimos, ainda são estudadas [157].

Segundo, a ideia de unificação ainda persiste mas numa base quântica. O campo eletromagnético, e a sua partícula quântica sem massa associada, o fóton, já foram unidos com o campo fraco e suas partículas, dando origem ao campo eletrofraco. Existe a possibilidade que todos os três campos, eletromagnético, fraco e forte, com as suas partículas e em conjunto com a partícula Higgs, possam ser unificados numa teoria de grande unificação. Pode-se então esperar que o campo gravitacional com a sua partícula sem massa associada, o grávitão, possa ser unido numa teoria final de unificação, uma teoria de tudo, em que todos os campos quânticos, o gravitacional e os outros, são unificados. As teorias atuais com maior circulação fazem uso do campo gravitacional em dimensões extra para tentar obter, em quatro dimensões, o próprio campo gravitacional e o campo gran-unificado (o qual contém e generaliza o campo eletromagnético das tentativas iniciais). Isto é, em vez de se tentar unificar a gravidade com o campo eletromagnético (o campo extra conhecido na década de 1920) tenta-se agora unificar a gravidade com o campo gran-unificado. Estas teorias reminiscentes das ideias de Kaluza e Klein da década de 1920, que foram usadas por Einstein e outros numa forma por amadurecer, não foram essencialmente tocadas por Mira Fernandes, embora a teoria pentadimensional de Einstein e Mayer [158,159] seja sucintamente descrita por Mira Fernandes nas suas magistrais lições de 1933 [84]. Atualmente estas teorias são genericamente chamadas de teorias Kaluza-Klein. Foram incorporadas pelas teorias de supergravidade [90], e reaparece-

ram na teoria de cordas de uma forma proeminente, ver [160] para uma exposição didática.

O nome de tais teorias tem vindo a mudar, teorias unitárias inicialmente, teorias de unificação a seguir, e agora teorias de tudo. Será que o destino destas teorias será o mesmo que o da teoria de Mie?

### **A sina dos trabalhos de Mira Fernandes em conexões e teorias unitárias**

Claramente, Mira Fernandes ergueu-se como cientista acima do normal na comunidade portuguesa. Os seus trabalhos mostram clareza, concisão e domínio sobre o tema que se debruçou.

Quanto aos trabalhos sobre conexões e teorias unitárias é apropriado citar seu amigo Vicente Gonçalves [6]: “Merecem também especial citação as três notas sobre a teoria unitária do espaço físico (1932-34), onde Mira Fernandes concebe e estuda diversas conexões lineares compatíveis com a síntese geométrica gravitação-eletromagnetismo que P. Straneo andava então elaborando. Uma dessas conexões (invariante por incidência, contravariante simétrica e covariante métrica) mostrou-se igualmente compatível com as novas equações relativistas da mecânica ondulatória propostas por Levi-Civita. A despeito de suas possibilidades, a teoria unitária que Mira Fernandes então concebeu (e por vezes recordou) não fugiu ao destino das múltiplas tentativas congêneres que ao tempo se fizeram; mas é de assinalar a virtuosidade analítica do autor na sua investigação.”

Sobre os seus últimos trabalhos em extensores [134-138], elaborados ao que parece com o intuito futuro de unificar os campos e matéria, podemos mencionar que extensões geométricas de conceitos geométricos bem estabelecidos, com possibilidades de aplicação à física, surgem com recorrência. Por exemplo, os twistores de Penrose, objetos que de certa forma generalizam o conceito de spinores, são usados numa tentativa de quantizar a gravitação [161].

Os trabalhos de Mira Fernandes em conexões e teorias unitárias, embora presentemente de apenas interesse histórico, mostram criatividade e arrebatamento. Dá regozijo aos físicos relativistas atuais portugueses saberem que na década de 1930 havia alguém em Portugal que já se interessava de modo ativo por uma ciência que ainda é contemporânea. Preservar a memória do que mais caro existe na ciência portuguesa faz-se indispensável e é essencial. Torna-se por isso valioso analisar no contexto apropriado todos os artigos de Mira, dentro de cada área que trabalhou, nomeadamente teoria de grupos, análise, geometria diferencial, geometria Riemanniana, análise tensorial, teorias do campo unitárias e mecânica racional. À parte os trabalhos em teorias unitárias [110,111] (ver também [127]),

teoria de grupos [5], e o problema de Zermelo [35], em que algum trabalho já foi feito, os trabalhos em geometria diferencial e mecânica racional parecem merecer destaque maior.

### **Agradecimentos**

Fui apoiado por muitas pessoas às quais estou agradecido. Nuno Crato impeliu-me a dar uma palestra sobre teorias unitárias no trabalho de Mira Fernandes na conferência “Mira Fernandes e a sua época, uma conferência histórica em honra de Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)”, realizada no Instituto Superior Técnico em 2009. João Teixeira Pinto e Luís Saraiva tiveram a gentileza de formalizar o convite. O artigo [111] é parte das atas dessa conferência. Os trabalhos de Mira Fernandes em conexões e teorias unitárias, assim como todos os outros seus trabalhos, foram reimpressos pela Fundação Gulbenkian em três volumes [1]. Antes da publicação dos volumes 2 e 3, vários artigos, incluindo aqueles publicados nos Rendiconti nos anos 1931 a 1934, foram-me facilitados pelos órgãos do CEMAPRE (Centro de Matemática Aplicada à Previsão e Decisão Económica) do ISEG (Instituto Superior de Economia e Gestão), onde cópias de todos os trabalhos e artigos de Mira Fernandes estão guardados. ISEG é um dos lugares onde Mira Fernandes ensinou. Vera Lameiras, secretária do CEMAPRE-ISEG, ajudou-me a encontrar os artigos de Mira Fernandes nos arquivos da instituição. Embora não os conheça pessoalmente, aqueles que coligiram os artigos e contribuições de Mira Fernandes, nomeadamente, Vicente Gonçalves, Jaime Campos Ferreira, Luís Canto Loura, Joaquim Moura Ramos, Dulce Cabrita, e certamente outros, deram uma contribuição significativa para colocar em perspetiva real o trabalho de Mira Fernandes. Manuel Fiolhais enviou-me cópias de dois artigos de Straneo ([116] e [121]) da Biblioteca da Universidade de Coimbra que ajudaram muito na análise do contexto global. De facto, inicialmente, somente tive acesso a esses dois artigos de Straneo, sendo que atualmente muitos dos seus artigos estão na internet e podem também ser obtidos diretamente com Alessandro Romanello da biblioteca da Accademia dei Lincei. João Teixeira Pinto mostrou-me alguns dos artigos que citam Mira Fernandes. Amaro Rica da Silva, impulsionado a escrever sobre teoria de Galois nos trabalhos de Mira Fernandes [5], mostra sempre entusiasmo nas conversas sobre Mira Fernandes e sua obra.



**José Pizarro de Sando e Lemos** nasceu em 1957 em Lisboa, doutorou-se em Astrofísica em 1987 pela Universidade de Cambridge. Foi aluno do Colégio São João de Brito e do Liceu Camões em Lisboa e do Colégio São Vicente no Rio de Janeiro.

Formou-se em Engenharia Mecânica com especialização em Engenharia Nuclear em 1980 e fez o Mestrado em Física em 1982, ambos na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Foi investigador no Observatório Nacional do Rio de Janeiro de 1988 a 1996. Realizou a Agregação em Astrofísica e Gravitação em 1996 no Instituto Superior Técnico (IST), Universidade Técnica de Lisboa (UTL). Desde 1996 é docente no Departamento de Física do Instituto Superior Técnico, primeiro como Professor Convidado depois como Professor Auxiliar. É atualmente Professor Catedrático do Instituto Superior Técnico. Membro fundador do Centro Multidisciplinar de Astrofísica (CENTRA) do Instituto Superior Técnico é atualmente seu presidente. Tem mais de 120 trabalhos publicados em revistas internacionais na área de astrofísica relativista, gravitação, buracos negros e física fundamental com um total de citações de 3200 e com 10 dos seus artigos com mais de 100 citações cada. É membro da General Relativity and Gravitation Society. Obteve o prémio UTL/Santander de 2009, atribuído ao professor e investigador da Universidade Técnica de Lisboa que se distinguiu na respetiva área pelo número e pelo impacto dos trabalhos que publicou em revistas científicas de circulação internacional e obteve o prémio vitalício de "Outstanding Referee" da American Physical Society em 2010 pela qualidade dos pareceres sobre artigos submetidos às revistas *Physical Review Letters* e *Physical Review D*.

#### Referências

- [ 1 ] A. L. de Mira Fernandes, *Obras*, Volume I (1910-1927), editor N. Crato (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2008). A. L. de Mira Fernandes, *Obras*, Volume II (1928- 1934), editores N. Crato et al (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2009). A. L. de Mira Fernandes, *Obras*, Volume III (1935-1957), editores N. Crato et al (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2010).
- [ 2 ] J. Vicente Gonçalves et al, *Obras Completas de Aureliano de Mira Fernandes: Volume I* (Centro de Estudos de Estatística do Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, Lisboa, 1971).
- [ 3 ] J. Paes, "Testemunhos", Mesa redonda integrada na conferência Mira Fernandes e a sua época, Historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958), Instituto Superior Técnico, 17 Junho 2009.
- [ 4 ] A. L. de Mira Fernandes, "Theorias de Galois", (Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1910); reimpresso em *Obras*, Volume I (1910-1927), p. 21, ver [1].
- [ 5 ] A. Rica da Silva, "Galois' groups in the work of Mira Fernandes", *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, (Número Especial - Aureliano Mira Fernandes), editores L. Saraiva e J. T. Pinto, (Sociedade Portuguesa de Matemática, Lisboa, 2010), p. 125, baseado na palestra convidada da conferência "Mira Fernandes and his age - An historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)", Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho 2009.
- [ 6 ] J. Vicente Gonçalves, "Aureliano de Mira Fernandes: investigador e ensaísta", *Obras Completas de Aureliano de Mira Fernandes: Volume I* (Centro de Estudos de Estatística do Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, Lisboa, 1971); reimpresso em *Obras*, Volume I (1910-1927), p. 1, ver [1,2].
- [ 7 ] Sobre João José Souto Rodrigues ver <http://www.familiasdeleiria.com>
- [ 8 ] Comissão do Centenário do Instituto Superior Técnico, Duarte Pacheco, do Técnico ao Terreiro do Paço (althum.com, Lisboa, 2011).
- [ 9 ] Natália Bebiano, "Bento de Jesus Caraça: esboço biográfico", *Gazeta de Matemática* 141, 9 (2001).
- [ 10 ] Engenheira Maragarida Lami, Engenheiro Eugénio Lisboa, Professor Jacinto Nunes, Engenheiro e Músico João Paes, Professor João Resina Rodrigues, Engenheiro Pulido Valente, Professor Manuel Alves Marques, "Testemunhos", Mesa redonda integrada na conferência Mira Fernandes e a sua época, Historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958), Instituto Superior Técnico, 17 Junho 2009.
- [ 11 ] João Resina Rodrigues, "Testemunhos", Mesa redonda integrada na conferência Mira Fernandes e a sua época, Historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958), Instituto Superior Técnico, 17 Junho 2009.
- [ 12 ] A. L. de Mira Fernandes, "Discurso de encerramento", Jubileu do Prof. Aureliano de Mira Fernandes (Reunião dos cinco primeiros cursos do IST), (Lisboa, 1954); reimpresso em *Obras*, Volume III (1935-1957), p. 477, ver [1].
- [ 13 ] M. J. Abreu Faro, "Aureliano de Mira Fernandes, professor do Instituto Superior Técnico", *Técnica* 449/450, 1 (1978).
- [ 14 ] M. J. Abreu Faro, "Discurso", em Sessão comemorativa do I Centenário do nascimento do Prof. Aureliano Lopes de Mira Fernandes (Academia de Ciências de Lisboa, Lisboa, 1984), textos de J. Pinto Peixoto, M. J. Abreu Faro, J. Campos Ferreira e A. M. Pinto Barbosa, p. 13.
- [ 15 ] A. M. Pinto Barbosa, "Discurso", em Sessão comemorativa do I Centenário do nascimento do Prof. Aureliano Lopes de Mira Fernandes (Academia de Ciências de Lisboa, Lisboa, 1984), textos de J. Pinto Peixoto, M. J. Abreu Faro, J. Campos Ferreira e A. M. Pinto Barbosa, p. 49.
- [ 16 ] J. Sebastião e Silva, "Mira Fernandes, o homem e o professor", (Minerva Comercial, Beja, 1969), encontra-se no espólio pertencente ao CEMAPRE (Centro de Matemática Aplicada à Previsão e Decisão Económica) do ISEG (Instituto Superior de Economia e Gestão) de Lisboa.
- [ 17 ] J. Campos Ferreira, "Discurso", em Sessão comemorativa do I Centenário do nascimento do Prof. Aureliano Lopes de Mira Fernandes (Academia de Ciências de Lisboa, Lisboa, 1984), textos de J. Pinto Peixoto, M. J. Abreu Faro, J. Campos Ferreira e A. M. Pinto Barbosa, p. 35.

- [ 18] A. J. S. Fitas, "Mira Fernandes e a investigação científica em Portugal no período entre as duas guerras mundiais", *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, (Número Especial - Aureliano Mira Fernandes), editores L. Saraiva e J. T. Pinto, (Sociedade Portuguesa de Matemática, Lisboa, 2010), p. 21, baseado na palestra convidada da conferência "Mira Fernandes and his age - An historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)", Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho 2009.
- [ 19] João Patrício, "Mira Fernandes", texto mimeografado (1984), encontra-se no espólio pertencente ao CEMAPRE (Centro de Matemática Aplicada à Previsão e Decisão Económica) do ISEG (Instituto Superior de Economia e Gestão) de Lisboa.
- [ 20] A. L. de Mira Fernandes, "Conceitos geométricos do espaço", Oração Inaugural da secção de ciências matemáticas do congresso mixto das associações espanhola e portuguesa para o progresso das ciências, realizado em Cadiz de 1 a 8 de Maio de 1927, *Anais do Congresso*; reimpresso em *Obras*, Volume I (1910-1927), p. 455, ver [1].
- [ 21] J. F. Ramos Costa, "Elogio histórico de Aureliano Lopes de Mira Fernandes", em *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa*, Classe de Ciências IX, 113 (1966).
- [ 22] J. Vicente Gonçalves et al (editores e colaboradores), *Curso de Matemáticas Superiores Professor Mira Fernandes: Estudos de matemática, estatística e econometria*, Volumes I-VIII (Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, - ISCEF, Lisboa, 1956-1964).
- [ 23] M. J. Abreu Faro, A. Aniceto Monteiro, F. E. Rebelo Simões, A. Brotas, *Técnica 449/450* (1978), edição dedicada a A. Mira Fernandes.
- [ 24] Serviço de Documentação da Universidade Técnica de Lisboa, *Catálogo da Exposição: Mira Fernandes, exposição bio-bibliográfica comemorativa do I centenário do seu nascimento (1884-1984)*.
- [ 25] Sessão comemorativa do I Centenário do nascimento do Prof. Aureliano Lopes de Mira Fernandes (Academia de Ciências de Lisboa, Lisboa, 1984), textos de J. Pinto Peixoto, M. J. Abreu Faro, J. Campos Ferreira e A. M. Pinto Barbosa, ver também [14].
- [ 26] L. Saraiva, J. T. Pinto (editores), *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, (Número Especial - Aureliano Mira Fernandes), (Sociedade Portuguesa de Matemática, Lisboa, 2010), baseado nas palestras convidadas da conferência "Mira Fernandes and his age - An historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)", Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho 2009.
- [ 27] R. Tazzioli, "Mira Fernandes and Levi-Civita's school", *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, (Número Especial - Aureliano Mira Fernandes), editores L. Saraiva e J. T. Pinto, (Sociedade Portuguesa de Matemática, Lisboa, 2010), p. 67, baseado na palestra convidada da conferência "Mira Fernandes and his age - An historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)", Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho 2009.
- [ 28] A. L. de Mira Fernandes, "Levi-Civita", *Gazeta de Matemática* 10, 145 (1942); reimpresso em *Obras*, Volume III (1935-1957), p. 145, ver [1].
- [ 29] E. Cartan, "Les espaces de Finsler", *Actualités Scientifiques et Industrielles* 79 (Hermann, Paris, 1934); reimpresso em *Oeuvres Complètes Part III*, Volume 2, (Gauthier-Villars, Paris, 1955), p. 1392.
- [ 30] C. Costa, "About the correspondence of A. Mira Fernandes to Portuguese mathematicians", *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, (Número Especial - Aureliano Mira Fernandes), editores L. Saraiva e J. T. Pinto, (Sociedade Portuguesa de Matemática, Lisboa, 2010), p. 67, baseado na palestra convidada da conferência "Mira Fernandes and his age - An historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)", Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho 2009.
- [ 31] A. L. de Mira Fernandes, "Notas do Prof. Doutor Aureliano de Mira Fernandes, publicados nos Rendiconti della Accademia dei Lincei, de 1928 a 1937", *Portugaliae Mathematica*, Vol. I, 2ª Parte, Fasc. 4, editor A. A. Monteiro (contém 16 artigos reimpressos em *Obras*, Volume II (1928-1934) e Volume III (1935-1957), ver [1]. Mira Fernandes ainda publicaria outro artigo nos Rendiconti, "Equazioni di struttura dei gruppi di Lie", *Rendiconti della Accademia dei Lincei* 27, 631 (1938); reimpresso em *Obras*, Volume III (1935-1957), p. 59, ver [1].
- [ 32] K. Yano, K. Takano, Y. Tomonaga, "On the infinitesimal deformations of curves in the spaces with linear connections", *Proceedings of the Japan Academy* 22, 294 (1946).
- [ 33] A. L. de Mira Fernandes, "Sur l'écart géodésique, la courbure riemannienne et la courbure associée de Bianchi", *Rendiconti della Accademia dei Lincei* 7, 482 (1928); reimpresso em *Obras*, Volume II (1928-1934), p. 15, ver [1].
- [ 34] K. Arrow, "On the use of winds in flight planning", *Journal of Meteorology* 6, 150 (1947).
- [ 35] A. L. de Mira Fernandes, "Sul problema brachistocrono di Zermelo", *Rendiconti della Accademia dei Lincei* 15, 47 (1932); reimpresso em *Obras*, Volume II (1928-1934), p. 357, ver [1].
- [ 36] E. Zermelo, "Über das Navigationsproblem bei ruhender oder veränderlicher Windverteilung", *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik* 11, 114 (1931).
- [ 37] T. Levi-Civita, "Über Zermelo's Luftfahrtproblem", *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik* 11, 314 (1931).
- [ 38] C. A. R. Herdeiro, "Mira Fernandes and a generalised Zermelo problem: purely geometric formulations", *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, (Número Especial - Aureliano Mira Fernandes), editores L. Saraiva e J. T. Pinto, (Sociedade Portuguesa de Matemática, Lisboa, 2010), p. 179, baseado na palestra convidada da conferência "Mira Fernandes and his age - An historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)", Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho 2009.
- [ 39] A. L. de Mira Fernandes, "Le geodetiche degli spazi unitari", *Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa* 173, 5 (1950); reimpresso em *Português (segundo a versão publicada na Técnica em 1950)* em *Obras*, Volume III (1934-1957), p. 311, ver [1].
- [ 40] J. A. Schouten, *Ricci calculus (second edition)*, Springer, Berlin, 1954).
- [ 41] M. A. Tonnemat, *La théorie du champ unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements* (Gauthier-Villars, Paris, 1955).
- [ 42] J. L. Synge, *Relativity: The general theory* (North-Holland, Amsterdam, 1960).
- [ 43] B. Baritomba, R. Löwen, B. Polster, M. Ross, "Mathematical table turning revisited" arXiv:math/0511490 (2005).
- [ 44] A. L. de Mira Fernandes, "Funzioni continue sopra una superficie sferica", *Portugaliae Mathematica* 4, 69 (1943); apareceu também em português como "Funções contínuas sobre uma superfície esférica", *Técnica* 142, 563 (1943); reimpresso em *Obras*, Volume III (1935-1957), p. 187, ver [1].
- [ 45] A. Einstein, "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", *Annalen der Physik* 17, 891 (1905); para uma tradução inglesa ver, A. Einstein, "On the electrodynamics of moving bodies", em *The principle of relativity: A collection of original memoirs on the special and general theory of relativity*, (Dover, New York, 1923), p. 35; para uma tradução portuguesa ver, A. Einstein, "Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento", em *O princípio da relatividade (Textos fundamentais da Física moderna Volume I)*, (Gulbenkian, Lisboa, 1978), p. 47.
- [ 46] H. Minkowski, "Raum und Zeit", *Jahresberichte der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* (Teubner, Leipzig, 1909); para uma tradução inglesa ver, H. Minkowski, "Space and time", em *The principle of relativity: A collection of original memoirs on the special and general theory of relativity*, (Dover, New York, 1923), p. 73; para uma tradução portuguesa ver, H. Minkowski, "Espaço e tempo", em *O princípio da relatividade (Textos fundamentais da física moderna Volume I)*, (Gulbenkian, Lisboa, 1978), p. 91.
- [ 47] M. von Laue, *Das Relativitätsprinzip* (Braunschweig, Vieweg, 1911).
- [ 48] P. Langevin, *Le principe de relativité* (Etienne Chiron, Paris, 1922).
- [ 49] A. Einstein, "Die Feldgleichungen der Gravitation", *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 844 (1915); para uma tradução inglesa ver, A. Einstein, "The field equations of gravitation", em *The collected papers of Albert Einstein*, Volume 6, (Princeton University Press, Princeton, 1997), p. 117.
- [ 50] T. Levi-Civita, "Nozione di parallelismo in una varietà qualunque e conseguente specificazione geometrica della curvatura riemanniana", *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* 42, 173 (1917); para uma tradução inglesa ver, T. Levi-Civita, "Notion of parallelism on a general manifold and consequent geometrical specification of the Riemannian curvature" (excerpts), em *The genesis of general relativity*, Volume 4, editores J. Renn, M. Schemmel, (Springer, Dordrecht, 2007), p. 1081, ver [51].
- [ 51] J. Renn, M. Schemmel (editores.), *The genesis of general relativity*, Volumes 1-4, (Springer, Dordrecht, 2007).
- [ 52] J. Dias de Deus, T. Peña, *Einstein... Albert Einstein: homem, cidadão, cientista* (Editora Gradiva, Lisboa, 2005).

- [ 53] A. S. Eddington, *The mathematical theory of relativity*, (Cambridge University Press, 2nd edition, Cambridge, 1924).
- [ 54] R. Adler, M. Bazin, M. Schiffer, *Introduction to general relativity*, (McGraw-Hill, New York, 1965).
- [ 55] E. F. Taylor, J. A. Wheeler, *Exploring black holes: Introduction to general relativity* (Addison Wesley Longman, New York, 2000).
- [ 56] D. L. Gagean, M. Costa Leite, "General relativity and Portugal: a few pointers towards peripheral reception studies", em *Studies in the History of General Relativity*, editores J. Einsentaedt and J. Kox, (Birkhauser, Boston, 1992), p. 3.
- [ 57] D. L. Gagean, M. Costa Leite, "Cultura científica em Portugal: a universidade e o ensino científico da relatividade e da quântica na 1ª metade do século XX", em *Universidade(s), história, memória, perspectivas, actas 1*, Congresso História da Universidade, 7º centenário, editores L. R. Torgal e comissão organizadora (Gráfica Ediliber, Coimbra, 1991).
- [ 58] A. J. S. Fitas, "A teoria da relatividade em Portugal no período entre guerras", *Gazeta de Física* 27 (2), 4 (2004).
- [ 59] A. J. S. Fitas, "A teoria da relatividade em Portugal (1910-1940)", em *Einstein entre nós, a recepção de Einstein em Portugal de 1905 a 1955*, editor C. Fiolhais (Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2005), p. 15.
- [ 60] A. J. S. Fitas, "The Portuguese academic community and the theory of relativity", e-*Journal of Portuguese History* 3, 2 (2005).
- [ 61] F. M. da Costa Lobo, "Explicação física da atracção universal", *O Instituto* 64, 611 (1917).
- [ 62] S. Aronson, "The gravitational theory of Georges-Louis Le Sage", *The Natural Philosopher* 3, 51 (1964).
- [ 63] R. Feynman, "O que é uma lei física" (Editora Gradiva, Lisboa, 1989); para o original em inglês, ver R. Feynman, *The character of physical law* (MIT press, Cambridge, Massachusetts, 1965).
- [ 64] E. Mota, A. Simões, P. Crawford, "Einstein em Portugal: o primeiro teste da teoria da relatividade geral e o seu impacto na comunidade científica nacional", em *Einstein entre nós, a recepção de Einstein em Portugal de 1905 a 1955*, editor C. Fiolhais (Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2005), p. 43.
- [ 65] P. Crawford, A. Simões, "O eclipse de 29 de Maio de 1919. A. S. Eddington e os astrónomos do Observatório da Tapada", *Gazeta de Física* 32 (2,3), 22 (2009).
- [ 66] E. Mota, A. Simões, P. Crawford, "Einstein in Portugal: Eddington's expedition to Principe and the reactions of Portuguese astronomers (1917-25)", *British Journal for the History of Science* 42, 245 (2009).
- [ 67] I. C. Moreira, A. A. P. Videira (editores), *Einstein e o Brasil*, (Editora da UFRJ, Rio de Janeiro, 1995).
- [ 68] J. M. Plans y Freire, *Nociones fundamentales de mecanica relativista* (Gráficas Reunidas, Madrid, 1921).
- [ 69] J. M. Plans y Freire, "Processo histórico del cálculo diferencial absoluto y su importancia actual", em *Actas do 1º Congresso Luso-Espanhol para o Progreso das Ciências* (Madrid, 1921).
- [ 70] M. A. da Cunha Mora, *Teorias de Einstein, o princípio da relatividade restrita* (Oficinas da LVMEN, Coimbra, 1922).
- [ 71] M. J. Becquerel, *Le principe de relativité et la théorie de la gravitation* (Gauthiers-Villars, Paris, 1922).
- [ 72] A. Santos Lucas, *Lições sobre a teoria da relatividade*, apontamentos de físico-matemática de António dos Santos Lucas compilados por Francisco de Paula Leite Pinto (Edição manuscrita do autor, Lisboa, 1922-1923).
- [ 73] F. Bragança Gil, "A física em Portugal à volta do annus mirabilis", *Gazeta de Matemática* 150, 4 (2006).
- [ 74] A. Ramos da Costa, *Espaço, matéria, Tempo ou a trilogia Einsteiniana* (Imprensa Lucas e Cª, Lisboa, 1923).
- [ 75] A. Ramos da Costa, *A teoria da relatividade* (Biblioteca Nacional, Lisboa, 1921).
- [ 76] T. F. Glick, *Einstein in Spain: Relativity and the recovery of science* (Princeton University Press, Princeton, 1988).
- [ 77] C. Fiolhais, "Einstein em Lisboa", em *Nova física divertida* (Gradiva, Lisboa, 2007); ver também <http://dererumundi.blogspot.com/2007/09/einstein-em-lisboa.html>.
- [ 78] A. T. Tolmasquim, *Einstein - O viajante da relatividade na América do Sul*, (Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2004).
- [ 79] J. V. Gonçalves, *Lições de Cálculo e Geometria Vol. I* (Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1930).
- [ 80] M. Reis, *O problema da gravitação universal* (Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1933).
- [ 81] D. R. Martins, "Dissertações Einsteinianas em Portugal (1911-1930)", em *Einstein entre nós, a recepção de Einstein em Portugal de 1905 a 1955*, editor C. Fiolhais (Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2005), p. 59.
- [ 82] C. Fiolhais, Sandra Costa, "Livros de divulgação científica publicados em Portugal sobre Einstein e relatividade", em *Einstein entre nós, a recepção de Einstein em Portugal de 1905 a 1955*, editor C. Fiolhais (Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2005), p. 113.
- [ 83] A. Einstein, H. Minkowski, H. Weyl, *O princípio da relatividade* (Textos fundamentais da Física moderna Volume 1), (Gulbenkian, Lisboa, 1978), prefácio de Manuel dos Reis, tradução do alemão de Mário José Saraiva.
- [ 84] A. L. de Mira Fernandes, "Modernas concepções da mecânica", Parte 1, *Técnica* 50, 74 (1933); Parte 2, *Técnica* 51, 113 (1933); Parte 3, *Técnica* 52, 153 (1933); Parte 4, *Técnica* 53, 186 (1933); reimpresso em *Obras*, Volume II (1928-1934), p. 395, p. 403, p. 411, p. 423, ver [1].
- [ 85] A. L. de Mira Fernandes, *Mecânica Racional* (2ª edição, Secção de Fôlhas da Associação de Estudantes do IST, Lisboa, 1943-1944), notas de aula coligidas por Olivio Bento, José de Lucena e Laginha Serafim, 2ª edição revista e aumentada por Henrique Marques Pereira; 1ª Parte - Complementos de análise, 2ª Parte - Complementos de cálculo vectorial, 3ª Parte - Cálculo tensorial ou cálculo absoluto, 4ª Parte - Geometria das massas, 5ª Parte - Complementos de cálculo integral das funções de mais de uma variável, 6ª Parte - Mecânica clássica e mecânica dos fluidos, 7ª Parte - Mecânica relativista, 8ª Parte - Mecânica quântica, Aditamentos (sistemas canónicos, séries trigonométricas, valores próprios e espectro, equações integrais); estas Partes estão distribuídas por quatro livros, o Livro I engloba a 1ª parte, o Livro II as 2ª, 3ª, 4ª, e 5ª partes mais uma fração da 6ª parte, o Livro III o resto da 6ª parte, e o Livro IV as 7ª e 8ª Partes e os Aditamentos. Este curso de mecânica racional encontra-se na biblioteca do Instituto Superior Técnico, Coleção Ferreira de Macedo.
- [ 86] J. Rezende, "O que há para além das mensagens", *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, (Número Especial - Aureliano Mira Fernandes), editores L. Saraiva e J. T. Pinto, (Sociedade Portuguesa de Matemática, Lisboa, 2010), p. 7.
- [ 87] G. Mie, "Grundlagen einer Theorie der Materie", *Annalen der Physik* 37, 511 (1912); para uma tradução inglesa ver, G. Mie, "Foundations of a theory of matter" (excerpts), em *The genesis of general relativity*, Volume 4, editores J. Renn, M. Schemmel, (Springer, Dordrecht, 2007), p. 633, ver [51].
- [ 88] M. Born, L. Infeld, "Foundations of the new field theory", *Proceedings of the Royal Society of London A* 144, 425 (1934).
- [ 89] G. Nordström, "Über die Möglichkeit, das elektromagnetische Feld und das Gravitationsfeld zu vereinen", *Physikalische Zeitschrift* 15, 504 (1914); para uma tradução inglesa ver, G. Nordström, "On the possibility of a unification of the electromagnetic and gravitational fields", em *Modern Kaluza-Klein theories*, editores T. Appelquist, A. Chodos, P. G. O. Freund, (Addison-Wesley, USA, 1987), p. 50.
- [ 90] T. Appelquist, A. Chodos, P. G. O. Freund (editores), *Modern Kaluza-Klein Theories* (Addison Wesley, New York, 1987).
- [ 91] D. Hilbert, "Die Grundlagen der Physik (Erste Mitteilung)", *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse*, 395 (1915); para uma tradução inglesa ver, D. Hilbert, "The foundations of physics (first communication)", em *The genesis of general relativity*, Volume 4, editores J. Renn, M. Schemmel, (Springer, Dordrecht, 2007), p. 1017.
- [ 92] G. Y. Rainich, "Electrodynamics in the general relativity theory", *Transactions of the American Mathematical Society* 17, 106 (1925).
- [ 93] C. W. Misner, J. A. Wheeler, "Classical physics as geometry: Gravitation, electromagnetism, unquantized charge and mass as properties of curved empty space", *Annals of Physics* 2, 525 (1957).
- [ 94] H. Weyl, "Gravitation und Elektrizität", *Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 465 (1918); para uma tradução inglesa ver, H. Weyl, "Gravitation and electricity", em *The principle of relativity: A collection of original me-*

- moirs on the special and general theory of relativity, (Dover, New York, 1923), p. 200; para uma tradução portuguesa ver, H. Weyl, "Gravitação e electricidade", em O princípio da relatividade (Textos fundamentais da física moderna Volume I), (Gulbenkian, Lisboa, 1978), p. 257.
- [ 95] H. Weyl, Raum, Zeit, Materie: Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie (Springer, Berlin, 1918); para uma tradução inglesa da 4ª edição alemã ver, H. Weyl, Space, time and matter (Dover, New York, 1952), p. 282.
- [ 96] A. Einstein, carta a H. Weyl (1918); reproduzida no original em The collected papers of (Gesammelte Schriften) Albert Einstein, Volume 8 Part B (Band 8 Teil B), The Berlin Years (Die Berliner Jahre), Correspondence (Briefwechsel) 1918, editores R. Schulmann, A. J. Kox, M. Janssen, J. Illy (Princeton University Press, Princeton, 1998), Brief 512 (zu Hermann Weyl) Berlin, 19.IV.1918, p. 726; para uma tradução inglesa ver The collected papers of Albert Einstein, Volume 8, The Berlin Years: Correspondence 1914-1918, English translation, A. M. Hentschell (translator), K. Hentschell (consultant), (Princeton University Press, Princeton, 1998), letter 512 (to Hermann Weyl) Berlin, 19 April 1918, p. 532.
- [ 97] F. London, "Quantenmechanische Deutung der Theorie von Weyl", Zeitschrift für Physik 42, 375 (1927); para uma tradução inglesa ver, F. London, "Quantum mechanical interpretation of Weyl's theory", em The dawning of gauge theory, editor L. O'RaiFeartaigh, (Princeton University Press, Princeton, 1997), p. 94.
- [ 98] H. Weyl, "Elektron und Gravitation", Zeitschrift für Physik 56, 330 (1929); para uma tradução inglesa ver, H. Weyl, "Electron and gravitation", em The dawning of gauge theory, editor L. O'RaiFeartaigh, (Princeton University Press, Princeton, 1997), p. 121.
- [ 99] L. O'RaiFeartaigh (editor), The dawning of gauge theory, (Princeton University Press, Princeton, 1997).
- [100] A. S. Eddington, "A generalization of Weyl's theory of the electromagnetic and gravitational fields", Proceedings of the Royal Society of London A 99, 404 (1921).
- [101] A. Pais, Subtle is the Lord, The science and the life of Albert Einstein (Oxford University Press, Oxford, 1982).
- [102] J. A. Schouten, Der Ricci-Kalkül, (Springer, Berlin, 1924).
- [103] E. Cartan, "Sur une généralisation de la notion de courbure de Riemann et les espaces à torsion", Comptes Rendus de l'Académie des Sciences 174, 593 (1922); reimpresso em Oeuvres Complètes Part III, Volume 1 (Gauthier-Villars, Paris, 1955), p. 616.
- [104] E. Cartan, "Sur les variétés à connexion affine et la théorie de la relativité généralisée", Annales Scientifiques de l'École Normal Supérieur 40, 325 (1923); reimpresso em Oeuvres Complètes Part III, Volume 1 (Gauthier-Villars, Paris, 1955), p. 659. E. Cartan, "Sur les variétés à connexion affine et la théorie de la relativité généralisée (suite)", Annales Scientifiques de l'École Normal Supérieur 41, 1 (1923); reimpresso em Oeuvres Complètes Part III, Volume 1 (Gauthier-Villars, Paris, 1955), p. 799.
- [105] V. de Sabbata, M. Gasperini, Introduction to Gravitation (World Scientific, Singapore, 1986).
- [106] M. A. Tonnelat, Les théories unitaires de l'électromagnétisme et de la gravitation (Gauthier-Villars, Paris, 1965), p. 287.
- [107] V. P. Vizgin, Unified field theories in the first third of the 20th century (Birkhäuser, Basel, 1994).
- [108] H. F. M. Goenner, "On the history of unified field theories", Living Reviews in Relativity 7, 2 (2004).
- [109] P. A. M. Dirac, "The quantum theory of the electron". Proceedings of the Royal Society of London A 117, 610 (1928).
- [110] J. P. S. Lemos, "General relativity, differential geometry, and unitary theories in the work of Mira Fernandes", Proceedings of the 12th Marcel Grossman Meeting (Paris 2009), editores T. Damour et al (World Scientific, Singapore, 2011); arXiv:1011.6269 [physics.hist-ph] (2010).
- [111] J. P. S. Lemos, "Unitary theories in the work of Mira Fernandes (beyond general relativity and differential geometry)", Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática, (Número Especial - Aureliano Mira Fernandes), editores L. Saraiva e J. T. Pinto, (Sociedade Portuguesa de Matemática, Lisboa, 2010), p. 147, baseado na palestra convidada da conferência "Mira Fernandes and his age - An historical Conference in honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958)", Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho 2009; arXiv:1012.5093 [physics.hist-ph] (2010).
- [112] A. L. de Mira Fernandes, Fundamentos da geometria diferencial dos espaços lineares (Gráfica do Museu Comercial, Lisboa, 1926); reimpresso em Obras, Volume I (1910-1927), p. 299, ver [1].
- [113] A. L. de Mira Fernandes, "Proprietà di alcune connessioni lineari", Rendiconti della Accademia dei Lincei 13, 179 (1931); reimpresso em Obras, Volume II (1928-1934), p. 221, ver [1].
- [114] P. Straneo, "Intorno alla teoria unitaria della gravitazione e dell'elettricità", Rendiconti della Accademia dei Lincei 13, 364 (1931).
- [115] P. Straneo, "Intorno alla teoria unitaria della gravitazione e dell'elettricità", Rendiconti della Accademia dei Lincei 13, 695 (1931).
- [116] P. Straneo, "Intorno alla teoria unitaria della gravitazione e dell'elettricità", Rendiconti della Accademia dei Lincei 13, 770 (1931).
- [117] P. Straneo, "Teoria unitaria della gravitazione e dell'elettricità", La Rivista del Nuovo Cimento 8, 125 (1931).
- [118] L. Infeld, "Remarques sur le problème de la théorie unitaire des champs", Rendiconti della Accademia dei Lincei 15, 157 (1932).
- [119] A. L. de Mira Fernandes, "Sulla teoria unitaria dello spazio fisico", Rendiconti della Accademia dei Lincei 15, 797 (1932); reimpresso em Obras, Volume II (1928-1934), p. 363, ver [1].
- [120] P. Straneo, "Intorno alla teoria unitaria della gravitazione e dell'elettricità IV - Discussione e perfezionamento della teoria precedente", Rendiconti della Accademia dei Lincei 13, 770 (1932).
- [121] P. Straneo, "Einheitliche Feldtheorie der Gravitation und Elektrizität", Zeitschrift für Physik 77, 829 (1932).
- [122] A. L. de Mira Fernandes, "Sulla teoria unitaria dello spazio fisico", Rendiconti Acc. dei Lincei 17, 227 (1933); reimpresso em Obras, Volume II (1928-1934), p. 387, ver [1].
- [123] T. Levi-Civita, "Diracsche und Schrödingersche Gleichungen", Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin V, 240 (1933).
- [124] A. L. de Mira Fernandes, "La teoria unitaria dello spazio fisico e le equazioni relativiste della meccanica atomica", Rendiconti Acc. dei Lincei 19, 314 (1933); reimpresso em Obras, Volume II (1928-1934), p. 447, ver [1].
- [125] W. Pauli, "Über die Formulierung der Naturgesetze mit fünf homogen Koordinaten, Teil II: Die Diracschen Gleichungen für die Materiewellen", Annalen der Physik 18, 233 (1933).
- [126] C. P. Enz, No time to be brief, a scientific biography of Wolfgang Pauli (Oxford University Press, Oxford, 2002).
- [127] J. P. S. Lemos, "Mira Fernandes on the unification of fields and matter", em preparação (2011).
- [128] A. L. de Mira Fernandes, Elementos da teoria das formas quadráticas, (Gráfica do Museu Comercial, Lisboa, 1924); reimpresso em Obras, Volume I (1910-1927), p. 189, ver [1].
- [129] L. Bianchi, Lezioni di geometria differenziale Volumes 1-3 (E. Spoerri, Pisa, 1894-1902).
- [130] A. Einstein, V. Bargmann, "Bivector fields", Annals of Mathematics 45, 1 (1944).
- [131] A. Einstein, "Bivector fields II", Annals of Mathematics 45, 15 (1944).
- [132] A. L. de Mira Fernandes, "Connessioni finite", Portugaliae Mathematica 4, 205 (1945); reimpresso em Português (segundo a versão publicada na Técnica em 1945) em Obras, Volume III (1934-1957), p. 207, ver [1].
- [133] A. L. de Mira Fernandes, "Transporti finiti", Revista da Faculdade de Ciências 1, 5 (1950); reimpresso em Português (segundo a versão publicada na Técnica em 1950) em Obras, Volume III (1934-1957), p. 301, ver [1].
- [134] A. L. de Mira Fernandes, "Pseudo-estensori", Portugaliae Mathematica 4(1-2), 41 (1943); reimpresso em Obras, Volume III (1935-1957), p. 171, ver [1].
- [135] A. L. de Mira Fernandes, "Grandezze pseudo-estensoriali nella geometria differenziale d'ordine superiore", Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa 2ª série A Vol. II Fase 2ª, 249 (1953); reimpresso em Obras, Volume III (1935-1957), p. 345, ver [1].
- [136] A. L. de Mira Fernandes, "Di alcune proprietà dei pseudo-estensori", Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa 2ª série A Vol. III Fasc 2, 317 (1954-1955); reimpresso em Obras, Volume III (1935-1957), p. 413, ver [1].
- [137] A. L. de Mira Fernandes, "Sugli pseudo-estensori jacobiani", Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa 2ª série A Vol. V Fasc 2, 249 (1956); reimpresso em Obras, Volume III (1935-1957), p. 431, ver [1].
- [138] A. L. de Mira Fernandes, "Estensori jacobiani parziali e derivati", Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa 2ª série A Vol. VI Fasc. 1, 147 (1957); reimpresso em Obras, Volume III (1935-1957), p. 465, ver [1].

- [139] H. V. Craig, Vector and tensor analysis (McGraw-Hill, New York, 1943).
- [140] A. Gião, "The equations of Codazzi and the relations between electromagnetism and gravitation", *Physical Review* 76, 764 (1949).
- [141] R. P. Feynman, "Space-time approach to quantum electrodynamics", *Physical Review* 76, 769 (1949).
- [142] A. Gião, "On the general motion of matter at the cosmological scale", *Physical Review* 80, 755 (1950).
- [143] A. Gião (editor), *Cosmological models* (Centro de Cálculo Científico, Instituto Gulbenkian de Ciência, Lisboa, 1964).
- [144] C. Fiolhais, "António Gião, um eremita científico", *Gazeta da Física* 31(3), 22 (2008).
- [145] A. Mota de Aguiar, "António Gião, apontamento biográfico", *Rerum Natura* (2010), <http://dererummundi.blogspot.com/2010/12/antonio-giao-apontamentos-biograficos.html>
- [146] R. Luís Gomes, *Teoria da relatividade restrita* (Publicações do Núcleo de Matemática, Física e Química, Livraria Sá da Costa, Lisboa, 1938).
- [147] R. Luís Gomes, *A relatividade: origem, evolução e tendências actuais* (Seara Nova, Lisboa, 1938).
- [148] G. Beck, "Zur Theorie binärer Gravitationsfelder", *Zeitschrift für Physik* 33, 713
- [149] G. Beck, "Allgemeine Relativitätstheorie", in *Handbuch der Physik* Volume 4, editor H. Thirring (Springer, Berlin, 1929), p. 299.
- [150] A. J. S. Fitas, A. A. P. Videira, *Cartas entre Guido Beck e cientistas portugueses* (Instituto Piaget, Lisboa, 2004).
- [151] J. Morgado, "Ruy Luís Gomes, professor, e companheiro", *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática* 8, 5 (1985).
- [152] J. Morgado, "Para a história da Sociedade Portuguesa de Matemática", *Textos de História e Metodologia da Matemática do Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra (CMUC)* 4 (1995).
- [153] D. R. Martins, "As ciências físicas em Coimbra de 1850 a 1900", <http://cvc.instituto-camoes.pt/ciencia/e48.html> (2000).
- [154] A. J. S. Fitas, "A ciência em Portugal ao longo do séc. XX (cenas exemplares de um percurso incompleto)", *Prelo* 3, 52 (2006).
- [155] A. L. de Mira Fernandes, "Prémio Nobel da Física", *Técnica* 56, 297 (1934); reimpresso em *Obras*, Volume II (1928-1934), p. 445, ver [1].
- [156] A. L. de Mira Fernandes, "Valores médios em mecânica ondulatória", *Técnica* 34, 66 (1931).
- [157] F. W. Hehl, J. D. McCrea, E. W. Mielkea, Y. Ne'eman, "Metric-affine gauge theory of gravity: field equations, Noether identities, world spinors, and breaking of dilation invariance", *Physics Reports* 258, 1 (1995).
- [158] A. Einstein, G. Mayer, "Einheitliche Theorie von Gravitation und Elektrizität. 1" *Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften ten zu Berlin*, 541 (1931).
- [159] A. Einstein, G. Mayer, "Einheitliche Theorie von Gravitation und Elektrizität. 2" *Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 130 (1932).
- [160] B. Greene, *O universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria final* (Editora Gradiva, Lisboa, 2000); para o original em inglês, ver B. Greene, *The elegant universe: superstrings, hidden dimensions, and the quest for the ultimate theory* (Vintage books, New York, 2000).
- [161] R. Penrose, *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws*

*(As fotografias que ilustram este artigo foram digitalizadas em casa de Adelaide Mira Fernandes, e gentilmente cedidas por Jorge Rezende, que fez a pesquisa)*

# O lugar da física:

## história das ciências, produção de standards e atraso português

Tiago Saraiva

Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa

tiago.saraiva@ics.ul.pt

### Resumo

Quem se interesse pela história da física dos séculos XIX e XX em Portugal tem de estar preparado para enfrentar uma interminável litania sobre o atraso do país. Não parece haver outra forma de abordar o assunto que não seja a de confirmar o divórcio entre o desenvolvimento de uma das disciplinas científicas mais desafiantes do espírito humano e a história contemporânea nacional. Os factos são incontestáveis. Nada há que se assemelhe na produção científica portuguesa da segunda metade do século XIX e primeiras décadas do XX aos trabalhos de William Thomson, J. C. Maxwell, Marie Curie, Max Planck, Henri Poincaré, ou Albert Einstein. E não se trata apenas de afirmar que não faz muito sentido comparar os nossos físicos da Escola Politécnica, da Universidade de Coimbra ou do Observatório Astronómico da Tapada da Ajuda, àquelas luminárias do cânone científico. O desfasamento tem também que ver com os lapsos temporais, por desconhecimento, desinteresse, incapacidade, ou resistência militante, para que teorias como a dos quanta ou a relatividade fossem assimiladas pela comunidade de praticantes da física em Portugal.

Os relatos tendem a atribuir o panorama desolador da física nacional a causas como a generalizada falta de meios ou a escassez de apoios sociais e políticos capazes de sustentar de forma duradoura uma actividade de investigação consequente<sup>1</sup>. Em última análise, a falta de grandes nomes da física em Portugal é apenas mais uma das consequências históricas do atraso português. Para fugir a esta retórica talvez fosse útil começar por seguir os historiadores económicos que têm explorado nos últimos anos, na expressão feliz de Pedro Lains, os progressos do atraso da economia portuguesa<sup>2</sup>. Deixar para trás a obsessão com as causas do atraso, leva, antes de mais, a um renovado interesse

pelo que de facto existiu e não a uma insistência frustrante em explicar o que não existiu. Mas a proposta que aqui pretendo trazer resulta, sobretudo, da história das ciências produzida desde a década de 1980 e das suas leituras do dito cânone científico, no qual assumem lugar destacado os nomes acima citados. A hipótese que pretendo sustentar é a de que essas narrativas não só permitem novas perspectivas sobre figuras históricas como Thomson ou Maxwell, que vão mais além do mero desfilar das suas descobertas para a termodinâmica e o electromagnetismo, como sugerem também novas formas de olhar a física em Portugal. Ou, dito de outra forma, novas leituras de Einstein ajudam muito a perceber a relevância histórica de figuras obscuras como Francisco Fonseca Benevides, ou de instituições modestas como o Observatório Astronómico da Tapada da Ajuda.

Um dos aspectos essenciais na transformação da forma de escrever história das ciências das últimas décadas tem sido o de abandonar as relações simplistas entre ciência e contexto histórico. A velha dicotomia 'história internalista' versus 'história externalista', explorando os praticantes da primeira a forma como a própria lógica de investigação determinava a dinâmica da ciência, e os da segunda a influência do contexto no desenrolar das actividades científicas, deu lugar a relatos onde os próprios cientistas são actores importantes para a compreensão dos contextos históricos em questão. A opção não é entre, por um lado, uma história descarnada do desenvolvimento das ideias em física e, por outro, uma história dos factores sociais, políticos e económicos que influenciaram a disciplina da física. Uma atenção mais detalhada às práticas científicas concretas, em particular ao lugar de produção de conhecimento (laboratórios, museus de história natural, jardins botânicos, ...) e à cultura material dos cientistas (nomeadamente aos instrumentos científicos), tem permitido a produção de narrativas onde

<sup>1</sup> Este tom é muito comum em obras de divulgação sobre a história das ciências em Portugal. Sirva como mostra o conjunto de textos publicados no portal coordenado por Nuno Crato "Ciência em Portugal. Personagens e Episódios" (<http://cvc.instituto-camoes.pt/ciencia/index1.html>).

<sup>2</sup> Pedro Lains, *Os Progressos do Atraso. Uma Nova História Económica de Portugal* (Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais, 2003)

o interno e o externo se confundem e nas quais o contexto não está definido à partida, sendo antes alterado pelas actividades dos cientistas nos laboratórios. Não deixa de ser irónico que muitos dos académicos que se propuseram seguir os cientistas mais de perto tenham sido acusados de perigosos relativistas que transformaram a ciência num objecto de estudos culturais, como se não houvesse distinção entre ciência e outras formas de produção de conhecimento. A ironia está em que foram esses académicos que exploraram o poder explicativo da história da ciência para perceber contextos históricos tão importantes como a Restauração inglesa, a revolução francesa, ou a guerra fria. Os laboratórios passaram a ser locais de passagem obrigatórios para dar conta da história, ou, nas palavras do mais famoso provocador do género, “dai-me um laboratório e eu moverei o mundo”.<sup>3</sup>

Tomemos um caso concreto, para percebermos melhor o que está em jogo. Começemos pela leitura que Crosbie Smith e M. Norton Wise fizeram da vida de William Thomson, mais tarde Lord Kelvin, na biografia “Energy and Empire”.<sup>4</sup> O título remete-nos imediatamente para a ambição de uma história que quer fazer passar o império mais poderoso do século XIX – o britânico – pela física de Thomson. Este ganhou o seu lugar no panteão da história das ciências sobretudo pelas suas investigações em Termodinâmica que sugeriam ser a ‘Energia’ o conceito fundamental da física em contraste com as teorias newtonianas baseadas na ‘Força’. Segundo Thomson, a dinâmica de Newton era pouco apropriada para o mundo industrial da primeira metade do século XIX, no qual proliferavam cidades industriais como a sua Glasgow, cujas fundições, fábricas e estaleiros se moviam ao ritmo do vapor. Para Thomson a dinâmica não devia ser nada mais que a teoria das máquinas de vapor responsáveis pelo progresso da Grã-Bretanha e a expansão do seu império. Ora, a ‘Força’, tal como definida pela segunda lei de Newton, significa a variação de momento por unidade de tempo, com o momento como medida da importância do movimento. Tal definição desagradava profundamente a Thomson que entendia que a importância do movimento produzido por

uma máquina residia na sua capacidade de realizar trabalho, preferindo por isso enunciar a segunda lei de Newton como a variação de energia cinética com a distância. Se os leigos aqui já se perderam, basta dizer que a intenção de Thomson era relegar o conceito de força para segundo plano, elevando o estatuto da noção de trabalho, pois era este que media a acção de uma máquina. Assim o haviam definido os engenheiros que entre 1820 e 1840 aprenderam a traduzir o valor de trabalho de uma máquina como unidade de peso elevada por unidade de altura.

Thomson alargaria a formulação de elevação de pesos em altura para a electricidade e o magnetismo, bem como para o calor. O que unia todos os fenómenos era o conceito de Energia com o Trabalho como medida comum. Do ponto de vista da economia política da época, era o trabalho e não a força que tinha valor de troca. Se todos entendiam a importância da acção de máquinas concretas no quotidiano de Glasgow, poucos eram os que se preocupavam com as abstrações newtonianas que se limitavam a definir força como uma acção sobre um ponto hipotético de massa. Os conceitos fundamentais tinham que ver com máquinas e não com pontos matemáticos. O gosto pela mecânica dos físicos ingleses do século XIX não se limitava ao uso generalizado do conceito de Energia. Thomson desenvolveria mesmo modelos mecânicos do éter que pretendiam explicar os fenómenos associados ao electromagnetismo, ao calor, e à luz. Tais modelos não eram baseados em modelos astronómicos, como era prática corrente na física continental, mas sim na experiência fabril. Crosbie Smith e Norton Wise destacaram a importância do sentir associada a esta forma de conhecimento, onde os olhos e o tacto jogam um papel fundamental na compreensão de causa e efeito como coisa real não abstracta. Thomson encorajava mesmo os seus estudantes a mergulharem esferas em potes de geleia e a agitá-las introduzindo a própria mão para intuírem as interacções de moléculas com o éter. Pierre Duhem, glória da física francesa ridicularizaria assim os toscos métodos dos britânicos: “Este livro (*Modern Views of Electricity* de Oliver Lodge) propõe-se expor as modernas teorias da electricidade. Mas nele apenas se fala de cabos que movem poleias que giram à volta de tambores; de tubos que bombeiam água...; de rodas dentadas que giram encaixadas umas nas outras... Quando pensávamos entrar na tranquila e ordeira casa da razão, encontramos-nos afinal no interior de uma fábrica (Nye, 1996).

Se são evidentes as influências do entorno industrial no cerne da teoria física de Thomson, o caso da telegrafia submarina talvez seja ainda mais revelador. Aqui não se trata apenas de perceber quanto as teorias de Thomson devem à indústria de Glasgow, mas também de seguir quanto deve o progresso de Glasgow como porto imperial às teorias de William Thomson. Na segunda metade do século XIX falar de indústria eléctrica era o mesmo que dizer indústria telegráfica. Em 1890 os investimentos feitos em telegrafia no império britânico andavam à volta dos 90 milhões de libras, cerca de trinta vezes mais que o dinheiro gasto até então com iluminação eléctrica. Os ganhos militares não eram menores, com as tropas britânicas a acorrerem a qualquer

<sup>3</sup> Para a Restauração inglesa ver, Steven Shapin and Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life* (Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1985); para a Revolução Francesa, Ken Alder, *Engineering the Revolution: Arms and Enlightenment in France, 1763-1815* (Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1997); para a Guerra Fria, John Krige, *American Hegemony and the Postwar Reconstruction of Science in Europe* (Cambridge, Mass: MIT Press, 2006). A boutade de Bruno Latour foi publicada em Bruno Latour, ‘The force and the reason of experiment’, in H E Le Grand (ed.), *Experimental inquiries: historical, philosophical and social studies of experimentation in science* (Dordrecht: Kluwer, 1990), pp. 49-80.

<sup>4</sup> *Crosbie Smith and M. Norton Wise, Energy and Empire: A Biographical Study of Lord Kelvin* (New York: Cambridge University Press, 1989)

ponto do império alertadas pelo *tic tac* do telégrafo. Ora, o êxito do programa de extensão da rede de cabos submarinos que punha em contacto vários nós do império é impossível de explicar sem passar pelo laboratório de Thomson em Glasgow. A sua teoria do telégrafo de 1854 fornecia uma explicação quantitativa para os efeitos retardadores de transmissão em cabos subterrâneos e submarinos, indicando o modo de minimizar os seus efeitos. A velocidade do sinal decrescia com o comprimento do cabo, diminuindo a sua qualidade de igual forma. Para manter o sinal a uma velocidade e qualidade constantes era necessário aumentar as dimensões radiais dos fios de cobre e do isolamento de guta-percha que constituíam o interior do cabo de forma proporcional ao incremento de comprimento deste. O problema do retardamento reduzia-se assim a cálculos económicos de custos de materiais, fabrico e colocação do cabo *versus* lucros esperados. Thomson tratou de patentear imediatamente a aplicação da sua teoria, mas mais importante que isso, foi também ele quem no seu laboratório desenvolveu os instrumentos de precisão necessários à manufactura de cabos eficientes, criando os electrómetros e galvanómetros capazes de medir as propriedades eléctricas dos diferentes componentes do cabo, nomeadamente a resistividade do cobre e a capacidade de indução do isolante de guta-percha.

Se os accionistas das companhias de cabos submarinos queriam garantir o sucesso das suas empresas tinham que assegurar a qualidade dos seus fios de cobre definida pelo laboratório de Thomson. Em 1883 este podia proclamar que todos os cabos telegráficos oceânicos tinham feito uso dos seus instrumentos patenteados. Tal monopólio garantiu tanto a riqueza de William Thomson e a sua ascensão na escala social com o título de Lord Kelvin, como o bom funcionamento da rede de cabos do império britânico. Aqui não se trata de um caso simples de ciência aplicada. Nem a teoria, nem os instrumentos, nem sequer as medições, existiam com anterioridade ao empreendimento do cabo transatlântico. O caso tem tanto de indústria de base científica como de ciência de base industrial. Aliás, essa seria a tendência de boa parte da física daí para a frente, com o assunto da precisão a justificar os investimentos feitos nos cada vez mais dispendiosos laboratórios de física.

O famoso laboratório Cavendish da Universidade de Cambridge fundado em 1874, e que seria o palco de algumas das páginas mais gloriosas da física nos anos seguintes, é um bom exemplo. A sua ascensão a centro incontestável da física britânica nos finais do século XIX deve-se muito à combinação conseguida por Maxwell entre respeitabilidade académica exigida pela tradição de Cambridge, e relevância da sua investigação para a indústria eléctrica britânica. Um dos passos importantes de Maxwell para garantir a sustentabilidade da nova instituição terá sido o de transformar o Cavendish no principal centro científico envolvido no grande projecto da *British Association for the Advancement of Science* (BAAS) de determinação de unidades absolutas de resistência eléctrica, no qual Thomson, como seria de esperar, também esteve envolvido. Aqui, é sobretudo ao historiador Simon Schaffer que devemos uma nova versão da história do laboratório como manufactura de Ohms.<sup>5</sup>

Esta estreita ligação entre física e precisão não se limita ao mundo britânico, constituindo um elemento central para a compreensão do desenvolvimento do laboratório de Física mais invejado na transição do XIX para o XX, o *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* (Instituto Imperial de Física e Tecnologia) de Berlim, fundado em 1887.<sup>6</sup> Apesar dos muitos elogios que nos anos anteriores os laboratórios alemães suscitavam por parte de cientistas de países rivais como a Grã-Bretanha ou a França, os membros da elite industrial alemã argumentavam que o excessivo peso das tarefas de ensino dos mais reputados cientistas impediam que a actividade de investigação assumisse maior importância na vida nacional. Werner Siemens, um dos pioneiros da indústria eléctrica que tinha feito da Alemanha uma grande potência económica, era um acérrimo defensor de um novo tipo de instituição científica dedicada unicamente à investigação, capaz de produzir experimentalistas em vez das legiões de professores que saíam anualmente das universidades alemãs. Siemens não duvidou em colocar a sua fortuna ao serviço de tal propósito financiando a criação de um novo instituto, lembrando que a “Inglaterra, a França e a América, aqueles países que são os nossos mais perigosos adversários na luta pela sobrevivência, já reconheceram a importância fundamental da superioridade científica para os interesses materiais...”<sup>7</sup>

Segundo os planos de Siemens o Instituto Imperial estaria organizado em duas secções – Física e Tecnologia, sendo a primeira responsável por desenvolver novo trabalho experimental, enquanto a segunda escolhia os problemas científicos, geria o orçamento e administrava o instituto. Esta secção técnica dividia-se em cinco sub-secções que correspondiam a áreas consideradas estratégicas para o recém-criado Reich: teste de materiais; mecânica de precisão; óptica; termometria; teste de standards eléctricos. Basta esta lista para perceber como podia o instituto assumir a função de braço científico do Reich. Tratava-se de fundar uma autêntica fábrica de precisão, base do sucesso alemão na segunda revolução industrial.

Como líder do Instituto foi escolhido Hermann von Helmholtz, o mais reputado físico alemão da segunda metade do século XIX e, segundo alguns,

<sup>5</sup> Simon Schaffer, “Late Victorian metrology and its instrumentation: a manufactory of Ohms”, *Invisible connections. Instruments, institutions, and science*, eds. Robert Bud and Susan E. Cozzens (Bellingham, Wa: 1992):23-56.

<sup>6</sup> Ver, David Cahan, *An Institute for an Empire. The Physikalisch-Technische Reichsanstalt, 1871-1918* (Cambridge University Press, 1989); David Cahan, “Werner Siemens and the Origins of the Physikalisch-Technische Reichsanstalt, 1872-1887”, *Historical Studies in the Physical Sciences*, 12 (1982): 253-83; David Cahan, “Kohlrausch and Electrolytic Conductivity: Instruments, Institutes, and Scientific Innovation”, *Osiris*, 5 (1989): 167-85.

<sup>7</sup> Cahan, “Werner Siemens...”, 254-5

<sup>8</sup> Cahan, *An Institute for an Empire*, 65.

“o alemão mais ilustre a seguir a Bismarck e ao Imperador.”<sup>8</sup> Helmholtz dividiu a secção científica em três laboratórios: calor, electricidade e óptica. No primeiro desenvolviam-se novos materiais para termómetros, trabalhava-se para aumentar a precisão de medidas termométricas a altas temperaturas e exploravam-se novos designs de máquinas térmicas. No laboratório eléctrico produziam-se standards eléctricos que fossem tanto fiáveis quanto precisos, um assunto especialmente caro a Siemens e a toda a indústria eléctrica alemã. Faziam-se ainda experiências com magnetes, tentando-se minimizar o efeito do ferro nos compassos dos navios da marinha Imperial. Por fim, no laboratório de óptica o grande desafio era estabelecer standards fiáveis para a medição da luz, um assunto crucial para a indústria óptica alemã manter a sua posição dominante no mercado mundial.

Quando Friedrich Kohlrausch substituiu Helmholtz como director, após a morte deste em 1894, a precisão continuou a comandar a actividade do instituto. Afinal Kohlrausch devia a sua reputação como físico experimental às suas investigações em medidas de precisão, tendo desenvolvido vários instrumentos de precisão revolucionários como dinamómetros ou galvanómetros. Não espanta assim que afirmasse, em 1900, que “medir a natureza é uma das actividades características da nossa época.”<sup>9</sup> Nos anos seguintes o Instituto cresceria até se tornar numa instituição sem rival no plano mundial, pelo menos até ao fim da Primeira Guerra mundial, com um financiamento cerca do dobro do seu congénere americano *National Bureau of Standards* e seis vezes maior que o britânico *National Physical Laboratory*. Grande parte dessa expansão devia-se ao investimento feito na secção técnica para responder às necessidades de testes científicos da indústria alemã. Se o estilo de Kohlrausch contrastava com o de Helmholtz pela imposição de uma administração muito mais hierárquica e formal da actividade científica, havia total acordo quanto à função do Instituto: colocar a Física ao serviço do Reich.

É bom ter em conta que se tratou de uma relação simbiótica. Se contar com uma fábrica de precisão era essencial para a afirmação do Reich como potência económica e imperial, com o instituto a prestar importantes serviços tanto à indústria eléctrica como à marinha de guerra, no sentido contrário o próprio desenvolvimento da física beneficiou em larga escala da obsessão com os temas da precisão. Nenhum caso é mais esclarecedor que os trabalhos sobre a radiação do corpo negro. Em 1888 a *Deutscher Verein für Gas und Wasserfachmänner* (associação alemã de especialistas da água e do gás) requisitou ao instituto uma avaliação das unidades então disponíveis para medição de

intensidade luminosa e, se possível, que desenvolvesse um novo standard internacionalmente aceite. Os investigadores, nomeadamente os do laboratório de óptica, começaram então a explorar problemas de radiação luminosa, estabelecendo Wilhelm Wien a lei que leva o seu nome segundo a qual o produto do comprimento de onda da radiação pela temperatura é constante. Deixemos de lado o papel destacado de Wien na mobilização nacionalista da ciência alemã na Primeira Guerra, e recordemos apenas que as medidas de radiações do corpo negro que este desenvolveu para confirmar a sua lei constituíram a base experimental sobre a qual Max Planck construiria a sua teoria dos quanta que revolucionaria a física do século XX.

Restam assim poucas dúvidas quanto às estreitas ligações de Planck, Maxwell e Thomson às indústrias emergentes na segunda metade do século XIX e quanto ao papel destas, nomeadamente o da indústria eléctrica, em qualquer relato sobre o desenvolvimento da física da época. A pergunta óbvia é sobre a relevância desta constatação para a história da física em Portugal. Ora, o que todas estas histórias sugerem é que não temos procurado a física no sítio certo. Até agora o principal foco de atenção tem sido a produção científica dos lentes de Coimbra e da Escola Politécnica de Lisboa, quando nenhuma dessas duas instituições parece ter dado especial atenção ao mundo da precisão que vimos ser fundamental para a física oitocentista. É no até agora desdenhado Instituto Industrial que encontramos a produção de precisão lado a lado com a prática do ensino da física.

O Instituto foi fundado em 1852, iniciando 2 anos mais tarde os seus cursos regulares divididos em níveis elementar, secundário e complementar, destinados a formar, respectivamente, os operários, mestres e directores que regenerariam a indústria nacional.<sup>10</sup> Se muito se tem escrito sobre a relação entre o regime da Regeneração que saiu da insurreição militar de 1851 e obras públicas, não se tem dado a devida importância ao papel da indústria num regime cuja ideologia estava directamente inspirada nas doutrinas utópicas de Saint-Simon que tomavam a tríade comunicação, comércio e indústria, como base de toda a organização social. Faz parte do imaginário nacional a ligação entre Fontes Pereira de Melo e caminho-de-ferro, mas seria bom lembrar que o seu Ministério se denominou Obras Públicas, Comércio e Indústria, transportando assim para a orgânica do estado português os ensinamentos de Saint-Simon. O Instituto Industrial, tal como o Instituto Agrícola, ficaria aliás sob a alçada do dito Ministério criado nesse mesmo ano, revelando o projecto ambicioso do qual a nova instituição fazia parte. O ensino queria-se eminentemente prático, por contraste com o existente até então no país, e ao iniciarem-se as aulas em 1854 foram também inauguradas as oficinas de carpintaria, serralharia, forja, fundição e de instrumentos de precisão.

O local escolhido para o novo estabelecimento também é revelador. Este ocupou o velho edifício do Paço da Madeira, formando gaveto entre a Rua da Boavista (actual Rua de São Paulo) e a futura Rua do Instituto Industrial. Os leitores

<sup>9</sup> *ibid.*, 129.

<sup>10</sup> Tiago Saraiva, *Ciencia y Ciudad. Madrid y Lisboa, 1851-1900* (Madrid, Ayuntamiento de Madrid, 2005), 284-286.

mais familiarizados com a geografia industrial lisboeta oitocentista imediatamente identificarão a área com a zona fabril mais dinâmica da cidade – a Boavista - que se estendia paralela ao rio desde o Cais do Sodré até à actual Avenida D. Carlos.<sup>11</sup> E a verdade é que não seria fácil distinguir as oficinas do instituto das fundições, caldeirarias e serrações que faziam a identidade do bairro. A confusão era tanta que os industriais vizinhos do Instituto não tardaram em queixar-se da concorrência desleal promovida por este ao empregar mão-de-obra barata e executando o mesmo tipo de produtos das restantes instalações fabris. A pressão junto do Ministério resultou no encerramento em 1860 das diversas oficinas do Instituto, com excepção da de instrumentos de precisão.<sup>12</sup> A intenção de José Vitorino Damásio, o principal promotor do Instituto e seu primeiro director, de fazer da instituição uma espécie de oficina modelo na qual se formariam os futuros quadros da indústria nacional parecia assim ter falhado rotundamente. No entanto, a aposta nos instrumentos de precisão revelou-se acertada.

A decisão de 1860 de conservar a oficina de instrumentos de precisão demonstra o lugar único desta no panorama industrial português e a sua capacidade de elemento diferenciador do Instituto em relação ao seu entorno. Não é por acaso que Vitorino Damásio foi o membro do Conselho de Obras Públicas a quem tinha sido encomendado um parecer em 1854 sobre diversas propostas para introdução do telégrafo em Portugal. Damásio na sua qualidade também de industrial empreendedor do Porto confiava na capacidade da indústria portuguesa de montar a nova infra-estrutura e produzir os equipamentos necessários para o funcionamento da mesma no Instituto Industrial.<sup>13</sup> E a verdade é que o serviço de telégrafos com as suas constantes encomendas de receptores, transmissores ou comutadores seria nas cinco décadas seguintes um dos principais clientes da oficina de precisão do instituto e uma fonte óbvia de legitimação da existência desta.<sup>14</sup> Mas além dos serviços de estado, a precisão era também um assunto importante para as indústrias da Boavista. Em nenhum caso é isso tão óbvio como na fábrica da Companhia Lisbonense de Iluminação a Gás, criada em 1847 e que mais tarde, por junção com a firma Gás de Lisboa sediada em Belém, viria a formar as Companhias Reunidas de Gás e Electricidade que montariam a primeira central eléctrica de Lisboa em 1903, justamente na Boavista. Ora a história desta empresa está profundamente imbricada com a do Instituto Industrial, ao que não será alheia a estreita dependência da indústria do gás de instrumentos de precisão tais como manómetros.<sup>15</sup>

Mas talvez seja ainda mais importante lembrar o papel do Instituto na difusão da luz eléctrica em Lisboa, com Francisco da Fonseca Benevides, lente da cadeira de física desde 1854 e mais tarde director do Instituto, participando activamente em iniciativas empresariais como a Companhia Portuguesa de Electricidade. Seria Fonseca Benevides a levar a luz eléctrica ao São Carlos, aproveitando mais tarde o dínamo desta instalação para iluminar as próprias oficinas do instituto. Além disso, era um prolífero divulgador de ciência que combinava uma colaboração assídua em revistas como o Arquivo Pitoresco e o Ocidente com demonstrações em sessões públicas em locais tão privilegiados da sociabilidade da capital como o Casino Lisbonense. Não se conhecem grandes inovações teóricas a Benevides, sendo a sua contribuição mais celebrada a patente de um aparelho para a demonstração das propriedades físicas dos vapores. A vantagem de dito aparelho era a de proporcionar um método simples e barato para fazer demonstrações públicas, em consonância não apenas com a actividade de divulgador de Benevides, mas também com a sua condição de lente de física tanto do Instituto Industrial como da Escola Politécnica.

Basta folhear as “Noções de Física Moderna” de Benevides publicadas pela primeira vez em 1870 e cuja sétima edição seria publicada em 1909 pela Academia das Ciências, para constatarmos que não estamos perante um físico muito sofisticado. A primeira conclusão óbvia é que estamos perante um mero transmissor de conhecimento produzido noutras paragens. Mas na atenção posta por Benevides nas “muitas aplicações à indústria, às artes e às ciências”, percebemos também o à vontade com que se movia na nova cultura material da física associada sobretudo a aparelhos electromecânicos. Nota-se em particular a relevância dada aos sistemas de transmissão por telegrafia e telefonia eléctricas. Ora, o que há uns poucos anos atrás poderia produzir no historiador mais um lamento sobre as limitações da ciência portuguesa, sugere hoje que Benevides é um personagem bem mais interessante do que se poderia pensar à primeira vista. E a sugestão não vem apenas dos casos acima citados, mas também das actuais propostas da história das ciências sobre o caso Einstein.

Se os iconoclastas já tinham enfrentado cientistas tão famosos como Newton, Lavoisier ou Pasteur, a figura de Einstein parecia resistir como último bastião da separação entre ciência e sociedade. Mas o historiador Peter Galison não se assustou com a aura do personagem e decidiu abordá-lo com os instrumentos que têm vindo a ser aperfeiçoados pelos Estudos de Ciência desde os anos oitenta.<sup>16</sup> Em particular, preocupou-se com as práticas labora-

<sup>11</sup> Jorge Custódio, “Reflexos da industrialização na fisionomia e vida da cidade. O mundo Industrial na Lisboa Oitocentista”, *O Livro de Lisboa* 435-492

<sup>12</sup> Francisco Fonseca Benevides, Prefácio a *Instituto Industrial e Comercial de Lisboa, Catálogo Ilustrado dos Objectos Expostos na Exposição Industrial de Lisboa em 1893* (Lisboa: Tipografia da Companhia Nacional Editora, 1893)

<sup>13</sup> Jorge Fernandes Alves e José Luís Vilela, *José Vitorino Damásio e a telegrafia eléctrica em Portugal* (Lisboa: Portugal Telecom, 1995)

<sup>14</sup> Exposição Nacional no Rio de Janeiro. Secção Portuguesa. Direcção da Oficinas do Estado. *Oficina de instrumentos de precisão em Lisboa. Catálogo Ilustrado dos Objectos Expostos* (Lisboa: Imprensa Nacional, 1908).

<sup>15</sup> Ana Cardoso de Matos, “A Indústria do Gás em Lisboa. Uma área de confluência de várias abordagens temáticas”, *Penélope* 29 (2003): 109-129.

toriais de Einstein, entrando no gabinete de patentes de Berna onde o jovem Einstein decidia a sorte de múltiplas inovações tecnológicas. Pela sua mesa de trabalho passavam dezenas de propostas de dispositivos eléctricos para a coordenação em simultâneo de diferentes relógios, um tema importante para Berna no princípio do século e do qual dependiam o bom funcionamento das redes suíças de caminho de ferro, telégrafo e relógios públicos.

Na maior parte das hagiografias do físico alemão o seu posto de inspector de patentes aparece como um mero ganha-pão que o génio incompreendido tinha que suportar para se poder dedicar ao que realmente importava: os elevados assuntos da física teórica. O lendário artigo de 1905, onde pela primeira vez apresentou a sua teoria da relatividade restrita, demonstrava a superior capacidade de abstracção do asceta, capaz de ignorar o monótono trabalho do gabinete de registo de patentes. Invocando Fernando Pessoa, poderíamos ver em Einstein uma espécie de Bernardo Soares cientista, que, enquanto cumpre com brio as suas obrigações de ajudante de guarda-livros na lisboeta Rua dos Douradores, sonha com Samarcanda ou os Mares do Sul. Mas Galison não é adepto da solução dos heterónimos, e em vez de desdobrar Einstein em múltiplos personagens, prefere vincar as profundas conexões entre relatividade e tecnologia. As famosas experiências mentais de Einstein são traduzidas pelo historiador em assuntos materiais. No esquema com que se inicia o citado artigo, um observador equipado com um relógio é colocado no centro do sistema de coordenadas para determinar a simultaneidade de acontecimentos: sempre que sinais electromagnéticos de pontos distantes chegam à mesma hora local ao observador os acontecimentos são simultâneos. Mas este observador desencarnado, que munido apenas de um relógio varreu o conceito de tempo absoluto da mecânica clássica, não é uma mera abstracção do cérebro de Einstein. O esquema refere-se directamente ao muito material sistema de coordenação da hora europeia, feito de cabos eléctricos, geradores e relógios; o relógio do observador não é mais que o relógio mãe com os seus dependentes locais secundários e terciários. Einstein, ao ligar a noção de tempo a tecnologias concretas, trazia para o coração da física a sua experiência de funcionário de patentes, definindo a simultaneidade em função de relógios e da transmissão de sinais electromagnéticos. O tempo universal, que flui uniformemente do venerável Newton, foi substituído pelos tempos de relógios interligados. A simultaneidade produz-se, necessita de máquinas e transmissões, não é um conceito que flutua na esfera imaterial das ideias platónicas.

Vale a pena seguir a pista do Einstein tecnocientífico

<sup>16</sup> Peter Galison, *Einstein's Clocks, Poincaré's. Maps. Empires of Time* (New York / London: Norton, 2003)

até às suas últimas consequências, descobrindo o fascínio deste pelas mesmas máquinas que povoavam abundantemente os livros de Fonseca Benevides. Além da abundante correspondência com as suas amizades sobre bombas de vácuo ou voltímetros, também o pai e tio de Einstein viviam dos aparelhos electromecânicos. Mais reveladoras ainda são as tentativas de produção de novas patentes pelo próprio Einstein, um autêntico 'mãozinhas' que cuidava de todos os detalhes da sua pequena máquina projectada para medir diferenças de tensão mínimas. Mas talvez a imagem do 'mãozinhas' seja excessiva, pois o que se sugere é uma relação entre tecnologia e teoria que não se limita aos velhos clichés da ciência aplicada ou da teoria que nasce da tecnologia: "As reflexões físico-filosóficas não foram a causa da coordenação do tempo de comboios e telégrafos... Nem as vastas redes de relógios coordenados electricamente foram a causa de que filósofos e cientistas adoptassem uma nova convenção de simultaneidade."<sup>17</sup> A imagem proposta é antes a de flutuações constantes entre o concreto e o abstracto, a de mudanças incessantes de escala entre o pequeno gabinete de patentes e as expansivas redes de caminho de ferro e telégrafo, a de transições rápidas entre fios de cobre e metafísica.

Como se não bastasse ter feito do gabinete de patentes de Berna um lugar fundamental para quem quer falar de Einstein, ao tratar Henri Poincaré, outro monstro sagrado da física teórica, Galison obriga-nos agora a passar pelo aparentemente enfadonho e burocrático *Bureau des Longitudes*. É que se Poincaré é muitas vezes citado como tendo proposto uma versão da teoria da relatividade restrita anterior a Einstein, a sua ligação com o mundo material não era menor que a deste. Em 1898, o cientista francês publicou "La mesure du Temps" na *Revue de Métaphysique et Morale*, onde punha em causa as teorias do famoso filósofo Henri Bergson que tomava o tempo como um assunto da intuição humana. Para Poincaré, tal como para Einstein poucos anos mais tarde, o tempo e a simultaneidade eram pelo contrário convenções para as quais havia que acordar procedimentos. A simultaneidade só se podia definir por meio de leitura de relógios coordenados por sinais electromagnéticos.

A coincidência de temas entre Einstein e Poincaré não espanta ao ter em conta a importância que a simultaneidade assumiu no último terço do século XIX. As frequentes colisões de comboios eram invariavelmente atribuídas à multiplicidade de horas locais que dificultavam a integração da rede ferroviária, razão pela qual a unificação do tempo nos diferentes países seguiu o caminho-de-ferro. Os problemas relativos à determinação da longitude não eram menores, pois o método tradicional de transportar um relógio com a hora de origem, fazer uma medição astronómica (por exemplo do momento em que a lua atinge o seu ponto mais alto) e comparar a diferença horária a que o mesmo fenómeno ocorria no observatório metropolitano (uma diferença de 6 horas corresponderia a 90 graus de longitude), produzia grandes erros de determinação de posição, incompatíveis com a expansão colonial. Só a emissão de sinais telegráficos através de cabos transoceânicos libertariam os mapas da dependência de relógios demasiado sensíveis aos movi-

<sup>17</sup> *Ibid*, p. 39.

mentos de um barco, de uma mula, ou à humidade e à temperatura. Bastava que o tic-tac do relógio do observatório fosse enviado por telégrafo para que os cartógrafos pudessem determinar com grande exactidão a sua posição relativamente àquela. O império expandia-se à mesma velocidade que se estendia a rede de cabos transoceânicos, ou dito de outra forma, a expansão imperial seguia a produção de simultaneidade.

Mas que tem tudo isto a ver com o sublime Poincaré, responsável por substituir *a priori* kantianos por convenções? Por meio de Poincaré voltam-se a ligar o alto com o baixo, a física teórica com a tecnologia, o laboratório com o globo. Do seu cargo de director do *Bureau des Longitudes* de Paris, Poincaré participava activamente do grande projecto francês de redesenhar o mapa imperial por transmissão eléctrica do tempo. Na altura em que escreveu o citado artigo sobre a medida do tempo, havia já quatro anos que os problemas da simultaneidade e longitude faziam parte do seu quotidiano. As celebradas considerações sobre a necessidade de que a sincronização de relógios devia tomar em linha de conta o tempo de transmissão, não soariam como palavras revolucionárias para cartógrafos que ao sincronizar os seus relógios na Indochina, nos Andes ou no Senegal, com o relógio mãe de Paris, incluíam de forma sistemática factores de correcção para o tempo de transmissão eléctrica ao longo de fios de cobre. Mas se os funcionários do *Bureau des Longitudes* procediam às correcções sem necessitarem da teoria da relatividade, Poincaré foi capaz de perceber o alcance filosófico de um procedimento que redefinía os conceitos de tempo e simultaneidade. O engenheiro francês, seguindo a melhor tradição da *École Polytechnique* onde teoria e tecnologia sempre andaram de braço dado, estava no ponto de intersecção certo para fazer com que uma regra prática para a produção de simultaneidade funcionasse também na *Revue de Métaphysique et Morale*.

Os caminhos da filosofia mais abstracta ou da matemática mais sofisticada cruzam-se constantemente com políticas imperiais, com relógios de estações suíças ou com cabos submarinos. Trata-se finalmente de perceber porque é que os esotéricos Einstein e Poincaré são fundamentais para um mundo baseado na unificação de diferentes sistemas e na produção de simultaneidade. Símbolos etéreos passam a ser componentes essenciais do mundo material. A Torre Eiffel, monumento de pura celebração tecnológica, sem função prática aparente, passa a emissora de rádio da hora de Paris, produtora de simultaneidade e unificadora da hora europeia sem necessidade da rede imperial de cabos submarinos britânica. Já em 1894, o jovem anarquista Martial Bourdin tinha tentado colocar uma bomba no Observatório de Greenwich, sede do primeiro meridiano, um acto interpretado por Joseph Conrad no seu

romance *O Agente Secreto*, como um ataque ao coração do império britânico. O terrorista parecia ter percebido que a sobrevivência do império dependia directamente da principal fábrica de simultaneidade mundial.

E voltemos a Portugal. Este breve excuro por alguma da bibliografia mais interessante sobre a história da física teve como principal objectivo libertar o olhar do fardo do atraso ao tratar o caso português. Fazer de Benevides o Einstein português é certamente ridículo. Do que se trata é de perceber a relevância de uma personagem como Benevides depois de passarmos pelo Einstein de Galison. Mais do que nos perguntarmos sobre o atraso de Benevides em relação a Einstein, talvez tenha chegado o momento de nos perguntarmos finalmente da importância de Benevides e da física para o mundo lisboeta da transição do XIX para o XX. Para um país no qual a física não parece granjear grandes paixões, surpreende que seja pelo lente de física do Instituto industrial que passe boa parte da história de electrificação da capital, ou que a oficina de instrumentos de precisão do dito instituto tenha tido um papel tão relevante no sistema de comunicações nacional.

A história de Einstein e Poincaré sugere também que os observatórios são sítios bem mais interessantes do que poderíamos pensar à partida. Mais uma vez, tem sido recorrente as queixas de historiadores relativamente ao trabalho desenvolvido nos observatórios astronómicos portugueses na transição do XIX para o XX, sobretudo pela incapacidade destes em acompanharem o interesse crescente pela astrofísica e se limitarem a uma astronomia tradicional de posição. Ora, o que até agora ninguém explorou a fundo é o facto de o Observatório da Tapada da Ajuda, na sua aparência modesta, ser o responsável pelo serviço da hora, tendo-se assim constituído como o grande centro português de produção de simultaneidade, para continuar a usar o jargão de Galison. Como bem sugeriram Ana Simões, Elsa Mota e Paulo Crawford, não foi por acaso que foram os astrónomos os mais atentos leitores de Einstein em Portugal.<sup>18</sup> Mas o que não tínhamos percebido até agora é que esta comunidade era afinal essencial para que as modernas redes eléctricas pudessem funcionar tanto em Portugal como no seu Império.

A física não foi assim um assunto de importância menor em Portugal, uma actividade limitada a uns poucos personagens marginais sempre lutando contra ventos e marés e a incompreensão geral. O que a história das ciências nos tem mostrado nos últimos anos é a dificuldade de pensar o mundo moderno ignorando as contribuições da física. Esta afirmação também é válida para Portugal. O que aqui se sugeriu é o interesse em estudar espaços como o Instituto Industrial ou o Observatório Astronómico da Ajuda para percebermos de que forma as práticas da física constituíram um elemento essencial da experiência portuguesa com a modernidade. Certamente que a atenção aos assuntos da precisão e da produção de standards conduzirá a investigação histórica a espaços até agora negligenciados.

<sup>18</sup> Ana Simões, Elsa Mota, Paulo Crawford, "Einstein in Portugal. Eddington's 1919 expedition to Principe and the reactions of Portuguese astronomers (1917-1925)", *British Journal for the History of Science*, 42 (2) 2009, 245-73.

# O Reactor Português de Investigação na encruzilhada com o desenvolvimento da física moderna em Portugal e os átomos para a paz (1952-1961)

Júlia Gaspar

Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia  
Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, Lisboa

julia.gaspar@mail.telepac.pt

O Reactor Português de Investigação foi instalado em Sacavém num laboratório expressamente construído para o albergar, o Laboratório de Física e Engenharia Nucleares. Entrou em funcionamento em 1961, após um acordo com os Estados Unidos da América para a sua aquisição em 1955, no contexto internacional da Guerra Fria. Este estudo, que lhe é dedicado, procura também determinar a influência do programa nuclear português na formação e na investigação em física e engenharia universitárias.

## Introdução

Em Portugal, a investigação em física atómica no domínio experimental surgia pela primeira vez em 1934, no Laboratório de Física da Universidade de Lisboa. A formação científica dos seus investigadores no estrangeiro, também em física nuclear, foi subsidiada pela Junta de Educação Nacional até 1936 e pelo Instituto para a Alta Cultura que lhe sucedeu. Esta Junta foi criada em 1929 após a tomada de posse de Salazar como ministro das Finanças durante a vigência da Ditadura Militar. Uma instituição de apoio à investigação científica tinha sido uma bandeira da I República que os seus intelectuais e governantes procuraram, sem êxito, implementar.

No Laboratório de Física, sob a direcção de Armando Cirillo Soares (1883-1950), os seus investigadores desenvolveram um trabalho notável para a época. Os principais impulsionadores da investigação foram, além do director, Manuel José Nogueira Valadares (1904-1982), Aurélio Marques da Silva (1905-1965) e Armando Carlos Gibert (1914-1985) demitidos das suas funções enquanto assistentes

na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em 1947. Tratou-se de uma decisão do governo de Salazar com contornos não só políticos mas também académicos [1]. A investigação em física moderna sofria então um rude golpe que afectou a preparação da Universidade portuguesa para responder aos desafios colocados pelo panorama nuclear internacional, no pós II Guerra Mundial. A partir de 1952, o governo português desenvolveu esforços para colmatar algumas dessas deficiências.

Esta exposição pretende esclarecer os factores que conduziram à compra do reactor nuclear de investigação e à sua instalação em Sacavém, no Laboratório de Física e Engenharia Nucleares (LFEN), actualmente designado por Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN). Tratando-se de um equipamento de investigação é possível imaginar que a sua compra se inserisse em projectos de investigação universitária, produção de radioisótopos, e/ou instalação de centrais nucleares. Formulam-se estas hipóteses para esclarecer se a compra do reactor nasceu de um projecto com orientação definida ou se seguiu um caminho errático.



Figura 1 - Vista aérea do LFEN no início da década de 60.

## Criação da Junta de Energia Nuclear

A análise do decreto de 29 de Março de 1954, que criou a Junta de Energia Nuclear (JEN), fornece algumas pistas [2]. A JEN nasceu na Presidência do Conselho de Ministros e para seu presidente foi nomeado José Frederico Ulrich, até esta data ministro das Obras Públicas. O articulado deste decreto não previa um reactor nuclear, embora ele possa justificar a sua compra. O 1º artigo, relativo às atribuições da JEN, refere na alínea a) a promoção e o acompanhamento das “investigações e realizações no domínio da energia nuclear por forma a proporcionar ao País o aproveitamento das suas aplicações”. O 2º artigo relativo às competências é pródigo na definição do apoio da JEN à formação e à investigação no âmbito da energia nuclear, em colaboração com entidades diversas. Destas apenas é nomeado na alínea a), o Instituto de Alta Cultura (IAC), para fixar com a respectiva direcção “as linhas gerais de investigação a cargo dos centros de estudos de energia nuclear, bem como promover nestes a preparação do pessoal”. Na alínea g) programa-se “[c]riar e manter ou subsidiar laboratórios e instalações industriais ou semi-industriais”, sem concretizar o objectivo dessas instalações. De forma igualmente vaga se afirma na alínea i) a competência da JEN para “[a]cordar ou contratar com quaisquer entidades públicas ou privadas, nacionais ou estrangeiras a execução de trabalhos de investigação, projectos ou tarefas de natureza industrial”.

A análise das Actas da JEN é também elucidativa sobre a não existência de um projecto no domínio de reactores ou centrais nucleares. Na primeira reunião de Abril de 1954, Ulrich solicitava aos vogais da JEN presentes, professores catedráticos e engenheiros, informação sobre “o que cada um pensa sobre a actividade científica a imprimir à Junta (alíneas a) a g) do artigo segundo da sua lei orgânica)”. Para o efeito, deveriam debruçar-se sobre os aspectos particulares de cada um dos sectores de ciência representados nessa sessão, “[e]xcelente seria que fossem logo formuladas sugestões práticas para realização dos objectivos em vista”. Também não estava definido o programa de acção, pois na opinião de Ulrich era demasiado cedo para “definir pormenores” antes de receber os “relatórios do que está feito; sugestões sobre o que há a fazer.” [3]

## O atraso na modernização do ensino superior

O problema da formação, tão destacado no Decreto de 1954, era sério e exigia medidas drásticas pois a falta de técnicos e de cientistas especializados punha em causa o funcionamento da JEN. Em 1952, devido a esta grave deficiência do sistema universitário, tinha sido criada uma Comissão Provisória de Estudos de Energia Nuclear do IAC, presidida por Francisco de Paula Leite Pinto (1902-2000) [4]. Esta Comissão, que se tornaria definitiva pelo mesmo Decreto fundacional da JEN de 1954, procedeu então à criação de Centros de Estudos de Energia Nuclear anexos a Faculdades das Universidades Clássica e Técnica de Lisboa, do Porto e de Coimbra. Foram criados 14 centros de estudos e correspondentes laboratórios, (sete

em Lisboa, três no Porto e quatro em Coimbra). Os Centros foram incumbidos de organizar a formação de assistentes e licenciados em Matemática, Física, Electrónica, Química, Geologia e Mineralogia. Em Lisboa, o Centro de Estudos de Física Nuclear, sob a direcção de Julio Palacios que sucedeu a Cirilo Soares à frente do Laboratório de Física após as expulsões de 1947, ficaria instalado no Instituto Português de Oncologia, uma excepção relativamente às restantes instituições universitárias. No Instituto Superior Técnico funcionava o Centro de Estudos de Electrónica dirigido por Manuel de Abreu Faro; em Coimbra, o Centro de Estudos de Física Nuclear ficou sob a direcção de J. Almeida Santos; e, no Porto, o Centro de Estudos de Física Nuclear e de Electrónica tinha a direcção de Carlos Braga [5].

Mas o problema da especialização não ficava resolvido com a criação dos Centros de Estudos de Energia Nuclear tendo sido necessário recorrer à formação em massa no estrangeiro dos especialistas que deveriam superintender a montagem e gestão de novos equipamentos nucleares que a JEN se propunha instalar. Em Outubro e Novembro de 1954, Ulrich deslocou-se ao Reino Unido e à França em missão de trabalho para conhecer como eram tratados os problemas relacionados com a energia nuclear, tanto em centros de investigação como em centros experimentais de produção da United Kingdom Atomic Energy Authority e do Commissariat à l’Energie Atomique. Além disso, esta visita incluiu estabelecimentos de ensino em Oxford e Nancy. O relatório de Ulrich revela como ficou impressionado com o grande avanço que, em relação aos portugueses, levavam os ingleses e os franceses. Sobre os estudantes portugueses ouviu as melhores referências, mas Ulrich reconhecia que o seu plano de estudos tinha como objectivo “suprir as deficiências do ensino técnico e científico português, em que os programas est[avam] manifestamente desactualizados” [6].

A deficiente preparação científica e técnica dos estudantes portugueses era preocupante, nomeadamente em física. Com currículos desactualizados, a física moderna não era ensinada na Universidade. O problema foi resolvido no Instituto Superior Técnico e na Faculdade de Engenharia do Porto, em 1955, com a introdução das disciplinas de Elementos de Física Atómica, Física Nuclear, Mecânica Quântica e Electrónica [7]. Mas as Faculdades de Ciências tiveram que esperar pela Reforma de 1964, que separou a licenciatura de Ciências Físico-Químicas em duas licenciaturas, uma de Física e outra de Química dotadas de novos currículos [8].

## A oferta de reactores de investigação pelos Estados Unidos da América

Como se verificou acima, a aquisição do reactor nuclear de investigação não estava prevista nem nas atribuições nem nas competências da JEN, mas a forma vaga da sua formulação justificava que esta fosse incumbida dessa tarefa. A oportunidade surgiu no âmbito internacional com o discurso do presidente dos Estados Unidos da América, Dwight D. Eisenhower “Átomos para a Paz”, na Assembleia Geral das Nações Unidas, em 8 de Dezembro de 1953. Este discurso envolvia um plano, a ser submetido ao Congresso dos Estados Unidos da América, em quatro pontos dos quais o primeiro propunha “encorajar a investigação à escala mundial sobre as mais eficazes aplicações pacíficas do material de cisão” [9]. Em 1954, este plano foi activado após a aprovação do Atomic Energy Act pelo Congresso que permitia aos EUA concorrer com a União Soviética na oferta de reactores nucleares de investigação a países estrangeiros “para fortalecer os laços com amigos e aliados e ganhar influência junto dos países em desenvolvimento” [10].

Em Abril de 1955, Ulrich visitou Washington onde efectuou conversações com funcionários da Atomic Energy Commission dos EUA (USAEC) e do State Department para tratar, entre outros assuntos da proposta deste país sobre um “Acordo Bilateral” entre os dois países. Segundo a respectiva minuta, no caso em que Portugal pretendesse construir um reactor experimental os EUA ofereciam-se para fornecer material de cisão “até um total contendo 6 kgs de urânio-235 em concentração até 20%”. Recomendavam, além disso, a compra de um tipo de reactor que permitia a investigação, a formação de técnicos para futuras centrais nucleares e, ainda, a produção de radioisótopos. Anunciavam que este tipo de reactor estaria em exposição durante a próxima Conferência Internacional sobre as aplicações pacíficas da energia atómica, a realizar em Genebra em Agosto de 1955. Ulrich anotava que os americanos pretendiam “apresentar à ratificação do Parlamento, durante a sessão legislativa des[s]e ano – que termina[va] em fins de Julho –, alguns acordos desta natureza”. Também lhe pareceu pela forma como se expressavam que o seu objectivo era combater “a propaganda russa no sentido de que os Estados Unidos da América quer[ia]m o monopólio da energia nuclear” [11].

Portugal foi um dos 37 países com os quais foram estabelecidos acordos de cooperação, entre 1955 e 1961. O primeiro foi a Turquia em 10 de Junho de 1955, enquanto Portugal, a Bélgica, o Canadá e o Reino Unido assinavam o acordo no mesmo dia, 21 de Julho de 1955. À excepção do Reino Unido, estes países era fornecedores de urânio, a Bélgica por força da produção da sua colónia do Congo. Outros

países produtores de urânio como a Argentina, o Brasil e a África do Sul também assinaram o acordo respectivamente em Julho de 1955, Agosto de 1955 e Agosto de 1957. A Espanha assinou em Fevereiro de 1958 [12]. O carácter anti-democrático do governo de alguns destes países não oferecia objecções aos EUA, pois “sequioso de matérias primas nucleares e determinado em utilizar reactores de investigação como instrumento da sua política externa.” [13].

## O processo de aquisição do reactor

Entretanto a JEN não apressava a decisão de comprar o reactor. No final do mês de Setembro de 1955, foi visitada por John Hall, representante do State Department na USAEC, quando este diplomata se encontrava “numa peregrinação através de vários países europeus que realizaram acordos daquela natureza”. Nesta missão a JEN foi informada que se adquirisse o reactor ao abrigo do Acordo Luso-Americano, tal como outros países com Acordos Bilaterais que já tinham decidido adquirir um reactor, receberia um subsídio equivalente a cinquenta por cento do custo de um reactor “tipo piscina” de Oak Ridge. O assunto deveria ser submetido a Salazar, após ser estudado por uma comissão, nomeada especificamente para o efeito, presidida por Manuel Rocha, vice-presidente da JEN e director do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e pelos professores catedráticos, vogais da JEN, Carlos Braga, Herculano de Carvalho, Almeida Alves, Vaz Serra e Sousa Câmara, acompanhados por Carlos Cacho, doutorando de Física Nuclear em Oxford, Inglaterra com uma bolsa do IAC [14].

Decorrido pouco mais de um mês após a sua nomeação, a comissão, invocando razões de ordem técnica, económica e de segurança, propunha a aquisição de “um reactor do tipo ‘Swimming Pool’ com uma potência de cerca de 1000 kW (fluxo da ordem de  $10^{13}$  neutrões/cm<sup>2</sup>.s)”. Este reactor era equipado com elementos combustíveis de urânio, barras de controle, aparelhagem de medida e reflector que ficariam imersos numa piscina em que a água teria a função de protecção para as radiações e de moderação dos neutrões. A questão do equipamento era tão importante como a criação na JEN de um Laboratório de Física e Engenharia Nucleares que teria a função de providenciar os meios de formação de



Fig. 2 - Edifício do RPI em Março de 1961.

técnicos especializados, nomeadamente em Física Nuclear, Electrónica e Física, Química e Engenharia dos Reactores. Esta proposta era justificada pelo facto de não existirem nessa altura “quer nas Universidades quer nos Centros de Estudos da Comissão de Estudos de Energia Nuclear [...], por deficiência dos meios apropriados, as condições para que se obt[ivesse] o grau de especialização necessário” [15].

### Os últimos procedimentos

A construção do LFEN foi autorizada por Salazar em 30 de Dezembro de 1955. Em 25 de Junho seguinte, foi desenhada a consulta para a aquisição do reactor a 36 empresas que tinham sido recomendadas pela USAEC. Foram recebidas seis propostas, das quais foi seleccionada a vencedora, com dispensa de concurso público, a AMF Atomic Inc, uma filial da American Machine & Foundry Company de Nova Iorque, que ofereceu o seu reactor pelo preço de 399 800 dólares. O subsídio concedido pelos EUA, 50% do valor do custo total incluindo o edifício e material técnico de investigação, ascendeu a 350 000 dólares. O processo de fornecimento e montagem do reactor foi discutido em Conselho de Ministros de 21 de Janeiro de 1957 que autorizou a transacção.

A autorização de adjudicação do edifício e piscina onde ficou instalado o reactor foi concedida pelo ministro da Presidência Pedro Teotónio Pereira, em 5 de Janeiro de 1959.

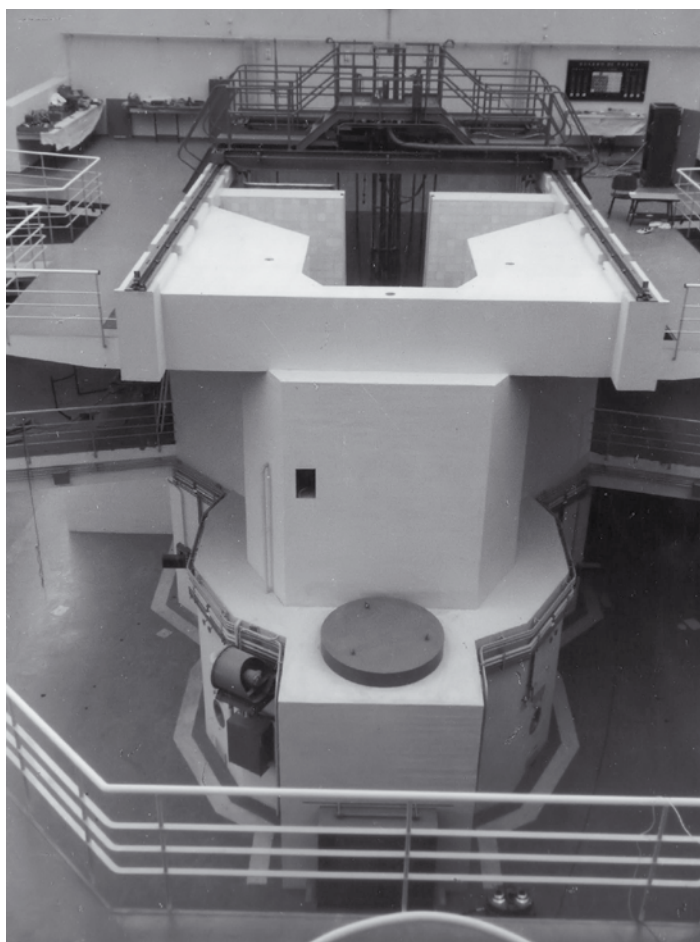


Fig. 3 - Piscina do RPI em Abril de 1961.

O combustível nuclear à base de urânio enriquecido a 20% no seu isótopo 235, foi fornecido pela USAEC em regime de aluguer. Em 24 de Abril de 1961, o Reactor Português de Investigação (RPI), como viria a ser designado, começava a ser carregado com combustível nuclear e, no dia seguinte, atingia a auto-sustentação da reacção de cisão nuclear em cadeia, em regime estacionário, com 3,6 kg de urânio 235. No primeiro dia de funcionamento o reactor operou a baixa potência: 2 W. Portugal foi o trigésimo quinto país a dispor de um reactor nuclear de investigação [16].

### Observações finais

O Reactor Português de Investigação nasceu no seio da política externa americana visando a conquista de adeptos para a sua causa na luta contra o poder soviético, durante a Guerra-Fria. O interesse americano em fomentar a aquisição do reactor é confirmado pelo elevado subsídio que concedeu ao governo português, pouco inferior ao custo do reactor. Este estudo revela, além disso, a intervenção directa de Salazar em todas as decisões que envolveram a compra do reactor e a sua instalação em Sacavém. Um assunto com muito interesse e que levanta interrogações não foi abordado – a inserção do reactor na investigação universitária, física e engenharia, bem como a sua contribuição para a formação de técnicos destinados a projectos de centrais nucleares, após 1961.

### Agradecimentos

Agradeço aos Doutores Jaime Oliveira e José Marques a cedência das fotografias incluídas neste artigo.



**Júlia Gaspar**, tem-se dedicado à história da física em Portugal. Em 2008 apresentou a dissertação de mestrado intitulada “A Investigação no Laboratório de Física da Universidade de Lisboa (1929-1947)” na Secção Autónoma de História e Filosofia das Ciências da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Prepara actualmente o doutoramento sobre o tema “Percurso da física atómica e nuclear em Portugal (1947-1973)”, na mesma instituição.

## Referências

- [ 1] Júlia Gaspar, Ana Simões, “Physics on the Periphery: A Research School at the University of Lisbon under Salazar’s Dictatorship”, artigo aceite para publicação na revista americana, *Historical Studies in the Natural Sciences*, na sua edição de verão de 2011.
- [ 2] Decreto-Lei 39 580 de 29 Março 1954.
- [ 3] JEN, Livro nº 1, Actas das Reuniões Plenárias, Acta nº 1, 27 Abril de 1954, pp. 4 e 4v.
- [ 4] A Comissão Provisória de Estudos de Energia Nuclear do Instituto de Alta Cultura foi criada por despacho do Ministro da Educação Nacional de 10 de Outubro de 1952.
- [ 5] Amândio Tavares, “O Instituto de Alta Cultura e a Investigação Científica em Portugal, II (1951-1960)”, Instituto de Alta Cultura, Lisboa (1961).
- [ 6] José Frederico Ulrich, “Relatório da Missão do Presidente da Junta de Energia Nuclear a Inglaterra e França, de 30 de Outubro a 23 de Novembro de 1954”, 6 de Dezembro de 1954. ANTT, AOS/CO/PC-37, pasta 27, pp. 315-359, na p. 321.
- [ 7] José Moreira de Araújo, “Depoimento”, em H. Machado Jorge, and Jorge M. Costa, “O Reactor Português de Investigação no Panorama Científico e Tecnológico Nacional 1959-1999, Contributo para a história e análise da valia dos laboratórios do Estado”, Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Tecnológico e Nuclear e Sociedade Portuguesa de Física, Lisboa (2001), pp. 95-101, na p. 98.
- [ 8] Decreto-Lei 45 840 de 31 de Julho de 1964.
- [ 9] “Dwight D. Eisenhower’s ‘Atoms for Peace’ Address to the United Nations General Assembly, December 8, 1953”, em Philip L. Cantelon, Richard G. Hewlett, Robert C. Williams, eds., “The American Atom: A Documentary History of Nuclear Policies from the Discovery of Fission to the Present”, University of Pennsylvania Press, Philadelphia (1984), segunda edição 1991, pp.96-104, na p. 103.
- [10] David Fischer, “History of the International Atomic Energy Agency: The First Forty Years”, IAEA, Vienna (1997), p. 29.
- [11] Ulrich para o ministro dos Negócios Estrangeiros, Washington, 20 de Abril de 1955, ANTT, AOS/CO/PC-52, Pasta 4, 6ª subdivisão, pp. 73-75.
- [12] Richard G. Hewlett, Jack M. Holl, “Atoms for Peace and War, 1953-1961: Eisenhower and the Atomic Energy Commission”, University of California Press, Berkeley and Los Angeles: (1989), Anexo 6.
- [13] John Krige, “Atoms for Peace, Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence”, em John Krige, Kai Henrik Barth, eds. “Global Power Knowledge: Science and Technology in the International Affairs”, *Osiris* nº 21 (2006), pp.161-181, na p. 174.
- [14] JEN, Livro nº 1, Actas das Reuniões Plenárias, Acta nº 19, 12 Outubro de 1955, pp. 85 e 85v.
- [15] JEN, “Relatório da Comissão Encarregada do Estudo da Aquisição de Aceleradores de Partículas e de Reactores, Novembro de 1955”, em Jaime da Costa Oliveira, “O Reactor Nuclear Português: Fonte de Conhecimento”, *O Mirante*, Santarém (2005), Anexo 3.
- [16] Uma descrição pormenorizada sobre o reactor e a construção do LFEN encontra-se em Oliveira, “O Reactor Nuclear Português” (ref. 15), pp. 94-110 e Anexos.



## O LIP faz 25 anos!

Sofia Andringa e Catarina Espírito Santo

LIP, Av. Elias Garcia, 14-1.º, 1000-149 Lisboa

catarina@lip.pt

### Resumo

No ano em que o Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas celebra 25 anos de existência, pretende-se abordar de forma breve o contexto da sua criação e, sobretudo, proporcionar uma visão global daquilo que é hoje o LIP e de quais são as suas principais linhas de actividade.

### Introdução

O LIP, Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, foi criado a 9 de Maio de 1986, no contexto da adesão de Portugal ao CERN, com delegações em Lisboa e Coimbra. O nascimento do LIP veio congregar e potenciar os esforços da então embrionária comunidade de físicos experimentais de partículas. Sendo o CERN a primeira organização científica internacional de que Portugal se tornou membro, a história do LIP é um elemento incontornável da história da investigação científica em Portugal. Em particular, o LIP surge com lugar de destaque nos capítulos dedicados à internacionalização da ciência no nosso país e ao enorme impulso que a formação avançada conheceu nas últimas décadas.

Nestes 25 anos o LIP cresceu e transformou-se. Envolve hoje cerca de 170 investigadores, 70 dos quais doutorados, nas suas delegações de Lisboa, Coimbra e Minho. Em 2001, tornou-se Laboratório Associado do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. Através do LIP, Portugal tem estado na primeira linha dos grandes projectos de física de partículas das últimas décadas. Os seus domínios de investigação englobam hoje a física experimental de partículas e astropartículas, o desenvolvimento de detectores e instrumentação associada, aplicações à física médica e computação avançada. As actividades do LIP desenvolvem-se em relação já não só com o CERN mas com diversas organizações de investigação nacionais e internacionais.



Fig. 1 - Cerimónia do hastear da bandeira portuguesa aquando da adesão de Portugal ao CERN, em que estiveram presentes vários dos membros fundadores do LIP.

### Física de Partículas

A participação nas grandes linhas de investigação do CERN tem constituído o núcleo central das actividades do LIP. Nos primeiros anos, os dois grandes pilares foram os estudos sistemáticos da física de partículas à escala electrofraca, na experiência DELPHI, no acelerador LEP; e várias experiências no programa de iões pesados, que culminou com a contribuição decisiva da experiência NA50 para a observação do plasma de quarks e gluões, um estado da matéria que nos transporta a fases primitivas da evolução do Universo.

Actualmente, o LIP está envolvido na experiência COMPASS, no CERN, dedicada ao estudo da estrutura da matéria, em particular da contribuição de quarks e gluões para o spin do nucleão, sendo responsável pelo sistema de controlo do detector. O LIP participa igualmente em HADES, no GSI, sendo responsável por um detector de tempo de voo

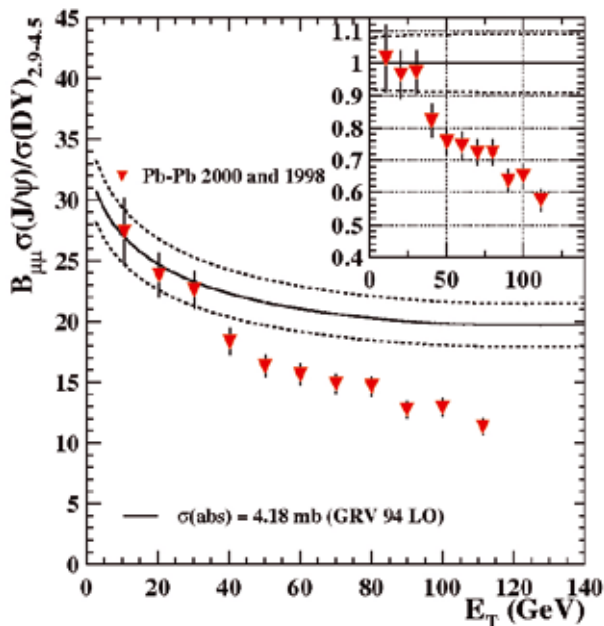


Fig. 2 - Supressão anómala do J/Y em colisões chumbo-chumbo em função da densidade de energia atingida na colisão. Com esta observação NA50 contribuiu de forma decisiva para a descoberta do plasma de quarks e glúões.

baseado em RPCs. Ambas as experiências estão actualmente a tomar dados.

A participação no LHC, o grande anel de colisão próton-próton do CERN, é, sem dúvida, um aspecto central das actividades actuais do LIP. Trata-se do maior acelerador de partículas de sempre, e o LIP colabora nas experiências ATLAS e CMS. Ambas as equipas tiveram responsabilidades na construção, teste e instalação de detectores - o calorímetro hadrónico TileCal, em particular os seus componentes ópticos, no caso de ATLAS-LIP; e o calorímetro electromagnético ECAL, em particular a sua electrónica, no caso de CMS-LIP.

As primeiras colisões de prótons no LHC, a metade da energia nominal, mas a mais alta atingida em laboratório, ocorreram em Março de 2010, iniciando um período estável de tomada de dados que superou todas as expectativas. No fim de 2010, e durante cerca de 3 semanas, o LHC forneceu dados da colisão de iões de chumbo.

Para as equipas do LIP que trabalharam durante mais de 15 anos na preparação destas experiências, os 25 anos do LIP coincidem com um verdadeiro virar de página. Com o início da tomada de dados do LHC, o foco das actividades deslocou-se, muito naturalmente, para a sua análise.

Para ambos os grupos LHC do LIP, a física do quark top figura na lista das prioridades, assim como a física dos iões pesados. A procura do bosão de Higgs, a única “peça” em falta neste puzzle de partículas elementares, é ainda um objectivo incontornável!

## Astropartículas

A física das astropartículas conheceu um desen-

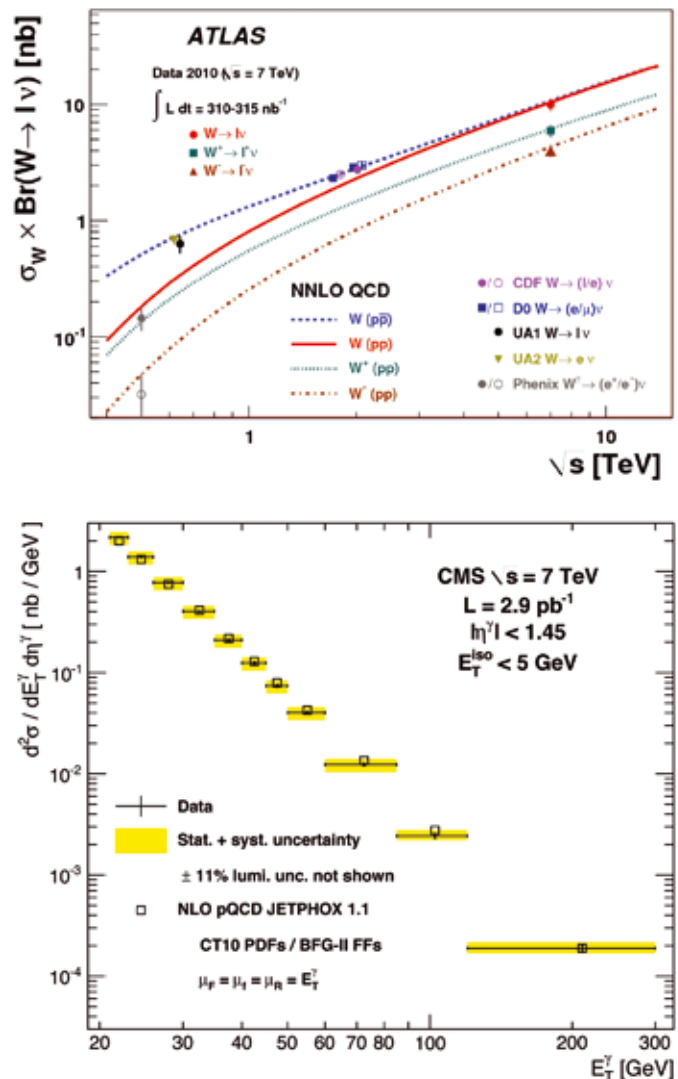


Fig. 3 - Exemplos dos primeiros resultados do LHC: ATLAS - Secção eficaz de produção do bosão W em função da energia; CMS - Secção eficaz de produção de fótons isolados a uma energia no centro de massa de 7 TeV.

volvimento notável nos últimos anos. Trata-se de uma área de investigação na fronteira entre a física de partículas, a astrofísica e a cosmologia. O LIP organizou, em 1996 e depois de dois em dois anos, os encontros internacionais *New Worlds in Astroparticle Physics*, em parceria com grupos teóricos e experimentais de astrofísica e cosmologia. A partir daí, envolveu-se em alguns dos grandes projectos nesta área.

O LIP é membro do Observatório Pierre Auger, o maior observatório do mundo dedicado ao estudo dos raios cósmicos de mais alta energia, que cobre uma área de 3000 km<sup>2</sup>. Estas partículas são extremamente raras e a sua origem permanece um mistério. Auger tem obtido resultados importantes sobre a direcção de chegada das partículas e a sua interacção na atmosfera a energias muito superiores às do LHC.

Em AMS estudam-se raios cósmicos de energia mais baixa. Este complexo detector de partículas, instalado na Estação Espacial Internacional desde 25 de Maio deste ano, recolherá dados sobre a anti-matéria no Universo, entre outros



Fig. 4 - Instalação do detector AMS na Estação Espacial Internacional, em Maio deste ano. Na imagem vemos a transferência do detector do vaivém espacial para a Estação.

temas fundamentais. O LIP trabalha também desde 2004 com a Agência Espacial Europeia no estudo de ambientes de radiação no espaço, em contratos envolvendo também a indústria portuguesa.

O LIP participa igualmente na procura da matéria escura, que deverá constituir cerca de 25% do Universo. Vários modelos prevêem a existência de novas partículas apenas com interação fraca, que poderiam explicar esta massa invisível mas nunca foram criadas nos aceleradores. O LIP participou nos projectos ZEPLIN e está agora envolvido no projecto LUX para o desenvolvimento de um detector com uma sensibilidade cerca de 100 vezes superior. O longo trabalho do LIP no desenvolvimento de detectores de Xénon líquido é um dos ingredientes essenciais desta participação. No campo da oscilação de neutrinos, o LIP participa em SNO+, uma experiência situada no laboratório subterrâneo mais profundo do mundo, no Canadá, que deverá iniciar a recolha de dados de neutrinos solares em 2013, para melhorar tanto os modelos do Sol como os modelos da massa dos neutrinos.

## Detectores

Herdeiro de um grupo que se dedicou, desde a década de 1970, ao estudo dos detectores gasosos de radiação, o LIP tem já a sua longa história na área dos detectores de radiação. As actividades destes 25 anos incluíram tanto o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos tipos de detectores, como o planeamento, construção e operação de detectores complexos em projectos internacionais.

O LIP tem hoje um papel de liderança reconhecido internacionalmente nos detectores de RPCs, dispositivos robustos que possibilitam medidas de tempo extremamente precisas. Por permitirem instrumentar áreas grandes a custo moderado, as RPCs têm sido alvo de um interesse crescente nos últimos anos. O primeiro grande projecto foi a construção de um detector de tempo de voo para o espectrómetro HADES, do GSI. Estão actualmente em curso projectos que visam a aplicação de RPCs à imagiologia médica. E estudam-se questões relacionadas com a sua operação “no terreno”, para possível aplicação em experiências de raios cósmicos.

A caracterização e optimização de detectores gasosos equipados com microestruturas tem sido outra das apostas do LIP nesta área. Estes desenvolvimentos têm lugar no quadro de colaborações internacionais, sendo os detectores projectados de acordo com as aplicações em vista.

Têm sido igualmente levados a cabo estudos sobre a caracterização quer de fotossensores, quer de cintiladores gasosos, para diferentes tipos de detectores e aplicações. No âmbito de colaborações internacionais estão em andamento outras aplicações à física de partículas e à física nuclear: NeuLAND, para detecção de neutrões de alta energia, MILAND, para neutrões térmicos, e a Colaboração RD51, do CERN, para detectores de eléctrodos segmentados, incluindo de dupla fase (líquido e gás).

Por outro lado, é também longa a tradição do LIP na calorimetria, com numerosos projectos de investigação e desenvolvimento, em particular usando leitura por fibras ópticas. Como resultado directo, o LIP assumiu responsabilidades importantes na construção e teste do STIC, o calorímetro electromagnético de baixo ângulo de DELPHI no LEP, e, sobretudo, do TileCal, o calorímetro hadrónico de ATLAS no LHC. Para ambos os projectos, foram testados em Portugal muitos milhares de fibras ópticas e de telhas de cintilador.



Figura 5 - O detector interno de tempo de voo de HADES é baseado em câmaras de placas resistivas (RPCs) e foi construído pelo LIP.

## Instrumentação e Física Médica

Desde a sua fundação, o LIP procurou manter e desenvolver competências em tecnologias avançadas de interesse directo para as actividades de investigação em física de partículas, algumas delas passíveis de ser aplicadas noutros domínios. Em diversos projectos, tem tido responsabilidades no desenho, implementação e/ou operação de sistemas de aquisição de dados, sistemas de *trigger* e sistemas de controlo de experiências. As aplicações à física médica têm tido um especial impacto nos últimos anos.

O LIP tem dois grandes projectos de imagiologia médica, mais especificamente em tomografia por emissão de positrões (PET). Procuram desenvolver técnicas que permitam melhorar a qualidade das imagens recolhidas, nomeadamente a resolução em posição, reduzindo também a dose recebida pelo paciente e o tempo de duração dos exames. Os grupos do LIP desenvolveram protótipos baseados em duas tecnologias completamente distintas: cristais cintiladores e RPCs. Em ambos os casos, os projectos tiveram como ponto de partida a experiência com o mesmo tipo de detectores em projectos de física de partículas.

Um scanner PET para mamografia baseado em cristais cintiladores está actualmente em teste no ICNAS, na Universidade de Coimbra. Relativamente às RPCs, está já a recolher dados um protótipo para pequenos animais, enquanto um protótipo humano de corpo inteiro está a ser desenhado.

O LIP tem ainda vindo a desenvolver projectos na área da radioprotecção, radiologia, radiobiologia, radioterapia e radiação ambiente. Nos projectos de física médica, o LIP colabora com a comunidade ligada à biomedicina e às tecnologias da saúde, incluindo parceiros nacionais e internacionais das áreas da investigação e da indústria. Nestas actividades, o LIP utiliza instalações como laboratórios e hospitais universitários, mas também as suas próprias infra-estruturas.

A oficina de mecânica do LIP, em Coimbra, foi criada em 1987. Embora ligada à investigação do laboratório, tem também produzido trabalho para outros grupos e instituições de diferentes áreas. O equipamento disponível na oficina, aliado ao seu pessoal técnico altamente qualificado, permitem a realização de trabalhos de mecânica de precisão com grande qualidade. A oficina especializou-se na construção de vários tipos de detectores, equipamento de vácuo e criogenia. O LIP possui ainda um laboratório de electrónica rápida, que apoia os projectos nesta área, explorando sinergias entre os vários grupos de investigação.

## Computação

O LIP desenvolveu competências em computação



Fig. 6 - Exemplar da câmara de faíscas produzida nas oficinas do LIP para fins de divulgação e ensino.

avançada que, sendo de interesse estratégico para as áreas de investigação do laboratório, têm um campo de aplicação muito mais vasto. Em pleno funcionamento, as experiências do LHC acumularão cerca de 8000 Terabytes de dados por ano, que terão que ser processados. O LIP tem participado em diversos projectos de computação *grid* para o desenvolvimento, implementação e operação das infra-estruturas de cálculo das experiências do LHC, e também para uso genérico.

A computação *grid* tem como objectivo a integração transparente de recursos que podem pertencer a organizações independentes, escondendo as suas especificidades e apresentando uma interface homogénea aos utilizadores. Desta forma, podem criar-se grandes infra-estruturas de computação a partir de recursos dispersos que surgem aos utilizadores como um único sistema. A computação *grid* é usada intensivamente em diversos domínios científicos e tecnológicos: a meteorologia, a medicina, a engenharia aeroespacial e, claro, a física de altas energias!

O LIP participa em alguns dos maiores projectos internacionais nesta área, tanto do CERN como da União Europeia. No contexto da Iniciativa Nacional Grid, o LIP opera o nó central de computação Grid, o maior centro científico de computação em Portugal. Estes recursos de computação estão acessíveis à comunidade de investigação num conjunto vasto de domínios científicos.

## Ensino

O estabelecimento de laços fortes entre a investigação e a formação avançada é para o LIP uma prioridade. Os grupos de investigação deste laboratório contam com algumas dezenas de estudantes de várias universidades que preparam teses de mestrado ou doutoramento. Na última década, centenas de jovens engenheiros realizaram estágios no CERN, ESA e ESO sob supervisão do LIP.

Desde 2010, o LIP apoia a coordenação da rede internacional de doutoramentos IDPASC, que agrupa universidades de diversos países europeus e instituições de investigação em Física de Partículas, Astrofísica e Cosmologia, incluindo o CERN. Esta rede tem o objectivo de promover a criação de programas de formação comuns, reforçando a mobilidade de estudantes, professores e investigadores entre as várias instituições.

O LIP promove inúmeras actividades de divulgação científica, em particular junto dos estudantes e professores do ensino secundário, com o apoio da Ciência Viva. O projecto da Radiação Ambiente envolve 55 escolas e as *masterclasses* em física de partículas chegam anualmente a mais de mil estudantes. Centenas de professores já frequentaram a Escola de Física no CERN em língua portuguesa.

## Conclusão

Em 25 anos o LIP cresceu e diversificou as suas actividades. Uma estreita ligação entre as várias áreas de investigação mantém a coesão e assegura a partilha de recursos, esforços e informação. O LIP desenvolveu e consolidou o seu papel de formação, quer no sentido do ensino avançado quer ao nível da divulgação, potenciando a sua capacidade de intervenção na comunidade.

## Para saber mais

<http://www.lip.pt>

<http://www.cern.ch>

<http://www.gridcomputing.pt>

<http://www.idpasc.lip.pt>



### Catarina Espírito Santo

nasceu em Lisboa em 1970. Estudou Física na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Doutorou-se em Física de Altas Energias pela Universidade de Lisboa em 1998. Durante os seus estudos de pós-graduação trabalhou no LIP, integrada na equipa que então participava na Experiência DELPHI do anel de colisão LEP do CERN, e foi bolseira da FCT. Entre 1998 e 2001 trabalhou a tempo inteiro em Genebra como bolseira de pós doutoramento (*fellow*) do CERN. É investigadora do LIP desde 2004, trabalhando actualmente na área dos raios cósmicos de alta energia, nomeadamente no Observatório Pierre Auger.



### Sofia Andringa

licenciou-se em Física pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em 1997, realizou o mestrado (pela FCUL) e o doutoramento (pelo IST em 2003) em Física de Partículas, integrada no grupo do LIP que participava na experiência DELPHI, no acelerador LEP, do CERN. Trabalhou depois na experiência K2K, de oscilação de neutrinos, durante um pós-doc no IFAE de Barcelona, regressando ao LIP em 2006, para integrar os grupos de física experimental de astropartículas no Observatório Pierre Auger e no Observatório de Neutrinos Solares (SNO+).

# Associação Euratom/IST: vinte anos a contribuir para criar um sol na Terra

Carlos Varandas <sup>(1)</sup> e Bruno Gonçalves <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Superior Técnico e Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear

<sup>(2)</sup> Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear

Este trabalho apresenta um resumo global da actividade Portuguesa nos últimos vinte anos em Fusão Nuclear, realizada no âmbito da Associação Euratom/IST.

## Introdução

Já passaram vinte anos sobre a entrada em vigor, em 1 de Janeiro de 1990, do Contrato de Associação entre a European Atomic Energy Community (Euratom) e o Instituto Superior Técnico (IST) [1]. Este importante instrumento legal enquadra a participação Portuguesa no Programa de Fusão da Euratom, o qual tem por objectivo final a construção de uma central eléctrica de Fusão Nuclear. Como estas reacções são a fonte de energia do Sol, a construção desta central significa a obtenção de um “sol” na Terra, providenciando-se uma nova tecnologia energética muito poderosa, limpa, praticamente inesgotável, segura, amiga do ambiente e economicamente muito atractiva [2].

## Objectivos da Associação Euratom/IST

O Plano de Acção da Associação Euratom/IST, actualmente coordenado pelo Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear (IPFN) [3], tinha cinco objectivos principais:

- Criação em Portugal de um laboratório de plasmas de Fusão Nuclear;
- Participação em projectos internacionais de grande dimensão, através da realização de sub-projectos de responsabilidade nacional;
- Integração de Portugal nas iniciativas comuns do Programa de Fusão da Euratom;
- Realização de actividades de acompanhamento da energia de fusão nuclear por confinamento inercial;
- Interação com a Sociedade.

O primeiro objectivo foi concretizado através do projecto, montagem, teste, operação e exploração científica do tokamak ISTTOK (Figura 1). Esta experiência de confinamento magnético tem sido usada como pólo de atracção de alunos, no apoio à formação, treino e divulgação científica, no desenvolvimento de novas técnicas de diagnóstico (como, por exemplo, o analisador da deflexão de um feixe de iões

pesados, o diagnóstico de espalhamento de Thomson multiponto, reflectómetros de micro-ondas), no teste de novos sistemas de controlo e aquisição de dados e na realização de estudos de fenómenos de transporte e turbulência, da influência de sinais eléctricos no confinamento e na estabilidade do plasma e de descargas com corrente de plasma alternada. A componente internacional tem tido um peso muito importante nos programas da Associação Euratom/IST (Figura 2) e tem conduzido a resultados muito importantes: (i) Portugal participa nos programas de vários tokamaks (TCV, MAST, ASDEX-U, FTU, COMPASS, TORE SUPRA, TCA/Br e ETE) e *stellarators* (TJ-II e W7-X) de outras Associações Euratom e de instituições brasileiras, no projecto comunitário JET [4] e no projecto mundial ITER [5]; e (ii) a nossa competência é reconhecida nas áreas da reflectometria de micro-ondas, controlo e aquisição de dados, manipulação remota e teoria e modelização, sendo muito provável que o IST venha a liderar projectos nestas áreas para o ITER.

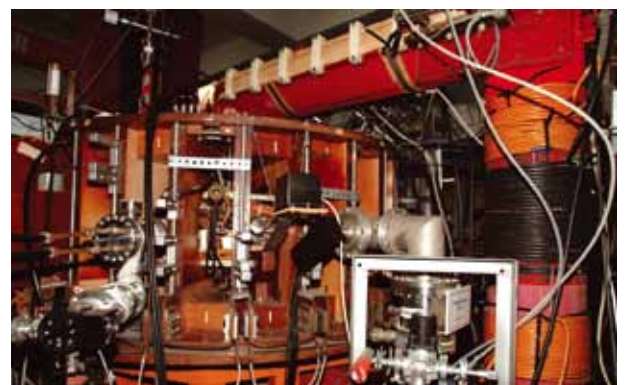


Fig.1 - Tokamak ISTTOK



Fig. 2 - Colaborações internacionais da Associação Euratom/IST

Portugal, através da Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (JNICT), da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) ou do IST, integra, ou integrou, as iniciativas comuns deste programa comunitário: o JET Joint Undertaking, o Next European Torus, o Acordo de Mobilidade, o European Fusion Development Agreement (EFDA) [6] e o European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy (F4E) [7].

A Associação Euratom/IST tem acompanhado as actividades conducentes à obtenção de energia de fusão nuclear por confinamento inercial e realizado trabalho inovador, tirando partido das infra-estruturas experimentais e competências do Grupo de Lasers e Plasmas. Atenção particular tem sido dada ao HiPER [8], um projecto que integra o Programa de Infra-estruturas da Comissão da União Europeia. A Associação Euratom/IST tem dado muita atenção às actividades relacionadas com a formação e treino de físicos, engenheiros e técnicos, à organização de reuniões científicas internacionais e a divulgação de Ciência e Tecnologia. Mais recentemente, temos procurado encontrar parceiros para a comercialização dos nossos produtos de electrónica digital e temos dado apoio logístico e técnico à participação de empresas portuguesas nos concursos realizados pela F4E e pela ITER International Organization no âmbito da construção do ITER.

### Indicadores de actividade

A Associação Euratom/IST tem, em curso, cerca de 30 projectos de investigação e desenvolvimento (I&D) e participa em dois programas de doutoramentos europeus em Fusão Nuclear, um dos quais financiados pelo Programa Erasmus Mundus. De entre os projectos de I&D é importante referir o trabalho no JET, com relevo particular para a participação nas campanhas experimentais deste tokamak onde, desde 2002, o IST tem sempre tido uma das cinco maiores contribuições dos Associados do EFDA (Figura 3). Este resultado é tanto mais importante quanto conduz a um retorno financeiro muito superior aos montantes pagos pela FCT para o orçamento do JET (Figura 4). Igualmente importante

é a participação no ITER, o primeiro reactor experimental de Fusão Nuclear, em construção em Cadarache (França), no âmbito de uma colaboração internacional que engloba a Euratom, o Japão, os Estados Unidos, a China, a Coreia do Sul, a Índia e a Federação da Rússia. Portugal já obteve contratos na área da manipulação remota (dois), do controlo e aquisição de dados (dois) e da integração de sistemas (um), os quais envolvem outras unidades de investigação (ISR, INESC-ID) e empresas nacionais (Inov e ActiveSpace Technologies) e estrangeiras (EADS ASTRIUM e Indra). Num futuro breve, o IPFN conta participar no consórcio LIDAR e liderar o consórcio para o desenvolvimento do reflectómetro do controlo de posição, especialmente depois dos resultados experimentais excelentes, obtidos no início de Julho, por pessoal desta unidade no controlo da posição da coluna de plasma do ASDEX-Upgrade.

Na Associação Euratom/IST trabalham, actualmente, cerca de 100 pessoas (eram menos de vinte em 1990), das quais 47 têm Doutoramento, na grande maioria já realizado no âmbito deste Contrato. Este pessoal é contratado não só pelo IST, através do IPFN e do Instituto de Sistemas e Robótica, mas também pelo Centro de Electrónica e Instrumentação da Universidade de Coimbra, Departamento de Física da Universidade da Beira Interior, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Instituto Tecnológi-

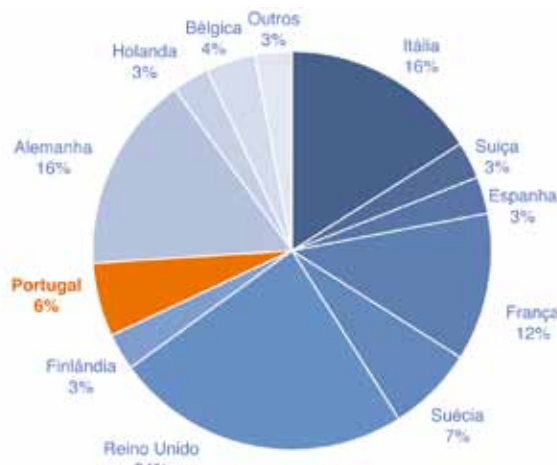


Fig. 3 - Participação dos Associados do EFDA nas campanhas de 2000 a 2007

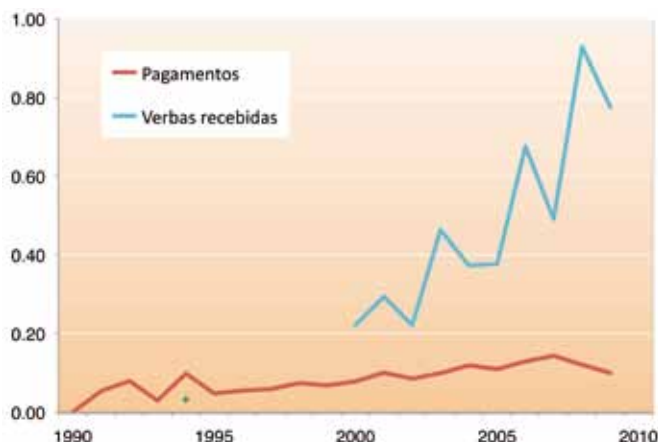


Fig. 4 - Evolução dos pagamentos ao JET e das verbas recebidas em contratos

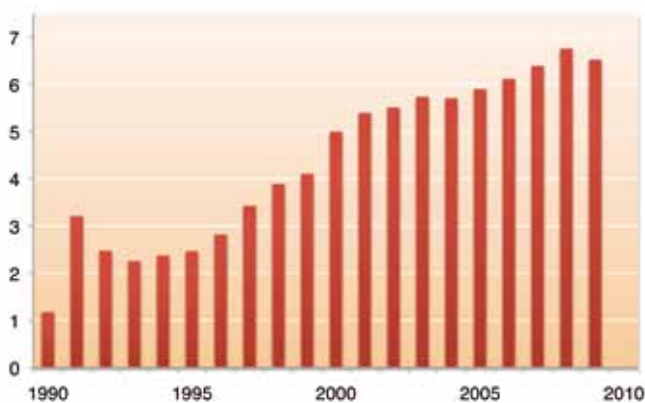
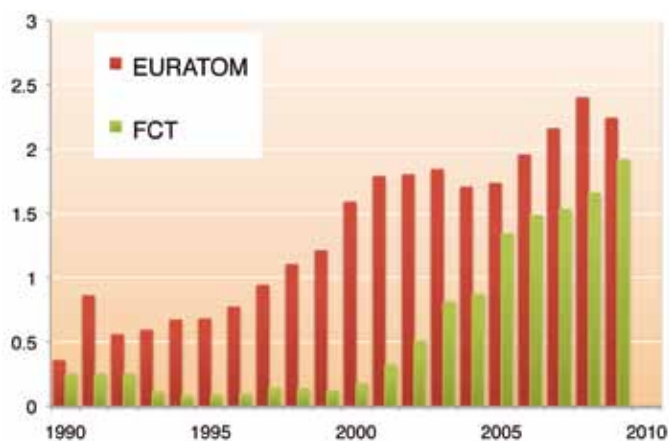


Fig. 5 - Despesa anual da Associação Euratom IST (cima) e contribuições anuais da Euratom e da FCT (baixo), em milhões de Euros.



co e Nuclear e Instituto Nacional de Energia e Geologia. Este pessoal tem competência em micro-ondas, controlo em tempo real e aquisição de dados, manipulação remota, óptica aplicada, feixe de partículas, tecnologias de vácuo, ciências de materiais, computação avançada, magneto-hidrodinâmica, geração de corrente e aquecimento do plasma e modelização de tokamaks. A Figura 5 apresenta a evolução da despesa total da Associação Euratom/IST e das contribuições da Euratom e da FCT. A despesa tem um pico inicial em 1991, correspondente à montagem do ISTTOK, e depois um crescimento contínuo até 2008. A contribuição da FCT teve crescimentos significativos em 2002, com a assinatura do contrato de Laboratório Associado, e em 2009, devido à contratação de investigadores nos Programas Ciência. A criação de emprego científico e a formação de recursos humanos têm tido um peso muito significativo nas despesas totais do IPFN (respectivamente 40% e 19% em 2009). O trabalho da Associação Euratom/IST tem sido reconhecido no País e no estrangeiro. A nível nacional, através da classificação de “Excelente” que sempre foi atribuída ao IPFN pelos vários painéis de avaliação da FCT e pela concessão em Novembro de 2001 do Estatuto de Laboratório Associado. A nível internacional, pelos cargos de prestígio exercidos por pessoal do IPFN (como, por exemplo, a Presidência do *Steering Committee* do EFDA e do Conselho de Administração da F4E), pela atribuição da organização de grandes eventos internacionais e pelos prémios ganhos em conferências por membros do nosso pessoal.

## Conclusões

As secções anteriores permitem concluir que a participação portuguesa no Programa de Fusão da Euratom tem sido um sucesso. Este facto demonstra, uma vez mais, que os actores portugueses da Ciência e Tecnologia conseguem competir com colegas de outros países, desde que exista uma estratégia clara e sejam proporcionados os meios materiais e financeiros adequados.

O sucesso da Associação Euratom/IST tem também resultado do apoio das Direcções do IST, da Fundação para a Ciência e a Tecnologia e da Comissão da União Europeia, bem como da competência, profissionalismo e dedicação de uma equipa jovem, que acreditou no projecto e que ao longo de vinte anos tem dedicado o melhor de si ao cumprimento de Programas de Trabalho muito exigentes.

## Referências

- [1] Carlos Varandas, “Vinte Anos da Associação Euratom/IST”, IPFN (2010)
- [2] Carlos Varandas, “Energia Nuclear: que futuro?”, *Ingenium*, Ordem dos Engenheiros, Março/Abril de 2011, pág. 36.
- [3] [www.ipfn.ist.utl.pt](http://www.ipfn.ist.utl.pt)
- [4] [www.jet.efda.org](http://www.jet.efda.org)
- [5] [www.iter.org](http://www.iter.org)
- [6] [www.efda.org](http://www.efda.org)
- [7] [www.fusionforenergy.europa.eu](http://www.fusionforenergy.europa.eu)
- [8] [www.hiper-laser.org](http://www.hiper-laser.org)



### Bruno Soares Gonçalves

é licenciado em Eng. Física Tecnológica (IST, 1997), possui um mestrado em Física e Engenharia de Plasmas (IST/UTL, 1998) e um doutoramento em

Física (IST/UTL, 2003). Em 2005 a sua tese de doutoramento foi distinguida com o EPS Plasma Division PhD Research Award. É investigador do IPFN desde 1996, tendo trabalhado em física da periferia de plasma e o desenvolvimento de diagnósticos para plasmas de fusão (TJ-II (CIEMAT, Madrid, Espanha), foi membro da Close Support Unit to the EFDA Associate Leader for JET (Cullham, Reino Unido, 2003-2006) sendo o Responsible Officer para as Task Forces 'D' (Diagnósticos) e 'E' (Periferia) e Coordenador das Actividades de Controlo do Plasma e posteriormente Deputy Task force Leader para os Diagnósticos (2008-2010). É Vice-Presidente para os Assuntos Administrativos do IPFN desde Março de 2010, responsável pela Participação Portuguesa no projecto JET e líder do projecto para o desenvolvimento de um protótipo do sistema de controlo rápido para o ITER .



### Carlos Varandas

é licenciado em Engenharia Electrotécnica (IST, 1974), possui um doutoramento em Física (IST/UTL, 1984) e a Agregação em Engenharia Física (IST/UTL, 1996). É Professor Catedrático

do IST desde Fevereiro de 2000. Foi Presidente do Centro de Fusão Nuclear (1991-2007) e posteriormente do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear (desde 2007) sendo também o responsável pela Associação Euratom/IST desde 1991. Ocupou vários cargos de gestão no programa de Fusão, dos quais se destacam as presidências do Steering Committee do European Fusion Development Agreement (1999-2006) e do Governing Board da Fusion for Energy (2007-2011). Foi membro de delegações da Euratom às várias fases das negociações conducentes ao Acordo ITER e integrou o Conselho do ITER e o Steering Committee da Broader Approach (2007-2011).

# José Veiga Simão

por Teresa Peña, Conceição Abreu e Gonçalo Figueira (fotografias)

Neste número publica-se a 1ª parte da entrevista abrangendo o percurso de J. Veiga Simão em Coimbra, Cambridge e Lourenço Marques. A 2ª parte diz respeito ao seu percurso entre 1970 e 2011.

## Parte I – Cambridge

Obteve o seu *Ph.D.* na área de Física em Cambridge no ano de 1957. O que é que nessa altura, ou mesmo ainda mais cedo, o levou à decisão de fazer um doutoramento em Física?

O meu percurso académico foi determinado pelas circunstâncias da vida e por uma ambição legítima de saber e de fazer. Os meus pais sacrificaram uma vida tranquila, em prol da educação dos filhos. Essa circunstância pesou na escolha do 7º ano dos liceus entre letras e ciências e determinou a minha matrícula na Universidade de Coimbra em preparatórios militares. A razão foi a de libertar a família de encargos, e, assim, após concluir o 1º ano da Faculdade de Ciências e um serviço militar obrigatório de seis semanas em Mafra, aos 18 anos, poder ser candidato à entrada na Escola do Exército. Com excelentes notas nas disciplinas do 1º ano e com boas provas físicas, a miopia impediu a minha entrada em Infantaria. Regressei a Coimbra para os preparatórios de Engenharia. A minha vocação não era, nem nunca foi, ser militar. Foi possível ultrapassar as dificuldades económicas com bolsas de estudo, com sebatas e com explicações. Ao completar os preparatórios de Engenharia sou convidado para prosseguir a carreira académica, vindo a concluir em 1951 a licenciatura em Ciências Físico-Químicas. Ao analisarem-se as notas dos exames constantes da minha caderneta escolar do liceu e as registadas na universidade verifica-se que as *matemáticas* e as *físicas* figuram entre as disciplinas predilectas. Curiosamente, para mim, a Matemática tinha nas Humanidades a contrapartida do Latim, enquanto que a Física tinha fronteiras sedutoras com a Filosofia. No primeiro ano da Universidade, Mário Silva foi meu professor de Física Geral, desafiando-me para a compreensão dos fundamentos e das consequên-

cias da teoria da relatividade, o que me obrigou a estudos muito para além das aulas. A leitura do Sr. Tompkins no País das Maravilhas colocava problemas para além da Ciência. Mário Silva foi afastado por razões políticas, provocando a revolta dos seus alunos.

Mais tarde os professores João Almeida Santos na Física e Couceiro da Costa na Química atraem-me para a Mecânica Quântica. Em fins de 1951 sou contratado como assistente de Física. Em 1952 é constituída a Comissão de Estudos de Energia Nuclear no âmbito do Instituto de Alta Cultura e, logo de seguida, são criados em Coimbra os Centros de Estudo de Física e de Química Nucleares. Um dos meus primeiros trabalhos em que colaborei incide sobre a medição da radioactividade das folhas de eucalipto colhidas na Urgeiriça.

O Cavendish Laboratory da Universidade de Cambridge, com uma história sem igual na descoberta e na inovação em Física, exerceu sobre mim uma atracção sem limites. Ao seleccionar para tema da minha tese a estrutura da matéria e após uma interessante experiência sobre emulsões nucleares, a minha ambição fixou-se em ser admitido como candidato a doutoramento, naquele Laboratório, sob proposta do Prof. João de Almeida Santos, o que aconteceu

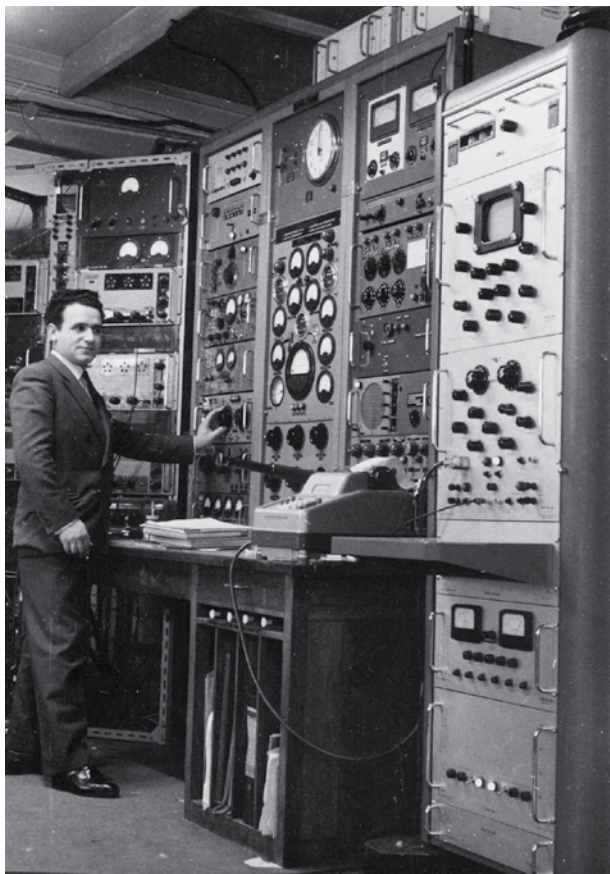


Os problemas da origem do universo, da estrutura da matéria, da entropia e morte do universo, para além da origem da vida, figuraram entre as minhas preocupações.

em Setembro de 1953.

Após seis meses de “provação” sou integrado na equipa do acelerador Van-de-Graaff, dedicando-me ao estudo da estrutura do núcleo atómico. Em princípio de 1957 obtive o grau de *Ph.D.* com uma tese, mista de teoria e de prática experimental, com o título de “Nuclear Reactions on Light Nuclei – experimental analysis and theoretical interpretation on the basis of nuclear models”. Uma importante lição a tirar do meu doutoramento foi a de constatar que a minha preparação na área das matemáticas e física teórica era superior à dos meus colegas ingleses, ao contrário da preparação experimental. Para compensar este desequilíbrio trabalhei um semestre nas oficinas do Cavendish, concebendo e construindo equipamentos para as minhas futuras experiências, os quais seriam articulados com o acelerador Van-de-Graaff. Fiquei a saber, para a vida inteira, que uma Universidade sem oficinas técnicas e culturais não era Universidade.

Esse doutoramento não era, ao tempo, válido em Portugal, pelo que realizei novas experiências e preparei uma tese sobre o mesmo tema, mas incidindo



A trabalhar no acelerador Van-de-Graaff em Cambridge. *Cortesia J. Veiga Simão.*

em núcleos atómicos diferentes, o que me permitiu avançar com novas concepções sobre o modelo de organização do núcleo atómico. Concluí em fins de 1957 o meu doutoramento, agora em Ciências Físico-Químicas, na Universidade de Coimbra.

O reconhecimento de doutoramentos no estrangeiro e a natureza das provas exigidas para o doutoramento foram alteradas em 1970. Seria interessante, analisar os conteúdos e as exigências desses doutoramentos e os dos que hoje se realizam, procedendo a análises comparativas a nível europeu e mundial.

Em todo este percurso os problemas da origem do universo, da estrutura da matéria, da entropia e morte do universo, para além da origem da vida, figuraram entre as minhas preocupações em estudos, em tertúlias académicas e em conversas com mestres do pensamento mais velhos que eu, junto ao Parque à beira do Rio Mondego. Recordo a tertúlia do Arcádia com Guilherme de Oliveira, Miguel Torga, Afonso Queiró, Anselmo de Castro, Dias de Oliveira, a qual me abriu novos horizontes. A curiosidade interdisciplinar passou a comandar as minhas preocupações científicas e sociais.

Numa intervenção na Academia de Ciências já no fim dos anos 80 referi que um ensinamento a retirar é o de que as ciências nucleares foram (e são) uma etapa no caminho da unidade da Ciência. E não foi por acaso que em 1958 publiquei na *Revista Humanitas* um artigo: “A Física Atómica e os Gregos”.

**Qual era nesse tempo a percepção geral, e a sua própria percepção, sobre a ciência em Portugal?**

Os saneamentos nos anos quarenta, após o fim da II Grande Guerra, de professores universitários de grande mérito, nos quais se depositava esperança para a criação de “escolas de modernidade”, atingiram alguns físicos de entre os quais Mário Silva e Valadares, o que foi causa de retrocessos na investigação universitária.

Nos anos 50 houve um certo despertar para a importância da ciência no desenvolvimento do nosso País. Como referi houve uma aposta com significativa dimensão, para o tempo, em recursos humanos e materiais nas designadas ciências nucleares sob a liderança da Comissão de Estudos de Energia Nuclear. Esse movimento foi complementado com a criação da Junta de Energia Nuclear, em 1954. Recordo, igualmente, que o Laboratório Nacional de Engenharia Civil sofreu a partir de 1954 um vigoroso impulso com um novo director, o Eng.º Manuel Rocha.

A dinamização dos estudos de ciências nucleares abrangeu as Universidades de Coimbra, de Lisboa, Técnica de Lisboa e do Porto e, bem assim, o Instituto Português de Oncologia tendo sido criados centros de estudo consagrados à investigação científica pura e aplicada. Algumas publicações da Comissão de Estudos e desses Centros dão conta das actividades desenvolvidas.

**Nos anos 50 houve um certo despertar para a importância da ciência no desenvolvimento do nosso País.**

Um problema evidente e de difícil solução, o qual se veio a agravar por décadas nas nossas universidades, resultou da falta de programações estratégicas a nível institucional e a nível nacional.

Por outro lado a Fundação Calouste Gulbenkian, criada em 1956, iniciou acções de apoio à investigação científica, altamente meritórias. Por exemplo, o Centro de Estudos de Física Nuclear de Coimbra beneficiou de um vultoso investimento que o colocou na vanguarda das técnicas de detecção e medida das radiações.

Na entrevista que tive o prazer de dar à *Gazeta de Física* em 2003<sup>1</sup> faço breves considerações sobre o meu pensamento nessa altura. É justo mencionar que a *Gazeta de Física*, em 1978, publicou um interessante artigo de Bragança Gil, Sousa Lopes, Laranjeiro e Mendes Victor e que, no mesmo número, Frederico de Carvalho, Carvalho Rodrigues e José Salgado descreveram, baseados na sua experiência, um útil artigo acerca da “Ligação da Física às Actividades Produtivas”<sup>2</sup>.

Mas para transmitir uma ideia mais precisa da evolução em Portugal da investigação científica em Física é essencial consultar as revistas científicas das universidades do Porto, Coimbra, Aveiro e Minho e as publicações da JNICT sobre “Recursos em Ciência e Tecnologia”.

De qualquer modo ouso sugerir que a *Gazeta de Física* se poderia candidatar a financiamentos comunitários ou fundacionais para a elaboração e publicação de um “Livro Branco” sobre a evolução do ensino e da investigação em Física no nosso País e relacioná-la com as matrizes do nosso desenvolvimento científico, cultural e económico. Existem apenas visões parcelares, umas vezes minimalistas outras vezes panegíricas.

Qual era a sua perspectiva para o desenvolvimento da Física para a 2.ª parte do século XX, quando acabou o doutoramento?

A minha perspectiva para o desenvolvimento da Física para a segunda parte do século XX, ou seja, a que tinha após o meu doutoramento, foi influenciada por reflexões derivadas da minha estadia em Cambridge, pelo conhecimento resultante de conferências e colóquios internacionais e da consequente troca de ideias e por análises comparativas que me eram facilitadas pelo conhecimento das actividades de vários centros de física na Europa e, naturalmente, pelo acompanhamento da literatura científica, só possível pela excelente biblioteca do Laboratório de Física da Universidade de Coimbra. Nessas reflexões havia um misto de utopias e de realidades, algumas amargas.

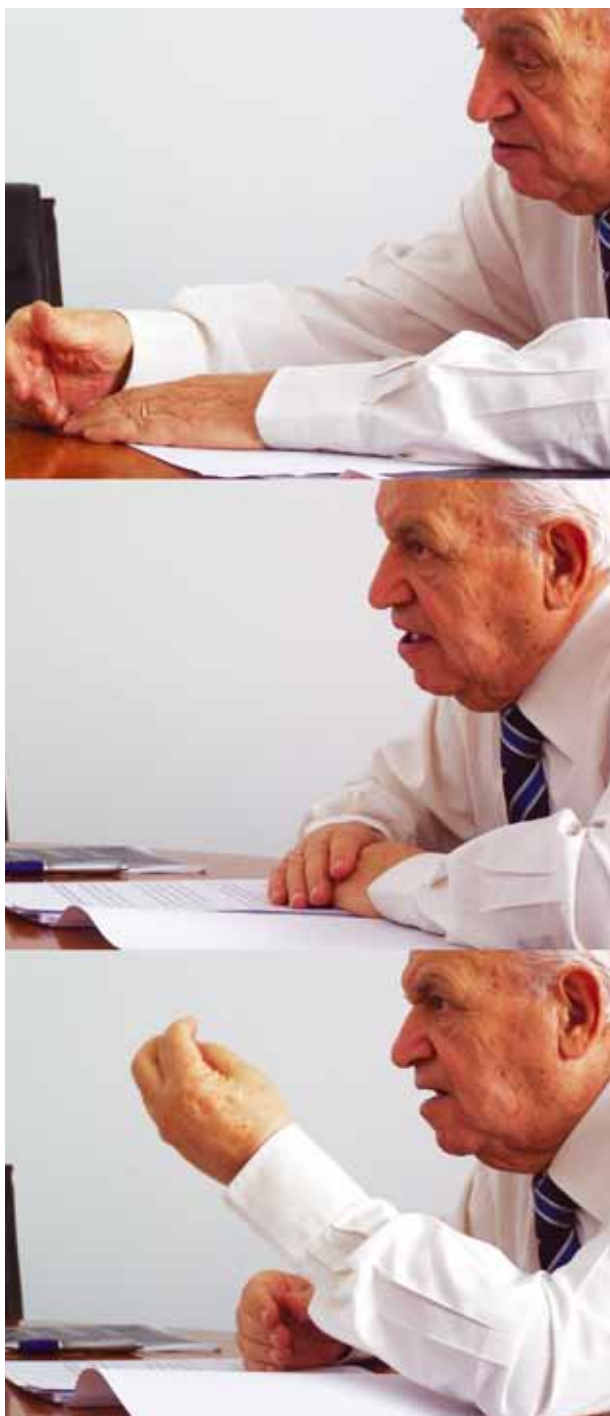
<sup>1</sup> N. ed. - Carlos Pessoa, “Subalternizar a Física e a química significaria que nos atrasariamos mais uma década” - Entrevista com José Veiga Simão, Professor de Física, investigador e político, *Gaz. Fis.* 26(2-3), 40 (Jul. 2003).

<sup>2</sup> N. ed. - F. Bragança Gil, J. Sousa Lopes, M. Laranjeira e L. Mendes-Victor, “A situação da investigação em Física em Portugal”; F. Carvalho, F. Carvalho Rodrigues e José Salgado, “A ligação da Física às actividades produtivas”, *Gaz. Fis.* 6(2) (Abr. 1978).

Impunha-se a reformulação dos planos curriculares, demasiado rígidos, o que veio a acontecer em 1971 (...) Este percurso embrionário veio a ser abandonado na segunda metade dos anos 70, numa amálgama de utopias, incompreensões e voluntarismos.

Desde logo, um problema evidente e de difícil solução, o qual se veio a agravar por décadas nas nossas universidades, resultou da falta de programações estratégicas a nível institucional e a nível nacional e do respectivo enquadramento no desenvolvimento prospectivo do nosso País. Por isso a ambição de muitos investigadores era, com naturalidade, institucionalizar e expandir *in loco* projectos de I&D, em tudo similares aos que levaram a cabo em universidades ou centros estrangeiros. Esta filosofia era mesmo patente na escolha das universidades estrangeiras no início das bolsas, o que criava dificuldades futuras na constituição de equipas de investigação com dimensões críticas. Este problema veio, aliás, a ser agravado pelo facto da expansão das universidades e de instituições politécnicas, ter prosseguido um rumo dominado por “igualdades irracionais”, sem se cuidar de uma planificação dos cursos a ministrar e da definição de prioridades em investigação, desenvolvimento e demonstração, associadas a estratégias de desenvolvimento global e regional.

No caso das “ciências nucleares” recordo-me que em 1958 se realizou um debate entre a JEN e as universidades com o fim de coordenar as suas actividades e rentabilizar os recursos humanos e materiais, perante desafios internacionais... Os resultados não foram brilhantes. Em 1960 publiquei no Centro de Estudos de Coimbra “O Plano de Investigação Científica do Laboratório de Física da Universidade de Coimbra: A Estrutura do Núcleo”. Por outro lado, as oportunidades de aplicações da investigação em Física nas empresas e serviços em áreas relacionadas com a medida da qualidade, os novos materiais, a óptica electrónica, o ambiente, o desenvolvimento do software, a medicina nuclear e as tecnologias de informação em geral, tinham nessa altura correspondência limitada de natureza empresarial ou institucional. Impunha-se a reformulação dos planos curriculares, demasiado rígidos, o que veio a acontecer em 1971 e a selecção criteriosa de áreas prioritárias para definir opções disciplinares. Neste percurso é de realçar a constituição do complexo interdisciplinar e institucional da Comissão de Estudos de Energia Nuclear, funcionando junto do Instituto Superior Técnico, o qual integrava o Laboratório Gulbenkian de Espectrometria de Massa e Física Molecular, o Centro de Estudos de Electrónica, o Centro de Estudos de Química-Física Molecular, o Centro de Estudos de Química Nuclear e o Núcleo de Estudos e Construção de Aparelhagem Científica.



ca. Outros centros de estudos e de aplicações de radioisótopos (cerca de duas dezenas) fortaleceram-se noutras universidades na Matemática, na Física, na Química, na Agronomia, Engenharia, na Medicina e, bem assim, no IPO.

Permito-me, ainda, referir um documento elaborado no Secretariado da Reforma Educativa, em 1971, o qual reproduz um estudo exaustivo da situação da investigação científica e desenvolvimento experimental no ensino superior, a sua integração num plano nacional de fomento de I&D em Portugal e enuncia recomendações para o IV Plano de Fomento. Este documento vem na sequência dos estudos

O meu posicionamento ao longo dos tempos na política e na ciência foi determinado por uma matriz anglo-saxónica.

desenvolvimentos pela equipa-piloto da OCDE, cujos trabalhos tinham sido iniciados em 1965 e concluídos em 1968, mas cujas conclusões só foram aprovadas e começadas a implantar a partir de 1970.

Por sua vez, os resultados de inquéritos levados a cabo pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (JNICT) constituem outra fonte de informação importante para a elaboração do IV Plano de Fomento, merecendo ainda destaque o artigo de Alberto Ralha publicado na *Revista RUMO*, em Janeiro de 1970, sobre a importância do projecto das equipas-piloto da OCDE para a política científica e níveis de decisão. Sob a égide da JNICT realizaram-se, ainda, estudos prospectivos promovidos pela Comissão Europeia e para os quais Portugal tinha sido convidado a aderir, com ênfase na poluição, metalurgia, novos meios de transporte, informática, telecomunicações, meteorologia e oceanografia.

Este percurso embrionário veio a ser abandonado na segunda metade dos anos 70, numa amálgama de utopias, incompreensões e voluntarismos. No entanto, o amor pelo saber esteve sempre presente nas universidades portuguesas.

**A estadia em Inglaterra modificou-o? Se sim, em quê?**

A estadia em Inglaterra teve uma influência muito relevante no meu modo de pensar e de agir. Alguns analistas políticos referem mesmo que o meu posicionamento ao longo dos tempos na política e na ciência foi determinado por uma matriz anglo-saxónica. Marcelo Rebelo de Sousa, ao escrever a fotobiografia de seu pai, o ministro Baltazar Rebelo de Sousa, considera-me “viajante” e “lido embora com matriz quase exclusivamente anglo-saxónica”.

É certo que, os três anos e meio que vivi em Inglaterra para além da experiência vivida numa Universidade como a de Cambridge, onde convivia a tradição com a vanguarda de pensamento, permitiram-me compreender o significado de viver numa sociedade democrática e as dificuldades em a construir. A Educação estava na base dessa construção, através de uma democratização do ensino e pelo ensino. A sociedade inglesa com valores de relacionamento humano *sui-generis*, cultivava o humor e o confronto de ideias; a liberdade e a responsabilidade. Tive uma experiência inesquecível: a que vivi, ao beneficiar do sistema nacional de saúde, aquando do nascimento da minha primeira filha, Luísa. Por outro lado as amizades construídas na partilha de ideias em trabalhos de investigação sem horas e na transmissão livre de conhecimentos, marcaram-me para a vida. Foi-me, ainda, particularmente enriquecedor o privilégio de conviver intimamente com diversas famílias fora da Universidade. No meu primeiro ano, ainda solteiro, vivi em casa de um padre metodista de rara cultura e o primeiro Natal em Cambridge permanece inesquecível, ao ser convidado para casa de Otto Frisch, um dos primeiros cientistas da fissão



Inauguração dos Estudos Gerais Universitários de Moçambique (1963) com o almirante Sarmento Rodrigues. *Cortesia J. Veiga Simão*

nuclear e com quem aprendi o significado de Ciência indomável e da Tecnologia domesticável. E como o compreendi pela sua alegria e amargura em relação à bomba atômica e pela seu arreigado amor à família, exilado da sua Pátria. Nos outros dois anos e meio que vivi em Inglaterra com a Madalena, já casado, contactámos intimamente com famílias polacas, vítimas das bárbaras invasões dos alemães e dos soviéticos. Foram preciosas as lições que me transmitiram e contribuíram para ter sempre presente uma perspectiva da relação complexa entre a utopia e a realidade. Dessa minha estadia surgiu uma crença: “Uma Nação que não valoriza a inteligência está perdida”. Palavras de Whitehead, proferidas em 1916, um matemático e filósofo.

## Parte II – Lourenço Marques

**Assumi as funções de reitor da Universidade da então Lourenço Marques em 1963, cargo que exerceu até 1970. Que objectivos tinha para essa Universidade?**

O livro “Da Universidade” da minha autoria publicado em 1970 pela Universidade de Lourenço Marques explicita os objectivos a que me propus, partilhados com uma equipa de eleição, que comigo colaborou. A fundação de uma universidade nova exigia definir a sua missão, as suas funções e um modelo orgânico próprio, que distinguisse a Universidade de Lourenço Marques.

A sua criação foi uma experiência inesquecível, em que, muito cedo, se confrontaram as ideias de um *status quo*

**Foi o Presidente do Conselho, Oliveira Salazar (...) que tomou a decisão da conclusão dos cursos, depois de ouvir os meus argumentos.**

conservador, que pretendeu *ab initio*, reduzir a instituição universitária ao ministério dos primeiros anos de cursos (os chamados preparatórios) e as ideias de progresso, associadas a uma universidade de corpo inteiro, sustentada no dever do Estado português em formar moçambicanos qualificados de todas as origens, como base de futuro de um território pleno de potencialidades e oportunidades. A questão chave residia, porém, no facto de a Universidade poder ser ou não motor de uma independência do território, mas a resposta era tão só a de que a existência da Universidade era inquestionável e, por outro lado, antes a independência com Portugal do que a independência contra Portugal. E nesse quadro eu dizia que a Universidade deveria ter sido criada dez anos antes.

Não é possível relatar nesta entrevista todas as vicissitudes na evolução de Estudos Gerais Universitários para Universidade, mas por amor à verdade devo afirmar que foi o Presidente do Conselho, Oliveira Salazar, inicialmente defensor dos anos preparatórios, que tomou a decisão da conclusão dos cursos, depois de ouvir os meus argumentos. E tomou essa decisão apesar das pressões da maioria dos seus conselheiros e colaboradores.

No que diz respeito às funções e ao modelo orgânico de Universidade permito-me resumir algumas traves mestras, referidas no livro citado:

- Uma instituição universal, inserida na lusofonia, com características próprias consciente da sua situação em África, em Moçambique, onde o português era a língua de união das várias etnias, com riquezas culturais próprias; um território numa situação geográfica privilegiada e com valiosos recursos universais, agrícolas, energéticos e geoestratégicos;

- Uma Universidade onde se cultivasse a independência de pensamento, com a ambição de participar, em áreas seleccionadas na vanguarda do conhecimento;

- Uma Universidade em que a prioridade das prioridades foi proporcionar doutoramentos a jovens, nos melhores centros universitários da Europa e dos Estados Unidos (em sete anos doutoraram-se nas suas áreas do conhecimento mais jovens do que em dezenas de anos nas universidades portuguesas); uma Universidade em que os equipamentos científicos e bibliográficos, foram programados e seleccionados com apoio de peritos nacionais e estrangeiros, o que permitiu a existência de Laboratórios, Oficinas e Bibliotecas modernos e de rara qualidade; um ensino quase tutorial possibilitado pelo número de alunos (cerca de dois mil em 1970) e pela dedicação exclusiva ao ensino e investigação

da maioria dos professores.

A Universidade, inicialmente funcionando em instalações provisórias, grande parte eram pavilhões construídos para esse fim, dispunha de condições de trabalho excepcionais. Em paralelo, a cidade universitária iniciou a sua construção em 1968 e obedeceu a um plano ambicioso, com terrenos localizados em Sommerschield. De início eram sessenta hectares sobre a Baía de Lourenço Marques, os quais podiam ser expandidos para cem hectares; o planeamento da cidade universitária traçado com a Pró Fabril e assessorado por professores nacionais e estrangeiros, com financiamento já assegurado por dez anos, era modelar;

- Uma Universidade na linha da frente a reivindicar uma Reforma profunda do ensino superior em Portugal, que pugnava por estruturas diversificadas e por uma governação flexível e participada. No quadro da autonomia que reivindicava iniciou a experiência de participação dos alunos nos seus órgãos, sob a responsabilidade do Reitor e do Senado. Em discurso proferido numa abertura solene tive ocasião de afirmar: “O sistema atingiu o ponto de fractura e antes que esta provoque a sua desagregação há que remodelá-lo com urgência”;

- Uma Universidade que associava, de facto, o ensino à investigação científica e que fazia das suas relações com a comunidade um pilar essencial do seu desempenho. As criações do Centro de Estudos Humanísticos e do Círculo Universitário, com governações em partilha com a sociedade civil eram já um êxito assinalado;

- Uma Universidade que incentivou a criação da Associação Académica de Moçambique com órgãos livremente eleitos e criou condições para ouvir a voz dos seus estudantes.

Após sete anos, na abertura das aulas no ano escolar 1969-1970, afirmei: “A Universidade é o meu navio; se alguns dos seus tripulantes sentem a nostalgia do passado e apreensões pelo futuro, isso não impede que o navio cumpra a missão que sonhamos. Tem rota para a fama, e, mesmo sem o inicial comandante, já não se desvia do bom rumo.”

**Era muito jovem, relativamente à idade média com que se costuma chegar a esse cargo de gestão universitária, mesmo nos nossos dias. A idade foi uma vantagem ou uma dificuldade?**

Nunca senti tal dilema. Aos 31 anos, no início de 1961, era professor catedrático com a plena consciência de que não o era apenas por mérito, mas também pelas circunstâncias da existência de vagas de professor extraordinário e de professores catedrático para preencher. Porém, os lugares foram por mim conquistados em concursos públicos, onde fui aprovado em mérito absoluto e mérito relativo, em relação a outros concorrentes.

O curso de Verão, que a Universidade de Coimbra



Abertura solene do ano académico 2002, na Universidade Eduardo Mondlane. Cortesia J. Veiga Simão

protagonizou em Angola e Moçambique em 1961, deu-me a conhecer espaços africanos com dimensões humanas e material, até então desconhecidas.

Aceitei ser Reitor como um serviço prestado à minha Universidade, a Universidade de Coimbra. Assim me solicitou o então Reitor, Prof. Dr. Guilherme Braga da Cruz. Fui convidado pelo Prof. Dr. Adriano Moreira. A minha ambição era, porém, a de corresponder a um convite para integrar no MIT uma equipa de investigação. Aceitei a missão de Reitor como um dever. Ora, desde o início senti que era decisivo para o meu desempenho do cargo colher ensinamentos na experiência de professores nacionais e estrangeiros de reconhecido prestígio e, simultaneamente, apostar na juventude, proporcionando-lhe doutoramentos nas melhores universidades europeias e americanas. Foi uma aposta de sucesso em que os meios financeiros do Estado e da Província de Moçambique foram complementados com significativos apoios de fundações e outras organizações nacionais e internacionais, incluindo a sociedade civil moçambicana, com realce para a comunidade empresarial e cultural.

Fazendo um balanço posso dizer que a minha juventude permitiu-me correr todos os perigos necessários, na defesa intransigente das minhas ideias e dos meus colaboradores, em prol de uma autêntica Universidade. E assim vivi uma experiência que qualifiquei como *digna de ser vivida em oceanos de angústia e de esperança*.

**Foi possível incentivar o desenvolvimento da Física naquela colónia?**

Nos três anos iniciais do funcionamento da Universidade as disciplinas de Física estavam integradas nos cursos de Engenharia e de Medicina. Mais tarde foi criada a licenciatura em Física.

Com esta génese, o binómio ensino-investigação científica que esteve sempre presente, mas foi dada prioridade às

**A equipa de doutores em Física (...) dispunha de equipamentos científicos nos laboratórios e nos centros de investigação que eram excepção no universo do ensino universitário no nosso País.**

aplicações da Física relacionadas com o desenvolvimento do território e a saúde das populações. A equipa de doutores em Física que foi constituída ao longo de sete anos (uma dezena de doutores nos melhores centros da Europa e dos EUA) e continuada até à independência em 1975 dispunha de equipamentos científicos nos laboratórios e nos centros de investigação que eram excepção no universo do ensino universitário no nosso País. A investigação em ciência dos materiais, em física nuclear, em energia, em instrumentação científica, em controlo da qualidade e no domínio dos Radioisótopos situavam-se na vanguarda do conhecimento. Moçambique era, além do mais, um magnífico campo experimental.

Registe-se que dispúnhamos dos mais modernos equipamentos de análise experimental e beneficiávamos da existência de um acelerador Van-de-Graaff. E assim, realizávamos projectos de investigação em cooperação com a Universidade de Witwatersrand, com a qual mantínhamos ligações da maior proximidade. Beneficiávamos do apoio de vários doutores e em particular do Prof. Sellschop, meu companheiro no Cavendish.

Como avalia o impacto da sua acção como Reitor, quer na então colónia, quer para Portugal?

Tenho dificuldade em fazer qualquer avaliação, quer em Portugal, quer em Moçambique. Ela tem sido e será feita pelos homens e mulheres que ensinaram, frequentaram, colaboraram e beneficiaram da Universidade de Lourenço Marques. Os testemunhos que possuo são consoladores pela sua autenticidade. Permito-me referir a enorme ale-

gria que senti com as homenagens que me foram prestadas em 1992 e 2002 na Universidade Eduardo Mondlane com a presença do Presidente da República, Joaquim Chissano. E também o facto de em 2002 ter sido eleito sócio honorário número um da Associação Académica de Moçambique. A mensagem que recebi de outros sectores da sociedade moçambicana e, em particular, dos funcionários da Universidade foi extremamente gratificante.

Deixo, no entanto, outra nota de que muito me orgulho. Em 1992 entreguei ao Reitor da Universidade Eduardo Mondlane, um antigo aluno da Universidade de Lourenço Marques, o Prof. Narciso de Matos, uma declaração para o fortalecimento da cooperação das Universidades portuguesas assinada pelo Reitor e dois Vice-Reitores da Universidade do Minho, Reitor da Universidade do Porto, Reitor e Vice-Reitor da Universidade de Aveiro, Vice-Reitor da Universidade de Coimbra, Reitores da Universidade Nova de Lisboa, Évora, Algarve e Macau. Ora bem: todos eles pertenceram a equipas fundadoras da Universidade de Lourenço Marques, as que eu considero como minhas equipas. Com o apoio da Fundação Gulbenkian essas Universidades levaram a cabo um programa de cooperação, significativo em dimensão financeira e humana.

Em síntese o sucesso da Universidade de Lourenço Marques, a obra da minha vida, só foi possível pelas equipas de eleição que ela criou. Esse é o meu maior orgulho.

# O Cubo

Conceição Abreu

## A Exposição

“ÁTOMOS EM ACÇÃO” não deve dizer muito à maioria dos leitores da Gazeta; ou talvez diga, mas a um número razoável de colegas mais velhos. Foi o nome dado a uma exposição que se realizou entre 21 de Abril e 18 de Maio de 1965, em Lisboa, sob a égide da Comissão de Energia Atómica dos Estados Unidos da América. Quando chegou ao nosso País, já tinha sido vista por mais de 5,7 milhões de pessoas em 20 países da Europa, Ásia, África e América Latina. A exposição dedicava-se a esclarecer os visitantes sobre a utilização da energia atómica para fins pacíficos e decorria num enorme pavilhão desmontável com uma área de cerca de 1000 metros quadrados, colocado no campo aberto então existente na Praça de Espanha. O desdobrável sobre o evento explicava os objectivos do mesmo, e cito: “a essência da exibição será a realização de um programa científico que incluirá não só programas cooperativos de investigação mas também seminários sobre ciências e tecnologias nucleares, para cientistas portugueses, e aulas sobre ciência nuclear fundamental para estudantes, de ambos os sexos, dos liceus e dos primeiros anos das universidades”. Penso que a Exposição tinha tudo a ver com o facto de em Portugal ter começado a funcionar o reactor nuclear de investigação (RPI), que entrou em funcionamento em 1961, e os EUA serem os fornecedores do combustível, urânio-235 enriquecido.

A exposição iniciava-se com um filme introdutório, seguido de uma visita com cicerones portugueses aos painéis, maquetas e montagens onde se explicava o processo da fissão, do funcionamento dos reactores, e da comparação com outros processos de produção de energia. Havia também um espaço dedicado às aplicações médicas e industriais, os problemas da segurança, etc.

## As Visitas de Estudo

Esta enorme exposição – penso que até à data não teria havido nenhuma tão grande num espaço exterior – estava organizada de modo a que os alunos do ensino secundário a visitassem, e os promotores do evento convidaram o Prof. Rómulo de Carvalho para organizar essas visitas. Eu, como aluna do antigo 7º ano do Liceu Filipa de Lencastre, fui uma dessas visitantes. Gostei muito e, quando numa grande aflição na escolha de um curso, foi este momento que decidi a decisão. Em física podia-se fazer investigação e não apenas ser professora, como eu imaginava na altura, e essa investigação permitia ver algo que não se via a olho nu, como a maioria das coisas que me tinham ensinado até então.

Nas visitas éramos acompanhadas pelos nossos professores do Liceu – bem hajam Professoras Alzira Sá Marques e Virgínia Paraíso – e por um cicerone da exposição que também era um professor. Lembro-me de ler na identificação no bolso da bata o nome de Prof. Túlio Tomás, que penso ter sido professor de físico-química no Liceu Camões. Durante a visita muita coisa foi dita, mas o que mais me impressionou foram as batatas irradiadas em reactor, que apresenta-



vam uma pele muito lisa. Talvez tenha retido mais este facto porque naquele momento a minha decisão era tirar o curso de Agronomia, que alterei posteriormente para Medicina e, finalmente, para Física – para evitar ter de mexer no corpo dos outros, pois tinha a sensação que não me perdoaria causar-lhes dor ou vê-los morrer.

E o CUBO? O cubo apareceu debaixo dos meus olhos quando, depois de me aposentar ao arrumar cadernos, livros, etc. da minha vida de estudo, desde os tempos da Escola até ao último dia de aulas na Universidade do Algarve, ele apareceu e eu recordei em *rewind* toda a minha vida profissional e de estudante. Na fotografia podemos ver que o cubo é a colagem de dois paralelepípedos, tendo um deles sido irradiado e o outro não. Quando damos a mesma martelada em ambos, o não irradiado sofre maior dano que o outro. Estávamos em plena aplicação dos neutrões à ciência dos materiais.

Sei que o Professor Rómulo foi muito elogiado pela organização das visitas e que a exposição foi visitada por 48 escolas secundárias e algumas turmas universitárias, envolveu 209 professores visitantes e 5211 alunos. Como referido pelo Director da USAEC, D. Porter, em carta ao Prof. Rómulo: “In my estimation this has been a successful venture. This has been due largely to your excellent cooperation, in planning and scheduling”<sup>1</sup>. E eu concordo plenamente com o Sr. Porter.

### A Divulgação Científica

A Exposição “Átomos em Acção” foi a minha primeira experiência de divulgação científica que, tal como o cubo, se escapou para o meu inconsciente. Terá sido esta visita o germe da minha necessidade de dizer sempre sim aos desafios que me fizeram de explicar física para todos? Participei em várias iniciativas e enumero algumas que me deram mais prazer: Circuitos eléctricos simples para professores primários em Cuba no Alentejo (1976), “De que são feitas as “coisas (1981), As Semanas de Ciência e Tecnolo-



gia (1987-1989), que tiveram sempre o seu *stand* de Física e sem dúvida a montagem do 1º Centro de Ciência Viva, o do Algarve (1997).

Todas estas iniciativas deram muito trabalho, mas em todas houve trabalho de equipa sem o qual não seriam viáveis.

Sei que a minha decisão de ir para física baseada numa exposição não é caso único. Assim, no século XXI melhores e mais exposições devem continuar a existir, porque físicos precisam-se!

Termino agradecendo aos colegas Jaime Oliveira, Frederico Gama de Carvalho, José Marques, Ivette Leal e Luísa Corte Real por me terem facultado preciosos documentos e lembranças da época. Um obrigado ao Pedro Peralta, que, com a sua perícia de fotógrafo, possibilitou dar-vos a ver o Cubo!

<sup>1</sup> Na minha opinião, este foi um empreendimento de sucesso. Isto deve-se sobretudo à sua excelente cooperação, no planeamento e programação. (N. E.)

# Memórias do IFM

Emílio Ribeiro

Foi por causa da Física que, em 1968, entrei no IST para estudar engenharia electrotécnica. Mas não era a engenharia o que eu desejava: queria ser físico. Saído do D. João de Castro, por lá tinha sido aconselhado a ser primeiro engenheiro, se queria ser físico depois. Viviam-se então tempos obscuros onde a autoridade tinha como fim único a sua própria legitimação. Já no IST, ainda recordo o pesadelo das cadeiras de Desenho, aulas de muita humilhação e pouco de desenho, o mercado dos cadernos coloridos da química, os caracteres góticos do electromagnetismo... Tudo ao lado do que eu queria: a física certamente que não iria florescer em tal adubo.

Mas o futuro não é e não era previsível. Inexplicavelmente e não muitas vezes, a realidade embica, sem aviso prévio, noutra direcção. Ninguém pôde prever o Veiga Simão. Uma lei simples: o governo encontraria professores para leccionar cadeiras desde que um número mínimo de alunos o assim quisessem. Já não me lembro desse número mas tinha-se aberto uma janela de oportunidade. Foi assim que eu, o Jorge Romão, o Vítor Vieira<sup>1</sup>, e o Collares Pereira<sup>2</sup> embarcámos no projecto, que visto de hoje, era, para todos os efeitos, o projecto político de refundação da física teórica, ao menos no IST. Reivindicá-

mos novas cadeiras, fomos respondidos e encontrámos um aliado: o Professor António da Silveira.

## Um edifício recente e vazio

Este professor possuía – *possuir* é o termo – um edifício recente que estava vazio, e para lá fomos. De facto inaugurámos o IFM<sup>3</sup>. Os primeiros meses foram estranhos: éramos, conjuntamente com o António Silveira a sua secretária (que não era ainda a Humberta<sup>4</sup>) o guarda Lino<sup>5</sup> e o Nuno Vaz<sup>6</sup>



Vista das instalações do IFM antigo (cima) e novo (baixo)



<sup>1</sup> Jorge Crispim Romão e Vítor Rocha Vieira são actualmente professores do Dep. Física do Instituto Superior Técnico (IST) (Nota: esta nota de rodapé e todas as deste artigo foram acrescentadas pelo editor para melhor identificação das pessoas e instituições mencionadas).

<sup>2</sup> Manuel Collares Pereira, actualmente professor da Universidade de Évora.

<sup>3</sup> Instituto de Física Matemática, actualmente designado Complexo Interdisciplinar II (CII) da Universidade de Lisboa.

<sup>4</sup> Bibliotecária do IFM.

<sup>5</sup> Guarda do IFM

<sup>6</sup> Funcionário superior da *General Motors* americana.

que, entretanto, se tinha juntado a nós, os únicos habitantes do IFM.

Lembro-me do primeiro curso que tivemos lá: Relatividade com a Madame Tonnelat. Seguiram-se algumas conferências avulsas, uma das quais ainda recordo por ter sido uma conferência absurda sobre compressores de ar. O conferencista, um pouco míope, arremetia com o ponteiro contra a tela de projecção, ameaçando trespassá-la com uma estocada mais vigorosa, o que irritou sobremaneira o António Silveira que era curto de pavio. O Lino era obrigado a assistir a todos os seminários. O Lino era inseparável dos seus cães. Não me recordo de todos. Mas é de justiça mencionar o Titã. Assim como já não me recordo da ordem pela qual se foi o IFM enchendo. Sei que o Vilela Mendes, o Teixeira, o Farinha Martins<sup>7</sup> foram dos primeiros. Em 1974, o 25 de Abril apanhou-me enquanto fazia a último exame da licenciatura. À tarde fui, como muitos portugueses, ver a revolução. Algures entre a Almirante Reis e a Estefânia encontrei o António Brotas<sup>8</sup>, que havia sido meu professor de electromagnetismo e que, Brotas *oblige*, andava de caderninho em riste a perguntar aos militares que ia encontrando se estavam com a revolução ou com o governo. Não me admirei excessivamente. Apesar de saber, por contactos familiares, da iminência das movimentações militares, não sabia a data nem tinha dado demasiada importância ao assunto. Mas eis que me encontrava na rua a discutir com o António Brotas se a revolução ia ou não triunfar. Portugal ia mudar radicalmente e o IFM ia sentir as ondas de choque.

### Os integrais não crescem nas árvores

Seguiu-se o PREC e este, no IFM, assumiu uma palavra de ordem e um objectivo político. A palavra de ordem: os integrais não crescem nas árvores; o objectivo político: transformar o IFM numa fábrica de vidro específico para a química. Lembro-me de discutir, um tudo nada temeroso, com um façanhudo marinho de barbas à D. João de Castro que, tão pasmado como eu, não sabia nem porque estava ali nem porque raios e coriscos o vidro só era revolucionário se fundido em provetas e balões. Era, no entanto, uma discussão assimétrica, pois do lado dele tinha a autoridade de uma G3 e o apoio tardo-esquerdista de alguns ilustres membros do IFM. Eu, do meu lado, nada tinha a não ser o não poder estar calado. Lá desistiram da fábrica e do vidro. Como não podia deixar de ser, houve um plenário para destituir o António da Silveira de Director do IFM. Este facilitou a vida aos que o queriam, de facto, sanear, recusando qualquer forma de compromisso, fosse qual fosse, mesmo que razoável. Foi demitido, afastou-se do IFM e morreria uns anos mais tarde. Foi uma página triste.

O PREC passou tão depressa como tinha chegado. Mudavam-se os tempos e mudavam-se, uma vez mais, as vontades. Farto da álgebra de Virasoro que só se iria fechar

<sup>7</sup> Rui Vilela Mendes é investigador da Univ. Lisboa; J. Teixeira é investigador do CNRS em França; Assis Farinha Martins é investigador na Fac. Ciências e Tecnologia da Univ. Nova de Lisboa.

<sup>8</sup> Professor jubilado do Instituto Superior Técnico.

muitas mais dimensões depois e do desejo-ordem do António da Silveira que fosse para Paris estudar supercondutividade, escrevi a uns tantos colégios de Oxford – os que me pareceram mais bonitos – para que me aceitassem como aluno de doutoramento. Deviam ter achado estranho o assunto, pois pediram para aparecer por lá para fazer um exame. Foi a minha primeira viagem de avião (o alcance máximo tinha sido a Ericeira) e acabei aceite pelo Richard Dalitz<sup>9</sup> (mais tarde soube que outro português, também do IFM, tinha batido a essa porta). Enfim, voltei a contactar o que seria a futura realidade do IFM quando, incluído na selecção inglesa de Oxford pela mão do Llewellyn Smith<sup>10</sup>, parámos, em trânsito para Les Houches, vários dias no CERN. Não havia portugueses na Divisão Teórica, mas por lá encontrei um estudante, de nome Mariano Gago, que estava de serviço a um PDP. Mais tarde soube que ele (não sei se ainda estudante ou se já doutorado) mais o Jaime Gama tinham implementado o protocolo de adesão de Portugal ao CERN. Não sei se alguém, na então exígua comunidade científica portuguesa, teve conhecimento atempado disto. Eu seguramente que não, nem tinha que ter. Afinal, era um simples estudante de doutoramento.

### A época do VAX: Oxford tinha-os, porque não nós?

Mas de uma coisa estou seguro: na altura, Portugal e o Reino Unido eram – e provavelmente ainda são – duas realidades científicas muito diferentes. Foi no Rutherford<sup>11</sup> que encontrei, pela primeira vez, o Dias de Deus<sup>12</sup>. Mais tarde haveríamos de partilhar um gabinete no IFM. Após findar o doutoramento voltei ao IFM. Já estava quase cheio. Pouco tempo estive lá e fui para Nijmegen para um *post-doc*. Por lá me detive dois anos. Quando voltei trouxe comigo o Lou Somers<sup>13</sup> e a firme intenção de dotar o IFM de meios de cálculo capazes. Nijmegen tinha-os, Oxford tinha-os, porque não nós?

Foi a época do VAX. Num verão implementámos o software o qual, nesses tempos idos, tinha que ser feito à mão, desde as delimitações de memória para a impressora, para o disco, para os utilizadores... um bico de obra, foi o que foi. Gastámos todo o Verão a implementar o sistema. Os utilizadores estavam distribuídos por grupos, sendo que cada grupo tinha um utilizador a que hoje se chamaria administrador. Arranjei-a bonita: todos queriam ser

<sup>9</sup> Famoso físico de partículas de origem australiana, professor em Oxford na altura.

<sup>10</sup> Christopher Llewellyn Smith, Director do Dep. de Física da Univ. Oxford (1987-92) e Director-geral do CERN (1994-98).

<sup>11</sup> Laboratório Rutherford Appleton, perto de Oxford.

<sup>12</sup> Jorge Dias de Deus, professor jubilado do Dep. Física do IST.

<sup>13</sup> Estudante de doutoramento na Univ. Nijmegen, na altura.

administradores e todos se zangaram, sobretudo comigo, mas nem por isso deixaram de usar o ditoso VAX. Antes do VAX tinha existido a peregrinação ao IST-dos-Cartões-Perfurados, até que o Garrido<sup>14</sup> trouxe do espólio Veiga Simão um velho e avariado PDP que o Cascais<sup>15</sup> não só consertou, como o pôs a falar com uma impressora relapsa à custa de muita persuasão electrónica. Grande tipo o Cascais! Mas esse PDP era quase imprestável para cálculo científico, daí o VAX. Por essa altura o correio electrónico AHTML (Antes do HTML) de Lisboa(?) do País(?) passava pelo IFM (não existia ainda FCC<sup>16</sup>) e era, no software, mantido pelo Samuel Eleutério<sup>17</sup> e, no hardware, pelo Cascais.

O ICTPOL (Instituto de Ciência e Tecnologia de Polímeros) nasceu no Verão, numa daquelas tardes de fogo comuns em Cartagena. Discutíamos, eu e Moncho, padrinho do meu filho e responsável máximo da refinaria de Cartagena, sobre a Ciência por terras de Portugal e Espanha. A propósito dos polímeros e outros materiais, Moncho dizia: em Espanha temos desde há dezenas de anos, desde os primeiros anos de Franco, o Instituto de Cauchú. A isto disse nada, pois nada existia em Portugal. Retornado a Lisboa, iniciei, juntamente com o Nascimento Rodrigues (jornalista do Expresso e sócio da Revista Futuro, da qual eu era director), o Projecto ICTPOL. Para o IFM coube um NMR e um equipamento completo de reologia que ficou entregue ao Diogo<sup>18</sup>. O primeiro presidente do ICTPOL foi o Gabriel Feio que definiu, conjuntamente com os colegas das universidades participantes, quais os equipamentos a adquirir, cabendo-nos a nós, ao Nascimento Rodrigues e a mim, o *lobbying* junto do Ministério da Indústria para o financiamento. Com o afluxo de colegas, com a serventia de salas quer para o ICTPOL quer para o centro de cálculo, deixou de haver espaço no IFM, para crescimento: urgia ampliar o edifício. No que me diz respeito, os Verões sempre foram benfazejos.

## Desde um Pátio Andaluz até à Manta de Cristo

De Sevilha veio a inspiração: o novo IFM seria feito à imagem e semelhança de um pátio andaluz, mais precisamente um pátio andaluz do bairro de Santa Cruz. E assim foi. Mais uma vez foi preciso convencer o governo da bondade do projecto, segui-lo, fiscalizá-lo, emendar alguns erros de desenho – tal como aquele em que o elevador não tinha portas, fazendo que o poço do elevador fosse mais próprio para mísseis intercontinentais do que para transportar pessoas. Com paredes ventiladas, sistemas passivos de gestão de energia, janelas desenhadas pelo Collares Pereira, foi possível construí-lo, em terrenos da Câmara, não da UL. A construção lá progrediu com a maledicência usual – o que, mais tarde, não impediu a habitual corrida às novas instalações.

Um dia, chegado a casa, a minha empregada, assustada, informou-me que a polícia tinha lá estado a perguntar se eu tinha mudado os meus hábitos de consumo e se, em suma, eu tinha enriquecido subitamente. Tinha havido denúncia difamatória. Anónima, pois claro. Seguiu-se um inquérito que foi arquivado com a sentença lapidar de que raramente tinha o erário público sido tão defendido como naquela obra. Derrapagem zero. Nunca me preocupei em saber quem foram os delatores, apesar de ter uma ideia aproximada de quem poderiam ter sido. Mas tudo estava bem porque tinha acabado bem e, de repente, zás, o primeiro ministro da altura, o Cavaco Silva, extingue o INIC. Isto de extinguir tem muita tradição em Portugal. Construir tem menos. Portugal, bom aluno, inovava: era o único país a extinguir um Instituto Nacional de Investigação: o CSIC continuava, o CNRS continuava, o Max Planck continuava, todos continuavam, mas nós não. O que se seguiu copiou o destino da Manta de Cristo. O espólio foi rasgado e nós, os do tempo da fundação do IFM, fomos postos na situação de “termo de residência”, à guarda de um agente de segurança privada, contratado para o efeito. Este agente operava dentro do IFM e era diariamente abastecido com a lista de nomes dos que não podiam circular nos corredores, sobretudo os que davam para o novo edifício. Não é preciso dizer que eu, conjuntamente com outros colegas, nomeadamente o Vítor Vieira, estávamos no topo desta lista. No entanto, era-nos permitido ir à casa de banho mais próxima. Na prática, conseguiram expulsar-nos, tivemos de abandonar a casa onde durante tantos anos tínhamos trabalhado e ingressámos no IST.

Continuo a visitar o IFM. Tenho por lá bons amigos. Hoje, o chão especial para o ICTPOL foi destruído para albergar pessoal administrativo dos serviços partilhados. Quanto a nós, voltámos ao lugar de onde, há cerca de trinta anos, tínhamos partido para construir o IFM: o IST.

<sup>14</sup> Prof. Catedrático de Uni. Católica de Lovaina, na altura.

<sup>15</sup> Técnico Superior de Laboratório do IFM, na altura.)

<sup>16</sup> Actualmente, Fundação para a Computação Científica Nacional.

<sup>17</sup> Professor do Dep. Física do IST.

<sup>18</sup> António Correia Diogo, Professor do Instituto Superior Técnico.

## 25 anos de adesão de Portugal ao CERN

José Mariano Gago

No dia 26 de Abril de 1985, Jaime Gama assinava em Genebra, em nome do Governo Português então presidido por Mário Soares, o acordo de adesão de Portugal ao CERN, para entrar em vigor em 1 de Janeiro do ano seguinte.

Criado no pós-guerra pelo esforço combinado de europeus e americanos, no novo quadro internacional das Nações Unidas e da UNESCO, o CERN iria representar o mais aberto e mais avançado laboratório internacional de investigação do mundo.

Pela primeira vez na sua história, Portugal tornava-se então membro de um laboratório científico internacional.

Sabemos hoje que esse foi um momento fundador da abertura do país à organização moderna da ciência e um marco decisivo no caminho para a superação do seu secular atraso científico.

Seria contudo preciso esperar ainda mais de uma década para que Portugal integrasse finalmente as restantes organizações científicas intergovernamentais europeias: ESA, ESO, ESRF, EMBL e EMBO.

Duas décadas volvidas, Portugal torna-se fundador, com Espanha, do primeiro laboratório científico internacional na Península Ibérica (INL – Laboratório Internacional Ibérico de Nanotecnologia). Nesse ano longínquo de 1986 contavam-se cerca de 5700 investigadores em Portugal (em equivalente a tempo integral) e o número de artigos científicos com participação portuguesa referenciados internacionalmente não ultrapassava 460. Ora neste último quarto de século, o número de investigadores multiplicou-se por 8, enquanto a produção científica crescia 18



Assinatura do Acordo de Adesão de Portugal ao CERN, em Genebra, 26 de Abril de 1985. Sentados, da esquerda para a direita: Presidente do Conselho do CERN, W. Kummer; Ministro dos Negócios Estrangeiros de Portugal, Jaime Gama; Director-Geral do CERN, Herwig Schopper. De pé: Castro Brandão (MNE), Pinto Lemos (MNE), Favila Vieira (MNE, Encarregado de Negócios), Director Jurídico do CERN, Jean-Marie Dufour; José Mariano Gago. (Arquivo fotográfico do CERN)

vezes!<sup>1</sup> Portugal começa assim, finalmente, a dispor de competências e de instituições capazes para integrar ou marcar a agenda científica internacional, e de massa crítica suficiente para tornar possível a apropriação cultural, social e económica do conhecimento científico.

Os 25 anos de adesão de Portugal ao CERN (1986-2011) que este ano se cumpriram marcam pois, simbolicamente, o início da era moderna da ciência em Portugal, e pertencem assim, de direito, a todas as áreas da ciência e da tecnologia, e não só à física.

Cumpre-nos pois, como físicos, dedicar esta efeméride a todos os colegas de todas as outras áreas das ciências, das engenharias à medicina, da sociologia à história, da química e da biologia à geologia, da filosofia à linguística ou à informática. Superar o atraso científico português passou pelo trabalho de todos, cientistas e não cientistas, sem excepção, e também dos que, em Portugal e lá fora, acreditaram em nós.

E valeu a pena, não é verdade?

<sup>1</sup> números de 2009/2010

# Os exploradores da matéria

Trabalham numa espécie de cidade situada na fronteira da França com a Suíça, e o seu entusiasmo ao experimentar átomos e partículas assemelha-se ao das velhas expedições em África ou nos pólos. São os exploradores da matéria, aos quais Portugal já se juntou.

José Vitor Malheiros



Acelerador do CERN (em funcionamento) e construção de um túnel de 26,7 km que irá abrigar o maior acelerador de partículas do mundo. A transformação de energia em matéria, prevista por Einstein, é já uma realidade.

**A** GAIOLA metálica do elevador desce pelo enorme poço de vinte e três metros de diâmetro recém-escavado no solo, e mobiliza-se à entrada de uma gigantesca galeria aberta na parede. Entramos no poço PX24, um túnel que terá, a partir de 1985, uma das entradas de acesso ao túnel onde será instalado o Large Electron-Positron Collider (LEP) um acelerador-subterrâneo de partículas que, com os seus 26,7 quilómetros de perímetro (mais do dobro da linha de metro-pólis do mundo no seu género, aparelho do mesmo tipo que os

fisicos das altas energias se vêm dedicando desde o fim da II Guerra Mundial: descobrir os constituintes básicos da matéria e as leis que regem o Universo. Equipado com botas de borracha e capacete, o pequeno grupo de jornalistas inicia a visita ao túnel. Encontramos-nos no ponto 2b, um dos quatro pontos do túnel onde serão instaladas grandes salas subterráneas. «Este é um dos pontos onde se prendem os colares entre as partículas, explica o guia, e vai ser aqui que vão ser colocados os detectores para as experiências.»

Por enquanto, aquilo que serão as salas de experiências, são apenas cavernas gigantes cavadas na rocha. O ar está cheio de pó, apesar da aparelhagem de aspiração, e à medida que nos aproximamos do fim do túnel, onde a escavação prossegue, o barulho torna-se ensurdecedor. Ao fundo, uma máquina com um braço articulado, dotada de um complicado sistema de braços, ataca a rocha. «Esta é uma das máquinas mais pequenas. Neste tempo não estamos a utilizar as tougeiras, explica um encarregado da obra. As «toreiras», como lhes chamam, são autênticos combóios dotados de uma cabeça escavadora de 170 toneladas e de cerca de qua-

tro metros de diâmetro, capazes por si só de escavar e tujar na medida necessária, revestir simultaneamente de placas de cimento e eventuar a terra para um regime de segurança... tudo isto à velocidade de 27 metros por dia. O túnel do LEP, que depois de revestido terá um diâmetro um pouco inferior a quatro metros, assemelha-se a um túnel de metropolitano com as suas estações (que correspondem aqui às salas de experiências) e os pontos de acesso para o público (os pontos de acesso). No total, o túnel terá 18 pontos de acesso, que farão a ligação à superfície, com diâmetros variáveis e profundidades que vão até aos 143 metros.

### A cidade da física

O LEP será o mais moderno e o maior de todos os aceleradores do mundo. O Laboratório Europeu de Física das Partículas, uma das instituições internacionais de investigação mais prestigiadas do mundo, a que Portugal adota este ano (ver tabela), e da qual fazem parte todos os países europeus à excepção da Irlanda, Finlândia e países de Leste. A construção deste acelerador, decidida em 1981, irá custar 16.800 milhões de francos.

EXPRESSO, SÁBADO, 16-NOVEMBRO-1985

Reportagem no jornal Expresso de 16 de Novembro de 1985, da autoria de José Vitor Malheiros, sobre a investigação no CERN e a adesão de Portugal

Reportagem no jornal Expresso de 16 de Novembro de 1985, da autoria de José Vitor Malheiros, sobre a investigação no CERN e a adesão de Portugal

## António dos Santos Ramalho Eanes

Presidente da República Portuguesa

*Faço saber aos que a presente Carta de Confirmação e Adesão virem que foi adoptada a Convenção para o Estabelecimento de uma Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, bem como o seu Protocolo Financeiro, anexo à mesma Convenção*

*Visto, examinado e considerado tudo quanto se contém na referida Convenção e Protocolo Financeiro, anexo à mesma Convenção, aprovados para Adesão pelo Decreto do Governo número trinta/oitenta e cinco, publicado no «Diário da República», primeira série, número cento e oitenta e quatro, de doze de Agosto de mil novecentos e oitenta e cinco, são pela presente Carta a mesma Convenção e Protocolo Financeiro confirmados e dados por firmes e válidos para produzirem os seus efeitos e serem inviolavelmente cumpridos e observados.*

*Em testemunho do que a presente Carta vai por mim assinada e selada com o selo da República Portuguesa.*

*Dada nos Paços do Governo da República, aos dezasseis dias do mês de Outubro de mil novecentos e oitenta e cinco.*

*A. Ramalho Eanes*

Carta de adesão ao CERN, de 16 de Outubro de 1985, assinada pelo Presidente da República da altura, António Ramalho Eanes.



## CONCURSO MAIS ENERGIA

A **Sociedade Portuguesa de Física** e a **Fundação Galp Energia** lançam um concurso dirigido a professores do ensino secundário, e a investigadores e estudantes do ensino superior.

### OBJECTIVOS

- Incentivar a investigação e desenvolvimento na área da tecnologia da produção, distribuição e utilização da energia;
- Consciencializar a sociedade em geral, com especial ênfase nas camadas mais jovens, para a problemática da energia e da sua utilização socialmente responsável.

### TEMAS DOS TRABALHOS

- **Investigadores e Estudantes Universitários** - “Conversão e gestão de Energia”
- **Professores do Ensino Secundário** - “Metodologia de abordagem ao tema Mais Energia nas aulas, de modo a potenciar a preocupação pela gestão ambiental socialmente responsável”

Para mais informações, consulte os sites da Fundação Galp Energia e da Sociedade Portuguesa de Física.

[www.spf.pt](http://www.spf.pt)

[www.fundacaogalpenergia.com](http://www.fundacaogalpenergia.com)