

J. PINTO PEIXOTO \* F. R. DIAS AGUDO \* J. TIAGO DE OLIVEIRA \* J. CAMPOS FERREIRA  
MARGARITA RAMALHO \* A. RIBEIRO GOMES \* ARMANDO POLICARPO \* F. DUARTE SANTOS  
J. GOMES FERREIRA \* L. A. MENDES VICTOR \* MANUEL LARANJEIRA \* M. GOMES GUERREIRO  
J. CÂNDIDO DE OLIVEIRA \* ROBALO CORDEIRO \* J. CELESTINO DA COSTA \* A. CASTRO CALDAS  
BARAHONA FERNANDES \* ARANTES E OLIVEIRA \* A. F. CARVALHO QUINTELA \* A. BARBOSA  
DE ABREU \* GOUVÊA PORTELA \* L. BRAGA CAMPOS \* J. J. DELGADO DOMINGOS \* A. F.  
OLIVEIRA FALCÃO \* DOMINGOS MOURA \* H. CAMPOS NETO \* A. LARCHER BRINCA \* J. F.  
QUINTINO ROGADO \* M. AMARAL FORTES \* M. BAPTISTA BRAZ \* M. PEREIRA COUTINHO  
FERNANDO ESTÁCIO \* P. O. PEREIRA SANTOS \* A. A. MONTEIRO ALVES \* BRITALDO RODRI-  
GUES \* L. AIRES DE BARROS \* MATOS ALVES \* M. PORTUGAL FERREIRA \* ANTÓNIO RIBEIRO  
FRANCISCO GONÇALVES \* TELLES ANTUNES \* LUÍS ARCHER \* J. MONTEZUMA DE CARVALHO  
J. FIRMINO MESQUITA \* ABÍLIO FERNANDES \* J. MALATO-BELIZ \* ARSÊNIO PATO DE  
CARVALHO \* A. XAVIER DA CUNHA \* ALLEN DEBUS \* J. SIMÕES REDINHA \* SEBASTIÃO  
J. FORMOSINHO \* A. M. A. ROCHA GONSALVES \* L. ALMEIDA ALVES \* OLIVEIRA CABRAL  
FRAÚSTO DA SILVA \* JOSÉ V. PINA MARTINS \* AMÉRICO COSTA RAMALHO \* FERNANDO  
REBELO \* C. ALBERTO MEDEIROS \* ILÍDIO DO AMARAL \* MANUEL GARRIDO ARAÚJO  
MANUEL VIEGAS GUERREIRO \* A. SIMÕES LOPES \* A. SOUSA FRANCO \* ONÉSIMO T. ALMEIDA  
JUSTINO MENDES DE ALMEIDA \* FRANCISCO GAMA CAEIRO \* RÔMULO DE CARVALHO

---

# HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA EM PORTUGAL NO SÉC. XX

I VOLUME



---

PUBLICAÇÕES DO II CENTENÁRIO DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA  
LISBOA • 1992

## BREVE SÍNTESE DA EVOLUÇÃO DA FÍSICA NUCLEAR EM PORTUGAL

FILIPE DUARTE SANTOS \*

### Summary

A synthesis of the evolution of nuclear physics in Portugal is presented. The development of nuclear physics in Portugal was strongly influenced by a close collaboration with the laboratory of Marie Curie in Paris where an appreciable number of portuguese physicists were trained and some made the Ph. D. The first theses in experimental nuclear physics performed in Portugal are from the 1940's. Theoretical nuclear physics was actively developed since the end of the 1960's and various research groups remain very strong nowadays. However the activity in experimental nuclear physics is virtually non-existent at present. A significant number of experimental nuclear physicists moved in the 1980's to other areas such as particle physics, solid state physics and material sciences where they developed active research groups.

As origens mais profundas da física nuclear remontam à descoberta da radioactividade por Becquerel em 1896. Dois anos mais tarde Pierre e Marie Curie conseguiram separar o elemento radioactivo natural rádio ( $Z=88$ ) dos minérios utilizados por Becquerel. A partir desses tempos, tão distantes do ponto de vista científico, assistiu-se a um desenvolvimento verdadeiramente espectacular da física nuclear. Para tal contribuiu certamente muito a descoberta de importantes aplicações dos fenómenos nucleares nos domínios civis e militares.

---

\* Departamento de Física da Universidade de Lisboa.

É evidente que Portugal não desempenhou um papel activo na vanguarda dos descobrimentos científicos que se deram na Europa a partir dos fins do século XVII por razões de vária ordem e de origens remotos cuja análise sai fora dos objectivos deste trabalho. O caso da física nuclear não constitui excepção no panorama de relativo atraso do nosso país. Contudo deve notar-se que, inicialmente, Portugal esforçou-se por acompanhar de perto e por participar, ainda que modestamente, na ciência nuclear nascente além fronteiras.

O primeiro português que se deslocou ao estrangeiro com o propósito de realizar estudos directamente relacionados com a física nuclear foi Manuel Marques Teixeira da Universidade do Porto. A partir de 2 de Março de 1914 esteve um semestre em Paris onde seguiu o curso sobre radioactividade por Marie Curie na Sorbonne. Regressou com as melhores memórias do Laboratório Curie e com uma grande admiração pela sua notável directora. A dissertação que apresentou ao concurso para o lugar de assistente no Porto intitulava-se *Manipulações radioactivas* (Porto, 1914) e foi realizada essencialmente em Paris. No Laboratório de Física de Marie Curie havia um bom convívio científico entre os alunos do curso, de diversas nacionalidades. Nas suas palavras (M. M. Teixeira, 1948): «No laboratório de física ... encontrei-me com um belga, aldeão da Flandres; uma parisiense, grande pedagoga; um russo catatráfico que, de vez em quando, passeava e assobiava na exígua sala, prejudicando as observações e concitando as maldições dos camaradas; e um romeno lealíssimo que me informava com frequência do resultado das suas investigações e tentava convencer-me de que a língua romena estava mais próxima do latim do que a portuguesa».

Vários portugueses passaram pelo Laboratório de Marie Curie para realizar estágios de curta duração ou para preparar teses de doutoramento. Foi o caso de Mário Augusto da Silva da Universidade de Coimbra que partiu em 1925 para Paris e em 1929 defendeu a sua tese de doutoramento intitulada *Investigações experimentais sobre a electroafinidade dos gases*. Após regressar a Portugal realizou uma obra notável de modernização do ensino da física na Universidade de Coimbra e em 1931 foi nomeado professor e director do Laboratório de Física.

Uma das pessoas que mais contribuiu para iniciar e desenvolver as actividades de investigação em física atómica e nuclear no nosso país foi Manuel Valadares. Em 1927 foi contratado como assistente da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Passados apenas dois anos realizou um estágio no Instituto de Rádio de Genève de Novembro de

1929 a Julho de 1930. A partir deste ano permaneceu em Paris onde realizou o doutoramento sob a orientação de Marie Curie com uma tese intitulada *Contribuição à espectrografia por difracção cristalina de radiação* e em fins de 1933 regressou a Portugal. Por feliz circunstância a direcção do Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa estava, desde 1929, a cargo de Cyrillo Soares, professor que embora não fosse um investigador, realizou uma obra pioneira de desenvolvimento da investigação fundamental em física. Apesar das grandes dificuldades de financiamento e da ausência de infraestruturas adequadas foi possível a Manuel Valadares realizar trabalhos de investigação no domínio da espectrografia de raios X a partir de 1935. Os primeiros estudos incidiram sobre a análise do espectro L do chumbo e das riscas satélites deste espectro. Foram trabalhos francamente competitivos perante outros grupos de investigação estrangeiros, designadamente a escola americana de Richtmyer. Efectivamente detectou-se a banda satélite das riscas  $L_{\alpha}$  de intensidade mais fraca, prevista teoricamente, mas não observada pelos cientistas americanos.

Cyrillo Soares procurou deliberadamente restringir o número de domínios de investigação no Laboratório de Física com o objectivo de atingir uma maior eficácia perante a exiguidade dos meios disponíveis. Devido a várias circunstâncias o domínio que mais se desenvolveu foi a interface entre a física atómica e a física nuclear. Vários investigadores contemporâneos de Cyrillo Soares referem que a valorização da física atómica e nuclear estava em parte relacionada com a percepção da importância que estas ciências iriam ter no mundo moderno, especialmente a física nuclear. Havia mesmo quem pensasse que o desenvolvimento de um centro de investigação nessas áreas seria «o núcleo a partir do qual se constituiria o organismo que conduzisse ao aproveitamento pelo país da energia nuclear ...» (M. Valadares, 1950).

No que se refere às primeiras aplicações da radioactividade em Portugal é importante referir que, graças aos esforços de António Sérgio e de Francisco Gentil, foi criado em 1923 o Instituto Português de Oncologia em Lisboa dispondo de aparelhos de raios X e de 1800 mg de rádio para radioterapia. Em 1931 sob o impulso de Mário da Silva e de Alvaro Mata foi criado em Coimbra o Instituto do Rádio. Marie Curie foi convidada a estar presente na cerimónia de abertura do Instituto o que testemunha bem a proximidade que então existia entre a investigação fundamental e aplicada e a ligação estreita do nosso país a um dos mais importantes centros científicos europeus.

Ainda durante os anos 30 Aurélio Marques da Silva partiu para o Laboratório de Marie Curie em Paris para realizar o doutoramento em física sob a sua orientação. Após a morte de Marie Curie o orientador passou a ser Frederic Joliot e a tese de doutoramento defendida em 1938 intitulava-se *Contribuição para o estudo da materialização da energia*. Foi um trabalho de grande originalidade que se situava na vanguarda da investigação em física nuclear, naquela época. Efectivamente recorde-se que em 1932 Anderson postulou a existência do positrão ao observar as trajectórias de partículas resultantes da radiação cósmica numa câmara de Wilson. Ao regressar ao Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa Aurélio Marques da Silva exerceu uma actividade de grande relevo no desenvolvimento da investigação em física nuclear. Um exemplo notável é a construção de uma câmara de Wilson do tipo de membrana elástica com toda a aparelhagem necessária à fotografia das trajectórias deixadas pelas partículas.

Em 1942 o assistente do mesmo laboratório, Armando Gibert parte para Zurich após ter realizado em Lisboa um estudo sobre a distribuição no tempo da radiação cósmica. A sua tese teve por objectivo o estudo da dispersão de neutrões por protões, situando-se pois claramente no domínio da física nuclear. É um trabalho experimental de grande mérito conforme testemunha o Prof. Scherrer, director do Laboratório de Zurique, em carta que escreveu para o Instituto de Alta Cultura. Ao regressar a Lisboa Armando Gibert integrou-se plenamente nas actividades de investigação do Laboratório de Física e construiu vários aparelhos entre os quais um notável amplificador proporcional para a detecção de partículas, em particular neutrões.

Entretanto começaram a surgir teses de doutoramento em física nuclear realizadas no país. As primeiras foram as de Lídia Salgueiro sobre espectros de radiação  $\gamma$  do Ra na Universidade de Lisboa e de Carlos Braga que realizou estudos sobre espectros de electrões de conversão interna na Faculdade de Ciências de Lisboa, e defendeu a tese na Universidade do Porto. Foi também nesse período que surgiram, pela primeira vez em Portugal, revistas de física: a *Portugaliae Physica* criada em 1943 para a difusão de trabalhos científicos e a revista de divulgação *Gazeta de Física*, fundada por Armando Gibert em 1946.

É importante salientar que nessa época no Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa não se praticava investigação em física teórica sub-atómica embora na Europa, além fronteiras, se vivesse um período crucial e extremamente significativo para a física teórica

moderna. Recorde-se que o espectacular desenvolvimento da mecânica quântica data dos fins dos anos 30 e a teoria mesónica da força nuclear foi proposta por Yukawa em 1935.

Apesar das graves deficiências resultantes da ausência da componente de investigação teórica estava-se a caminho de consolidar um laboratório de investigação em física atómica e nuclear com um programa bem estruturado e escolhido com inteligência. Porém em Junho de 1947 uma deliberação do Conselho de Ministros demitindo ou aposentando compulsivamente vários professores universitários e rescindindo contratos a assistentes, tudo por razões políticas, atingiu gravemente o Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa. Três professores, A. Marques da Silva, A. Gibert e M. Valadares foram demitidos. Cyrillo Soares pediu a demissão fechando-se assim um período extremamente promissor para o desenvolvimento da física nuclear no nosso país.

Passados 5 anos, em 1952, é constituída a Comissão Provisória de Estudos de Energia Nuclear que deu origem à Comissão de Estudos de Energia Nuclear do Instituto de Alta Cultura dois anos mais tarde. Nesse mesmo ano de 1954 é criada a Junta de Energia Nuclear. É curioso lembrar que se tinham já passado 12 anos desde a construção em 1942 do primeiro reactor nuclear de cisão, liderada por Eurico Fermi. Significativo é também o facto de o primeiro teste da bomba nuclear de cisão se ter realizado em 1945. O país reconhecia a necessidade de promover a preparação de pessoal especializado nos domínios das aplicações da física nuclear mas os esforços feitos anteriormente por cientistas portugueses no sentido de desenvolver a investigação nessas áreas não foram aproveitados.

Foi ainda em 1952 que partiu pela primeira vez para o estrangeiro um licenciado português para realizar doutoramento em física nuclear teórica. J. Moreira de Araújo da Universidade do Porto foi para Manchester onde trabalhou sob a orientação de L. Rosenfeld. De regresso a Portugal realizou obra notável de desenvolvimento da investigação no Laboratório de Física da Faculdade de Ciências do Porto. Mais tarde J. Providência da Universidade de Coimbra parte para a Universidade de Birmingham onde veio a doutorar-se também em física nuclear teórica e ao regressar a Portugal constituiu um grupo de investigação em física teórica de grande projecção internacional. É também no início dos anos de 50 que J. Veiga Simão da Universidade de Coimbra parte para Inglaterra para se doutorar em física nuclear experimental.

Em finais de 1956 começam a ser construídas em Sacavém as instalações do Laboratório de Física e Engenharia Nucleares da Junta de Energia Nuclear no qual iria ser instalado um reactor nuclear, oferecido pelo governo dos Estados Unidos da América, para fins de investigação. Tal reactor do tipo piscina, de núcleo aberto e com uma potência máxima de 1 MW, atingiu pela primeira vez a criticidade em 25 de Abril de 1961. Tem desempenhado um papel extremamente importante na formação de pessoal, para realizar estudos de física e engenharia de reactores, tecnologia de materiais, produção de radioisótopos e aplicações de análise por activação por neutrões.

No mesmo ano de 1956 foi enviada uma missão a França e Inglaterra para estudar e propor a aquisição de aceleradores de partículas para o Laboratório de Sacavém. Essa missão era formada por António Silveira, Carlos Braga, Almeida Santos e Carlos Cacho. Com base no relatório que elaboraram foi adquirido um acelerador Van der Graaff de 2 MeV e um acelerador Cockroft-Walton de 0.5 MeV. Porém, quando foram instalados, a Junta de Energia Nuclear não dispunha ainda de pessoal especializado com a capacidade de os utilizar para desenvolver um programa original de investigação. Os pouquíssimos físicos que tinham uma preparação adequada tinham abandonado Portugal — caso de Manuel Valadares —, tinham passado para a actividade privada — caso de A. Gibert e M. Marques da Silva — ou encontravam-se nas Universidades não havendo grande vontade de estabelecer fortes laços de colaboração entre estas e a Junta.

Durante a década de 60 o país, através de várias instituições, enviou para o estrangeiro um número apreciável de jovens licenciados para se especializarem e doutorarem em física nuclear. Esta geração de investigadores quando regressou ao país, na sua maior parte a partir dos finais da década de 60, desempenhou um papel decisivo no lançamento e dinamização das actividades de ensino, investigação e desenvolvimento experimental em física nuclear e suas aplicações. Porém era já tarde para se poder realizar investigação experimental em física nuclear de grande projecção internacional no Laboratório de Física e Engenharia Nucleares devido à baixa energia do acelerador Van der Graaff. Com o decorrer do tempo este acelerador passou a ser utilizado em estudos de física atómica e para o desenvolvimento e aplicação de metodologias nucleares na física da matéria condensada e na ciência dos materiais.

Nos anos de 60 tinha-se já um conhecimento bastante profundo da estrutura e propriedades do núcleo atómico. Efectivamente o modelo

em camadas do núcleo foi criado em 1949 por Mayer, Jensen, Haxel e Suess enquanto que o modelo colectivo da estrutura nuclear devido a A. Bohr, Mottelson e Rainwater data de 1953. Na década de 60 a nova fronteira do conhecimento passou a situar-se ao nível das partículas ditas elementares, na sistematização das suas propriedades e na exploração de uma eventual estrutura interna. O modelo de quarks dos hádrões foi proposto por Gell-Mann e Zweig em 1964 e o modelo electrofraco de unificação das interacções nucleares fracas e electromagnéticas foi proposta por Weinberg e Salam em 1967.

É significativo relembrar que, antes da década de 60, iniciara-se já a escalada na energia dos feixes de partículas, produzidos nos aceleradores, necessária a uma exploração de estruturas de dimensão progressivamente menor. No Centre European de Recherches Nucleaires (CERN) em Genève atingiu-se em 1959 uma energia de 26 GeV na aceleração de prótons no sincrotrão. Portugal só ficou membro do CERN em 1986 e nessa data o número de investigadores portugueses com doutoramento em física experimental das partículas elementares era extremamente pequeno.

Durante alguns anos, até meados da década de 80, os poucos físicos nucleares experimentais portugueses continuaram a realizar experiências em aceleradores de outros países europeus, designadamente em Orsay, França. Contudo, actualmente no nosso país não há actividade experimental em física nuclear propriamente dita.

Existe sim uma comunidade científica nacional forte e diversificada que utiliza métodos e técnicas nucleares nas mais variadas aplicações que vão desde a medicina, à ciência dos materiais, à física e engenharia dos reactores nucleares e à arqueometria. Em muitos casos foram investigadores treinados em física nuclear que constituíram os germens da formação de grupos de investigação em outras áreas científicas de maior relevo na actualidade.

A situação é bem diferente no que respeita à física nuclear teórica. Apesar de um certo desfasamento do processo evolutivo da física nuclear em Portugal criaram-se no nosso país, a partir dos anos 70, alguns núcleos de investigação teórica bem dimensionados e com uma problemática bem definida. Actualmente a física nuclear teórica em Portugal é realizada essencialmente em Centros do Instituto Nacional de Investigação Científica das Universidades de Coimbra e Lisboa. O número

total de investigadores doutorados é da ordem de 18 e os principais domínios de investigação são: modelos colectivos de estrutura nuclear, física nuclear de poucos corpos, modelos mesónicos da força nuclear e das propriedades dos hadrões, modelos relativistas da matéria nuclear e de reacções nucleares, estudo de fenómenos de polarização em reacções nucleares e estrutura de núcleos leves. Há uma intensa colaboração e intercâmbio de investigadores com grupos de investigação estrangeiros e frequentes vezes os trabalhos científicos, publicados prioritariamente em revistas internacionais de grande prestígio, são assinados por investigadores nacionais e estrangeiros. Em alguns domínios há também colaboração com grupos experimentais estrangeiros.

Não se pode deixar de reconhecer que a prática de um determinado domínio da física apenas na sua componente teórica, deixando de fora a componente experimental, gera a médio e longo prazo fortes distorções e estrangulamentos. No caso da física nuclear a inexistência de actividade experimental compromete seriamente a vitalidade e qualidade da investigação nessa área científica no nosso país num futuro próximo.

Por outro lado é imprescindível ter presente que um desenvolvimento forte da investigação fundamental pressupõe a existência de uma problemática bem definida. Quais são actualmente os grandes problemas que orientam a investigação em física nuclear? Nas baixas energias a astrofísica nuclear constitui um campo de investigação em acelerado desenvolvimento. A pesquisa em física nuclear propriamente dita, nos nossos dias, exige necessariamente uma grande qualidade e precisão de resultados dado que a fase inicial das grandes descobertas já passou há muitos anos. As áreas de maior desenvolvimento situam-se na interface com a física das partículas elementares. É o caso do decaimento  $\beta$  duplo e da medição da massa do neutrino que constitui um dos problemas fundamentais da física moderna, com profundas implicações em astrofísica. Outro domínio de investigação onde a fronteira entre a física nuclear e a física das partículas elementares se torna imprecisa é o estudo das colisões entre iões pesados a energias relativistas.

Será que toda a física do núcleo se pode compreender sem o recurso à estrutura de quarks dos nucleões? Haverá uma mudança de escala dos nucleões quando integrados num núcleo devido à sua estrutura de quarks? Qual a contribuição das correntes mesónicas e da excitação  $\Delta$  para as propriedades dos núcleos? Será possível chegar a prever quanti-

tativamente a interacção nuclear forte com base na cromodinâmica quântica? São questões fundamentais de que não temos ainda respostas satisfatórias e completas. O futuro é certamente imprevisível mas é cada vez mais forte a tendência para uma acentuação do desenvolvimento em áreas de fronteira onde se encontram a física nuclear, a física das partículas elementares e a astrofísica.

### Bibliografia

TEIXEIRA, M. Marques, *Gazeta de Física*, 1 (1948), 9.

VALADARES, M., *Gazeta de Física*, 2 (1950), 93.

ACADEMIA DAS CIÊNCIAS  
DE LISBOA