

# Física Atómica e Molecular em Portugal — 1989

FERNANDO COSTA PARENTE

Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

## INTRODUÇÃO

Para a elaboração deste relatório foram consultadas 15 instituições de todo o país, tendo respondido 10, das quais 7 confirmaram efectuar investigação nas áreas de Física Atómica e Molecular (FAM). Estes Centros de Investigação estão maioritariamente concentrados em Lisboa, havendo apenas dois fora da capital (um em Coimbra e outro em Braga). Duas instituições, o Centro de Física da Universidade de Aveiro e o Instituto de Investigação Científica Tropical — Departamento de Ciências da Terra (Lisboa), informaram que, apesar de utilizarem equipamento e técnicas afins à Física Atómica e Molecular, as suas áreas de investigação não se podem inserir correctamente nestes domínios.

Nas áreas de Física Atómica e Molecular é desenvolvida investigação actualmente no Centro de Física Molecular das Universidades de Lisboa (CFMUL), Centro de Física Atómica da Universidade de Lisboa (CFAUL), Centro de Física da Matéria Condensada das Universidades de Lisboa (CFMCUL), Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa (CFNUL), Centro de Electrodinâmica da Universidade Técnica de Lisboa (CEUTL), Centro de Física da Radiação e dos Materiais da Universidade de Coimbra (CFRM) e Departamento de Física da Universidade do Minho (DFUM).

## 1. SITUAÇÃO ACTUAL

### 1.1. Investigadores

O número de investigadores médio nas áreas de FAM em cada uma das instituições é de cerca de 10. No total existem 40 investigadores doutorados e 27 não doutorados, o

que parece indicar alguma dificuldade de recrutamento nestas áreas. O Centro com mais investigadores nestas áreas é o CFAUL com 13, enquanto que o CFNUL é o Centro que revela ter menos investigadores em FAM (6).

### 1.2. Projectos de Investigação

#### 1.2.1. Teoria

A grande maioria dos projectos em curso em FAM é de índole experimental. No entanto, em alguns Centros estão em curso projectos de investigação de carácter teórico:

— Tratamento teórico de interacções hiperfinas (CFMCUL).

— Cinética de electrões e de espécies excitadas em plasmas de gás raro e de gases moleculares ( $N_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2 + H_2$ ,  $O_2$ ) (CEUTL).

— Modelização cinética de plasmas produzidos por campos de alta frequência (CEUTL).

— Diagnóstico de plasmas criados por ondas de superfície (CEUTL).

— Estudo de átomos com dois electrões utilizando funções de onda de Faddeev tal qual sugeridas por uma expansão separável do potencial de Coulomb, com base em funções de Sturmian (CFNUL).

— Moléculas muónicas com base no formalismo do projecto anterior (CFNUL).

— Soluções adiabáticas para  $H_2^+$  e moléculas muónicas com base na diagonalização da Hamiltoniana de dois centros, à qual se junta o operador  $L^2$  de rotação do par pesado (CFNUL).

— Interação hiperfina em iões de dois electrões (CFAUL).

Podemos assim concluir que os projectos de índole teórica nas áreas de FAM se concentram em 4 Centros de Investigação e apenas em Lisboa.

### 1.2.2. Experiência

São bastante mais numerosos os projectos de investigação de âmbito experimental nestas áreas, ainda que alguns se possam considerar em zonas de interface com outras áreas, estando em curso projectos experimentais em todos os Centros.

Na área de Física pura podem integrar-se os seguintes projectos:

— Determinação de secções eficazes de ionização das camadas L e M por partículas pesadas (CFNUL).

— Determinação de parâmetros de alinhamento de camadas atómicas internas em ionização por partículas pesadas (CFNUL + CFAUL).

— Determinação de larguras de riscas L de raios X para o tungsténio e ouro no limiar de ionização (CFAUL).

— Determinação de rendimentos do subnível  $L_1$  (CFAUL).

— Cinética de espécies moleculares induzidas por electrões lentos e fotões em gases (CFRM).

— Formação de pares de iões — Transferência de um electrão em colisões moleculares (CFMUL).

— Agregados moleculares (CFMUL).

— Ionização de agregados moleculares (CFMUL).

— Feixes moleculares (CFMUL).

— Espectros de absorção de iões atómicos (CFMUL).

— Investigação de interacções moleculares em soluções líquidas (CFMCUL).

— Estudo das características energéticas e de comportamento dinâmico de espécies moleculares e iónicas gasosas, preparadas em estados de energia conhecidos, por excitação com fotões (CFMUL).

Os seguintes projectos encontram-se na interface da Física Molecular com a Física de Materiais:

— Estudos de fotodegradação e fotoestabilidade de sistemas corante-fibra têxtil (DFUM).

— Materiais semicondutores para a conversão directa de energia solar (DFUM).

— Análise de materiais por fluorescência de raios X (CFAUL).

— Estudo da banda de valência do magnésio em ligas metálicas por SXS (CFAUL).

— Estudo de espectros de emissão e absorção X do Ti em compostos (CFAUL).

— Iniciação ao método de correlação de fluorescência (CFRM).

— Aplicação de métodos de deposição química em fase gasosa induzida por laser (LCVD) ao fabrico de revestimentos (CFMCUL).

Os restantes projectos podem considerar-se como sendo de interface com outras áreas:

— Diagnóstico de plasmas por detecção de raios X (CFAUL).

— Aplicação de métodos de correlação de fotões ao estudo de luz difundida por macromoléculas e partículas coloidais (CFRM).

— Aplicação do método anterior ao estudo da microcirculação sanguínea cutânea (CFRM).

— Conversão para regiões do U.V. e visível da radiação associada à electroluminiscência de gases em condições de elevada eficiência (CFRM).

— Análise espectral, em regime SQS, de misturas gasosas contendo vapores fotoionizáveis (TEA, TMAE, etc.) com o objectivo de estudar os processos que levam à produção de electrões de realimentação e clarificar os mecanismos fundamentais envolvidos no desenvolvimento de «streamer» (CFRM).

— Aplicações a detectores:

1. Estudo de descargas autolimitadas;

2. Estudo de características de transporte de electrões em meios líquidos (CFRM).

— Estudo de parâmetros fotofísicos de moléculas biológicas (DFUM).

— Aplicações de técnicas fotoacústica e fototérmica (DFUM).

— Descarga de arco de cátodo ôco (CEUTL).

— Diagnóstico de plasmas criados por ondas de superfície — realização de um laser de  $CO_2$  (CEUTL).

### 1.3. Instalações e equipamento

#### 1.3.1. Instalações

Todas as instituições contactadas possuem instalações próprias, ainda que em alguns casos considerem essas instalações deficientes, nomeadamente no que respeita a gabinetes. Em muitas situações torna-se impossível o aumento de investigadores dada a completa ausência de espaço adicional onde possam trabalhar.

No que respeita a espaço laboratorial, a situação parece um pouco mais desafogada, ainda que, em casos específicos, um eventual crescimento esteja condicionado à obtenção de mais laboratórios.

#### 1.3.2. Equipamento

No que respeita a equipamento, podemos considerar que as instituições em que se efectua investigação nas áreas de FAM possuem algum equipamento de qualidade.

Equipamento «pesado»:

No CFML existem dois aparelhos de feixes moleculares. No primeiro cruzam-se dois feixes moleculares. O feixe primário é constituído por átomos alcalinos rápidos, com energia variável entre 10 e 500 eV produzidos por uma fonte de troca de carga ressonante, permitindo o estudo de processos inelásticos fortemente endoenergéticos. O feixe alvo é obtido por efusão, através de uma placa multicapilar. O segundo aparelho produz um feixe de átomos, não alcalinos, térmicos ou ligeiramente hipertérmicos. Está equipado com uma fonte de aceleração aerodinâmica, obtida com uma agulheta seguida de um colimador cónico.

O CFMUL adquiriu também, recentemente, um laser de corantes bombeado por um laser de excímeros, pulsado, sintonizável em banda larga.

O CFMCUL possui uma instalação para estudo da estrutura de líquidos, por meio de difracção de raios X, uma instalação para o estudo de líquidos por meio de espectroscopia do efeito de Raman (método fotográfico) e uma instalação para o fabrico de revestimentos por L.C.V.D.

O CFAUL possui uma instalação de raios X Philips que está a ser utilizada para estudos de fluorescência e, muito recentemente, equipou-se com duas instalações de raios X moles para estudos de propriedades de materiais.

No CFRM existe 1 espectrofluorímetro, 2 lasers e dois espectrómetros de luz difundida (um para macromoléculas e partículas coloidais e outro para microcirculação sanguínea), possuindo ainda dois monocromadores (um na região 200-1000 nm e outro na região 100-500 nm).

O DFUM possui algumas peças de equipamento «pesado», nomeadamente 1 espectrofotómetro UV-visível, 1 espectrofluorímetro, 1 sistema de medição de tempos de vida pelo sistema de fotão único, 2 criostatos de hélio em circuito fechado, 2 câmaras de pulverização catódica em magnetraão, e lasers, um sistema de análise fotoacústica e um espectrómetro Raman.

O CEUTL informou possuir 1 espectrómetro de 0,5 m de distância focal, 2 Fabry-Perot e alguns geradores HF de micro-ondas (bandas 100 kHz-200 MHz, 200-900 MHz e 2.45 GHz).

O CFAUL e o CFNUL realizam também trabalho experimental, como utilizadores externos, no acelerador Van de Graaff do LNETI em Sacavém. Estes acelerador é muito provavelmente o equipamento de maior porte utilizado nestas áreas em Portugal.

Equipamento ligeiro:

Todos os centros possuem peças de equipamento que se pode considerar ligeiro, nomeadamente unidades electrónicas de tratamento de sinais, multicanais, bombas e outro equipamento de vácuo e, em alguns casos, equipamento de óptica como bancas, lâmpadas, lentes e filtros.

Vários centros informaram possuir microcomputadores e, de um modo geral, todos têm acesso a equipamento informático de maior porte.

Pode-se dizer, sem receio de exagero, que o valor do equipamento utilizado nas áreas de FAM se aproxima do milhão de contos.

## 1.4. Financiamento

Todos os Centros que trabalham nas áreas a que se refere este relatório recebem financiamento por parte do INIC. Recebem também verbas da JNICT o CFMUL, o DFUM e o CFRM. Alguns Centros (DFUM, CFAUL, CFNUL) recebem verbas das Universidades em que se encontram, enquanto que o CEUTL e o CFMUL são também financiados pela NATO. Como fontes financiadoras foram ainda mencionadas a Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento (CFMCCUL), a CEE (CFMCUL) e o Ministério da Indústria (CFRM).

A totalidade de verbas concedidas pelas diversas agências financiadoras nos últimos três anos, incluindo equipamento e despesas correntes, mas não incluindo salários, foram:

1986 — 40213 contos

1987 — 44200 contos

1988 — 57781 contos.

## 1.5. Produtividade Científica

É de cerca de cinquenta o número de artigos científicos <sup>(1)</sup> publicados nas áreas de FAM pelas sete instituições referidas em revistas internacionais. Não sendo extraordinariamente elevado, este número revela, no entanto, que está viva a investigação nestas áreas.

## 1.6. Colaborações internacionais

De um modo geral, todos os Centros referem a existência de colaboração com investigadores e laboratórios estrangeiros, sendo estes na sua grande maioria europeus, sendo os países mais referidos a França, o Reino Unido, a Alemanha e a Holanda. A Jugoslávia, a Itália, a Suécia e o Japão são países referidos por um Centro cada. Dois Centros referiram ter colaboração com Espanha. Um Centro mencionou colaboração com uma instituição dos Estados Unidos.

## 2. DESENVOLVIMENTO A MÉDIO PRAZO

Nem todos os Centros nos comunicaram planos de desenvolvimento a médio prazo. Aqueles que o fizeram apresentaram o interesse e necessidade de formarem investigadores nestas áreas através de colaboração em cursos de Mestrado e em Teses de Doutoramento.

Um aspecto que foi especialmente mencionado foi o da necessidade de uma correcta preparação de técnicos de laboratório, nomeadamente através da criação de uma carreira de Técnico de laboratório digna e atraente, dada a impossibilidade de se encontrar pessoal técnico qualificado.

Foi focada a necessidade de melhorar e aumentar os equipamentos existentes, através de uma política de financiamento correcta, que passe, nomeadamente, pela avaliação dos projectos propostos. A eventual diminuição das verbas concedidas pelas entidades financiadoras para despesas correntes e equipamento é vista como uma ameaça para a continuação dos projectos existentes e criação de novos.

Finalmente, a falta de espaços e de infraestruturas adequadas é também referida bem como a necessidade de viabilizar financeiramente a participação em Conferências internacionais.

## 3. CONCLUSÕES

Parece-nos ser possível concluir deste estudo sumário que as áreas de Física Atómica e Molecular em Portugal estão vivas e de saúde pelo menos regular. Esta conclusão poderá parecer surpreendente para aqueles que julgassem serem estas áreas moribundas e condenadas a desaparecer a prazo. Os investigadores que nelas trabalham têm encontrado meios de adaptação aos novos tempos, nomea-

---

(1) Este número é aproximado visto que alguns Centros incluíram no número de publicações que nos comunicaram também as enviadas a Conferências. Este facto foi tomado em conta no apuramento do número de publicações.

damente através da utilização das suas técnicas em projectos de Física aplicada, em zonas de interface com outras áreas, como a Física dos Materiais ou o estudo de gases e plasmas.

Parece-nos gritante a aparente ausência de colaboração (e talvez mesmo de comunicação) entre os diferentes grupos de investigação, mesmo quando trabalham em temas semelhantes ou afins. Daí talvez a sugestão dada por uma das instituições de se realizarem conferências sectoriais com periodicidade bianual e o estabelecimento de uma rede nacional de infraestruturas com protocolo de utilização das mesmas.

Ao contrário de outras áreas da Física em que se iniciou trabalho mais recentemente, a Física Atómica e Molecular tem sido objecto de estudo em Portugal desde há algumas décadas. Esta talvez seja a principal causa da dispersão de investigadores e de projectos de investigação que parecem ignorar-se uns aos outros. Parece-nos premente um esforço de conhecimento e entendimento entre todos os que trabalham nestas áreas. Quero crer que este relatório pode ser um ponto de partida para esse esforço.

Quero deixar aqui o meu agradecimento a todos os que calobararem para que este Relatório fosse possível.

## ANEXO I

### Instituições consultadas

Foram consultadas as seguintes instituições e/ou cientistas:

*Centro de Física Molecular das Universidades de Lisboa*  
Complexo I do INIC  
Instituto Superior Técnico  
Av. Rovisco Pais  
1000 LISBOA

*Centro de Física Atómica da Universidade de Lisboa*  
Complexo II do INIC  
Av. Gama Pinto, 2  
1699 LISBOA CODEX

*Centro de Física da Matéria Condensada das Universidades de Lisboa*  
Complexo II do INIC  
Av. Gama Pinto, 2  
1699 LISBOA CODEX

*Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa*  
Complexo II do INIC  
Av. Gama Pinto, 2  
1699 LISBOA CODEX

*Centro de Electrodinâmica da Universidade Técnica de Lisboa*  
Dep. de Física—Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Largo D. Dinis  
3000 COIMBRA

*Centro de Física Teórica da Universidade de Coimbra*  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Largo D. Dinis  
3000 COIMBRA

*Centro de Física da Universidade de Aveiro*  
Campo Universitário de Santiago  
3800 AVEIRO

*Centro de Física da Universidade do Porto*  
Faculdade de Ciências  
Praça Gomes Teixeira  
4000 PORTO

*Centro de Electroquímica da Universidade do Porto*  
Faculdade de Ciências  
Praça Gomes Teixeira  
4000 PORTO

*Centro de Química-Física e Radioquímica*  
Rua da Escola Politécnica, 58  
1200 LISBOA

*Departamento de Física da Universidade do Minho*  
Largo do Paço  
4700 BRAGA

*LNETI*  
Azinhaga dos Lameiros  
Estr. Paço do Lumiar  
1700 LISBOA

*LNETI — Instituto de Energia*  
Estrada Nacional 10  
2685 SACAVÉM

*Instituto de Investigação Científica Tropical*  
*Departamento de Ciências da Terra*  
Alam. D. Afonso Henriques, 41-4.º Esq.º  
1000 LISBOA

*Prof. Doutor Fernando Carvalho Rodrigues*  
*Director do IETI*  
LNETI — LUMIAR — Azinhaga dos Lameiros à Estrada do Paço do Lumiar, 22  
1699 LISBOA CODEX