

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

INVESTIGAÇÃO EM PORTUGAL EM TELECOMUNICAÇÕES, ELECTRÓNICA E CIÊNCIAS BÁSICAS AFINS

ARMANDO LARCHER BRINCA *

Summary

Scientific research in Portugal, in the fields of electromagnetic communications, electronics and related basic sciences (plasma physics, in particular) is concentrated in the last twenty five years. A brief review of the evolution of the Portuguese educational system in this century (facing an illiteracy rate of 78.6% in 1900) helps understanding the early inexistence of structured research activity in those areas. In 1964, the «Instituto de Alta Cultura (IAC)» initiated a program of fellowships for doctoral studies abroad, and a lucid diagnosis of the educational and research policies was made during the elaboration of the 1965-67 Investment Plan. The turning point occurred in 1968, with a marked increase in IAC's budget that translated into vigorous financing of (previously inexistent) research projects and laboratories, and the strengthening of the fellowships program. The returning scholars joined the University and started their own research groups that gradually evolved into the present situation, where, in spite of the occurrence of a few bright spots, the overall panorama is still well below the EEC standards. New programs to redress the situation should recognize that lasting effects on the (much desired) national technological prowess require the previous development of sound research and basic science structures.

ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA

1. JUSTIFICATIVO

A investigação científica tem como móbil a expansão da fronteira do conhecimento humano. Bem sucedida, resulta sempre em enriquecimento cultural. Os seus resultados podem, mas não têm de, alicerçar

* Instituto Superior Técnico.

desenvolvimentos utilizáveis pela sociedade. Diz-se, tradicionalmente, básica ou fundamental quando não é discernível no curto prazo a sua influência na comunidade, e aplicada ou tecnológica quando a antevisão do seu impacto é exequível. A assimilação das suas consequências requer ainda, por norma, uma fase de desenvolvimento onde ocorre utilização original, mas não criação, de conhecimento.

A tarefa de historiar a investigação em Portugal no âmbito das Telecomunicações e Electrónica durante o século XX confronta-se com dificuldades várias. A impossibilidade de recorrer a um distanciamento que perspective e hierarquize os acontecimentos agudiza-se com a concentração dos factos mais relevantes no último quarto de século. A ilusória vantagem da proximidade temporal dos desenvolvimentos é atenuada pela generalizada dispersão e inacessibilidade dos seus registos.

Porque a natureza da investigação científica implica a associação da sua evolução à história da Educação, o tratamento específico das Ciências Aplicadas de Telecomunicações e Electrónica será precedido de uma panorâmica onde se registam acontecimentos tidos por relevantes no Ensino¹ e na Investigação em Portugal, neste século. A inclusão das 'Ciências Básicas Afins' no título da comunicação prende-se com dois objectivos. Legítima a referência a áreas da Física e da Matemática que contribuem para a estruturação das ciências aplicadas em análise (muito embora aquelas ciências básicas sejam autonomamente tratadas neste Colóquio), e permite a abordagem, historicamente justificada no contexto das Telecomunicações, da física dos plasmas onde é desenvolvida entre nós uma meritória² actividade de investigação.

2. SOBRE A EVOLUÇÃO ACADÉMICA

2.1. Ensino

Ao entrar no século XX, Portugal confrontava-se com um panorama deprimente na educação. A uma população, recenseada no Continente e Ilhas em 1 de Dezembro de 1900, de cerca de 5,4 milhões de habitantes correspondia uma taxa de analfabetismo de 78,6% [1]. Os ensinos primário e secundário regiam-se por reformas recentes emanadas de um governo presidido por João Franco, envolvendo populações escolares totais da ordem dos 231 e 5,5 milhares, respectivamente [1]. A frequência escolar total no ensino superior era de 2.736 alunos repartidos pela

Universidade de Coimbra, Escola Politécnica de Lisboa, Academia Politécnica do Porto, Escolas Médico-Cirúrgicas de Lisboa, Porto e Funchal, Escola do Exército, Escola Naval, Instituto de Agronomia e Veterinária e Curso Superior de Letras [1]. De registar ainda que nos Institutos Industriais e Comerciais de Lisboa e do Porto estavam matriculados cerca de 700 alunos [1].

Nos primeiros anos deste século assistiu-se a uma intensa actividade legislativa sem que a situação real do país, se alterasse. De decreto em decreto chegou-se à proclamação da República em 5 de Outubro de 1910. O novo regime incluía nas suas prioridades a alteração radical do sistema educativo como uma das vias a seguir na desejada reforma da mentalidade portuguesa [2]. A azáfama legislativa dos primeiros tempos da I República é muito grande, abrangendo todos os níveis do ensino. Como frequentemente acontece na nossa História, os frutos expectáveis das boas intenções dos diplomas reformadores são parcos. Carências financeiras, organizativas e de continuidade de acção atenuam, ou impedem, a concretização dos objectivos enunciados; por exemplo, o combate ao analfabetismo, conduzido com generosidade, não conseguiu reduzir substancialmente a respectiva taxa que, em 1930, ainda era de 67,8% [2].

A reforma da Universidade, em 1911, incluía a criação das Universidades de Lisboa e do Porto. No mesmo ano, o ministro do Fomento Brito Camacho criava, por desdobramento do Instituto Industrial e Comercial de Lisboa, o Instituto Superior Técnico (IST), estabelecimento do ensino superior com autonomia pedagógica e administrativa. No seu regulamento previa-se um curso geral de engenharia e cursos superiores especiais em engenharia de minas, civil, mecânica, electrotécnica e químico-industrial, sendo o ensino acompanhado por Laboratórios; de realçar que o ensino de engenharia química e electrotécnica era inexistente [3]. Foi seu primeiro director, até 1920, Alfredo Bensaúde, cientista pedagogo licenciado e doutorado na Alemanha, e grande responsável pela orientação que viria gradualmente a granjear o prestígio disfrutado pela Escola.

Posteriores diplomas legislativos afectando a Universidade incluem a 'Proposta de Lei da Reorganização Universitária', em 1914 da autoria do ministro da Instrução Sobral Cid e o 'Ensino Universitário', publicado em 1918, sob a presidência de Sidónio Pais [2]. De sublinhar, neste último, a explicitação do interesse da investigação científica nas Universidades que se pretendia transformar em «verdadeiros centros de

investigação científica» [2]. No ano de 1918 criou-se a Faculdade Técnica para o ensino da engenharia na Universidade do Porto; veio a transformar-se na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), com ensino de engenharia electrotécnica, civil, química e de minas. De registar, também, que durante os 72 dias, iniciados em 18 de Dezembro de 1923, em que António Sérgio foi ministro da Instrução Pública teve a oportunidade de criar no âmbito do seu Ministério a 'Junta de Orientação dos Estudos', organismo que tinha «por objectivo organizar e fiscalizar um serviço de bolsas de estudo, ..., subsidiar investigações científicas ...» [2]. A criação deste organismo retomava proposta análoga do ministro João Camoesas, no seu projecto de 'Estatuto da Educação Pública' [2]. Como refere Rómulo de Carvalho [2], ao tomar conta da pasta da Instrução Pública em 9 de Janeiro de 1923, Camoesas teve a «preocupação de dar uma ordem coerente e profícua à linha geral dos estudos que substituisse o intrincado amálgama das leis, decretos e portarias, constantemente promulgados, suspensos, alterados e acrescentados». Elaborou o referido Estatuto onde finalmente transparecia uma visão global do sistema escolar e, de especial interesse para esta comunicação, propunha a realização de uma 'Junta Nacional de Fomento das Actividades Sociais e Investigações Científicas' para «criar organismos e meios de investigação, orientação e aperfeiçoamento das actividades científicas»; apesar de entusiasticamente defendido por figuras da Cultura como Jaime Cortesão e António Sérgio, a queda do Governo a que pertencia João Camoesas tornou impossível³ a implementação do 'Estatuto de Educação Nacional' [2].

A instauração da Ditadura Nacional em 28 de Maio de 1926 altera drasticamente a política educativa em vigor durante a I República. Assiste-se ao questionar do combate ao analfabetismo, à redução do ensino primário obrigatório de cinco para três anos, à extinção das escolas primárias complementares (destinadas àqueles que não continuassem os estudos nos Liceus ou Escolas Técnicas), à diminuição da escolaridade liceal total de sete para seis anos, e à defesa e difusão da ideologia política do regime no sistema escolar [5]. No ensino superior começa-se por uniformizar a orgânica e a funcionalidade da Universidade Portuguesa com a publicação do 'Estatuto da Instrução Universitária' em Outubro de 1926, extinguem-se estabelecimentos escolares, e regulamentam-se as escolas [5].

A investigação científica é mencionada entre os objectivos da 'Junta de Educação Nacional' («Fundar, melhorar ou subsidiar instituições

destinadas a trabalhos de investigação e propaganda científica ...») criada em 1929. É substituída em 1936 pela 'Junta Nacional de Educação', organismo instituído na Lei intitulada 'Remodulação do Ministério' da Instrução Pública, e que contemplava a investigação científica numa das suas sete secções [5]; no mesmo ano de 1936 é criado o Instituto de Alta Cultura [4]. Um decreto de Dezembro de 1930, pela reunião das escolas superiores técnicas da capital (Instituto Superior Técnico, Instituto Superior de Agronomia, Instituto Superior do Comércio que passou a Instituto Superior de Ciências Económicas e Financeiras, e a Escola Superior de Medicina Veterinária), tinha entretanto fundado a Universidade Técnica de Lisboa [5].

Leite Pinto, professor da Universidade Técnica de Lisboa, tomou posse da pasta da Educação em 1955. Admitindo o «deplorável atraso» em que o país, se encontrava, e reconhecendo a correlação entre o Ensino e a Economia [5], desencadeia um processo de recolha e análise de dados e de planeamento que irá alicerçar a adopção de várias medidas nos anos seguintes. Para proceder à análise quantitativa da estrutura escolar portuguesa, base necessária à elaboração de um 'Plano de Fomento Cultural', obteve a colaboração da OCDE (Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económicos). O relatório foi elaborado por um grupo de trabalho no Centro de Estudos de Estatística Económica dirigido pelo Prof. Alves Martins; a sua publicação em 1964 ocorre já quando é ministro da Educação Galvão Teles, continuador do processo iniciado por Leite Pinto [5]. Para racionalizar as decisões de fundo no âmbito do ensino, é criado em 1965 o 'Gabinete de Estudos e Planeamento de Acção Educativa' (GEPAE) [5]. Em 1966, Portugal adere a um programa da OCDE cujo objectivo é estudar as necessidades da investigação científica e tecnológica no contexto do desenvolvimento social e económico (programa iniciado em 1963 com a Grécia, Irlanda, Itália, Espanha e Turquia) [4]. O relatório do grupo de trabalho dirigido pelo Prof. Dias Agudo, publicado em 1968, recomenda reformas no ensino superior e melhorias (a nível de organização, recursos e definição de prioridades) na investigação científica e tecnológica; entretanto, em 1967, o governo criava a Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (JNICT) [4]. Cabe a Veiga Simão, ministro da Educação de Janeiro de 1970 até à Revolução de 25 de Abril de 1974, a adopção de reformas inovadoras que conduziram a inegável progresso no panorama educacional [5]. Com a restauração da Democracia intensificou-se a esperança na melhoria do ensino; mais uma vez, as numerosas boas

intenções legislativas não encontraram condições práticas para a concretização plena dos objectivos enunciados, e o avanço conseguido torna-se pequeno no confronto com a dimensão da obra a realizar.

2.2. Investigação

2.2.1. Geral

Legítima, nesta fase da exposição, a interrogação sobre o estado real da actividade de investigação científica em Portugal neste século. Quais os resultados práticos das intenções frequentemente manifestadas por entidades responsáveis de a incentivar? Para ajudar à resposta, respigaremos documentação ligada à Academia das Ciências de Lisboa.

Em sessão de 3 de Julho de 1919, J. M. de Almeida Lima apresenta uma comunicação intitulada 'Justificação da proposta para eleição de um conselho nacional de investigação científica' [6]. Tinha a Academia sido convidada a colaborar cientificamente no 'Conselho Internacional de Investigação' organizado pelos Aliados após a I Grande Guerra para coordenar o esforço do desenvolvimento científico como base do progresso económico. Almeida Lima transmitia o parecer positivo da comissão nomeada para o efeito, e Portugal passa a ser um dos doze estados membros do 'International Research Council' [4]. As consequências científicas desta adesão não parecem ter deixado registo.

Egas Moniz, antigo membro e presidente desta Academia, figura ímpar da Ciência portuguesa, relata nas suas memórias [7] episódios pouco abonatórios da ética de alguns colegas, indicadores do estado de (des)inserção da actividade de investigação na Universidade; em provas de concurso, um professor catedrático chega a afirmar que em Portugal não havia nem podia haver investigação científica [8]. António de Sousa da Câmara, em sessão da Classe de Ciências de 20 de Fevereiro de 1947, apresenta a comunicação 'A investigação científica ao serviço da Nação'. Depois de contrastar a situação de outros países com a nossa, conclui estarmos pior do que qualquer outro estado europeu, e opina encontrarmo-nos em boa posição «para principiar» [9].

Mais recentemente, num relatório apresentado ao Comité Científico da OTAN em 13 de Outubro de 1966, o professor A. Gião, conforme citação (em francês) de António da Silveira em comunicação apresentada à Classe de Ciências na sessão de 17 de Janeiro de 1985 [10], afirmava que «Traçar um quadro objectivo da 'investigação científica

fundamental' em Portugal, como de resto em muitos outros países, é uma tarefa delicada, ingrata e difícil. Delicada, porque ao desvendar a verdade sobre esta questão arriscamo-nos a ferir certas susceptibilidades e mesmo magoar o amor próprio nacional. Ingrata, porque um esforço de clarificação da situação da investigação, feito de maneira absolutamente desinteressada e com o único objectivo de contribuir para a melhoria do estado de coisas actual, arrisca-se a ser mal interpretado. Difícil, porque é evidentemente difícil falar sobre o que tem apenas existência esporádica ou não existe mesmo.»

Daqui se infere, sem prejuízo das dignas excepções onde avulta a obra do professor António Egas Moniz que conduziu à atribuição em 1949 do prémio Nobel da medicina⁵, a inexistência de actividade de investigação científica estruturada e frutuosa até, pelo menos, à apresentação do relatório do professor A. Gião (1966). Porque a situação actual ao entrar na última década do século XX, embora ainda frágil e com carências básicas, é reconhecidamente diferente, importa referir desenvolvimentos que tenham contribuído para a evolução verificada. Cingir-nos-emos a ocorrências relacionadas com o tema da comunicação; excepto quando explicitamente indicado, as considerações seguintes prendem-se com eventos académicos (binómio ensino-investigação) no âmbito das Telecomunicações, Electrónica e Ciências Básicas Afins.

2.2.2. Específico

Leite Pinto, em 1952, cria a Comissão de Estudos de Energia Nuclear (CEEN) com a finalidade de formar pessoal científico e técnico para a futura Junta de Energia Nuclear. Extravasando o objectivo inicial, ficou-se devendo à CEEN o estabelecimento de linhas de investigação na Universidade em domínios que incluem a Física, a Electrodinâmica, a Electrónica e a Teoria da Comunicação [1]. Entre 1952 e 1959, foram criados nas Universidades 12 centros de estudo, um grupo de estudos e 14 laboratórios; um dos três centros fundados no Instituto Superior Técnico era o de Electrónica [11], embrião de futuras linhas de investigação no domínio específico desta comunicação. Em 1956 é criada a Fundação Calouste Gulbenkian. Fomentadora de vasta actividade cultural, tem financiado vários aspectos da investigação científica, complementando as insuficientes dotações dos orçamentos estatais.

No ensino, em 1955, eram publicados Novos Planos dos Cursos de Engenharia. Comuns para Lisboa e Porto, contemplavam algumas novas

disciplinas e introduziam umas poucas opções em cursos de espectro demasiado largo [11]. De positivo, a criação do Doutoramento no IST (já existia na FEUP) e a possibilidade de autonomamente poderem ser leccionadas disciplinas de Telecomunicações e Electrónica; as suas regências foram asseguradas pelos Profs. Abreu Faro e Carvalho Fernandes, em Lisboa, e Corrêa de Barros e Velez Grilo, no Porto. De maior relevância foi a actualização desses planos de estudo, em 1970, por Veiga Simão. As Escolas de Engenharia passavam a ter estruturas curriculares sugeridas pelos seus professores e, portanto, não necessariamente uniformes. Criavam-se especialidades que já tardavam [11] e reduzia-se a Licenciatura de 6 para 5 anos. No mesmo ano de 1970, Veiga Simão estabelecia ainda, após inquéritos às Universidades cujos resultados foram examinados pelo IAC, os 'Projectos de Acção Cultural e Investigação Científica' que passavam a constituir a unidade básica da investigação, sem prejuízo da existência de centros [11].

O estado incipiente da investigação exigia um salto quântico que permitisse alcançar a massa crítica capaz de sustentar a pesquisa sistemática e a consequente produção nacional de doutoramentos. No âmbito dos preparativos do Plano de Investimentos para 1965-67 foi criado um grupo de trabalho em 'Investigação e Ensino', presidido pelo Prof. Abreu Faro; o subgrupo 'Ensino Superior', que também englobava a investigação fundamental, elaborou em 1964 um relatório da responsabilidade do seu presidente onde se fazia um diagnóstico da situação do sector (e se determinava, pela primeira vez, o nível de financiamento extraordinariamente baixo da investigação básica: 0,13% do PNB), e se enunciavam objectivos qualitativos e quantitativos para o ensino superior e a investigação fundamental [11]. Urgia preparar numerosos investigadores no estrangeiro e aumentar os níveis de financiamento da actividade válida já existente. A reestruturação sofrida pelo Instituto de Alta Cultura (IAC) em 1964 e a atribuição de verbas importantes à Investigação e Ensino pelos Planos de Fomento, a partir de 1968, contribuíram para estas metas.

Durante o mandato como presidente do IAC do Prof. António da Silveira, 1964 a 1967, abriram-se concursos para bolsas fora do país, por edital, a que podia concorrer directamente o interessado (dispensando-se, assim, a previamente indispensável intervenção dos conselhos escolares), e foi criado o Instituto de Física e Matemática (hoje, Complexo II) por iniciativa do Prof. António da Silveira, seu primeiro presidente [11]. No mandato do Prof. Abreu Faro, de 1967 a 1970, o IAC

intensificou e alargou o plano de bolsas para fora do país, abriu concursos para projectos de investigação e propôs uma política nacional de investigação científica na revisão do III Plano de Fomento. O alargamento das instalações da CEEN no Instituto Superior Técnico, que conduziu ao Complexo Interdisciplinar (hoje, Complexo I), foi proposto pelo Prof. Abreu Faro, seu primeiro director. Importante que foi a sua actividade a nível institucional na moldagem do panorama da investigação científica, seria omissão séria não registar que o entusiasmo e dedicação postos no serviço à causa académica (docência, em particular) pelo Prof. Abreu Faro motivaram a opção universitária de inúmeros investigadores activos em áreas que ultrapassam o âmbito desta comunicação: a elevação das suas aulas e os seus numerosos, rigorosos e actualizados textos de apoio tiveram contribuição marcante na formação dos seus alunos.

O despacho n.º 17/75 de 21 de Abril, do Secretário de Estado do Ensino Superior e Investigação Científica, intitulado 'Reestruturação da Investigação Científica', define o 'Centro (de investigação)' como unidade estrutural; antigos centros e núcleos originam novos centros, e também projectos e conjuntos de projectos se convertem em centros [11]. Em 1976 é extinto o IAC e são criados o Instituto Cultural de Apoio à Língua Portuguesa e o Instituto Nacional de Investigação Científica (INIC). No âmbito do Ministério da Educação, este esquema organizacional mantém-se em vigor. Os 124 centros de investigação do INIC, onde exercem actividade 1.466 investigadores doutorados, distribuem-se por seis áreas: ciências exactas, ciências de engenharia, ciências naturais, ciências de saúde, ciências humanas e ciências sociais [12]. Encontramos centros com actividades ligadas ao tema da comunicação na Universidade de Aveiro (Centro de Física e Centro de Electrónica e Telecomunicações), na Universidade de Coimbra (Centro de Física da Radiação e dos Materiais e Centro de Electrotecnia), nas Universidades de Lisboa (Centro de Física Molecular), na Universidade Técnica de Lisboa (Centro de Electrodinâmica, Centro de Electrotecnia, Centro de Electrónica Aplicada, Centro de Análise e Processamento de Sinais e Centro de Automática) e na Universidade do Porto (Centro de Física e Centro de Engenharia Electrotécnica).

A última década assistiu a numerosos desenvolvimentos com influência imediata ou potencial, mas não uniformemente positiva, na investigação científica. O seu registo não se arroga de exaustivo, ficando algumas das ocorrências para visitar com mais detalhe na especialidade.

Os diplomas originais dos estatutos das carreiras docente universitária e de investigação são publicados em 1979 e 1980, respectivamente. Ainda em 1980, e nas Universidades, é estabelecida a estrutura departamental e criado o grau de Mestre. A reforma curricular preparada no Instituto Superior Técnico desde 1981, e aplicada em Outubro de 1984, introduz na licenciatura de Engenharia Electrotécnica e de Computadores três ramos de especialização (Telecomunicações e Electrónica, Energia e Electrónica, e Sistemas de Computadores). Cinco anos depois entra em vigor novo programa curricular que adopta quatro ramos de especialização (Controlo e Robótica, Energia e Sistemas, Telecomunicações e Electrónica, e Sistemas Electrónicos e Computadores) para a licenciatura de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, e cria uma nova licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores com quatro ramos (Sistemas Computacionais, Programação de Sistemas de Informação, Informática Industrial e Inteligência Artificial). Presencia-se, à data da realização do Colóquio, a regulamentação e gradual entrada em vigor da Lei da Autonomia Universitária de 1988; a concretização das suas potencialidades implica, no entanto, a disponibilização, ainda não conseguida, dos meios necessários.

Ocorrências não exclusivamente inseridas no contexto universitário, mas também relevantes para o tema da comunicação e desta década, incluem acontecimentos díspares que vão desde a criação de instituições vocacionadas para o desenvolvimento, à adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia (CEE). O Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC), constituído em 1980, é uma associação privada sem fins lucrativos entre operadoras de telecomunicações (Correios e Telecomunicações de Portugal, Telefones de Lisboa e Porto, Companhia Portuguesa de Rádio Marconi), o Instituto Superior Técnico, a Universidade Técnica de Lisboa e a Universidade do Porto; pretende articular a docência e a investigação universitárias com as actividades industriais e de serviços, dispondo de dois núcleos principais em Lisboa e no Porto, e núcleos em formação em Braga, Coimbra e Setúbal. Com o objectivo de contribuir para o financiamento das universidades em equipamentos laboratoriais e infraestruturas físicas e humanas no ensino superior, no âmbito lato da Electrotecnia, várias empresas constituíram em 1984 o Fundo para o Desenvolvimento do Ensino da Engenharia e da Tecnologia Electrotécnica, Electrónica e dos Computadores (FUNDETEC), associação privada sem fins lucrativos. As implicações da adesão de Portugal ao Centro Europeu de Investigação Nuclear (CERN),

em 1985, serão certamente desenvolvidas no Colóquio; no âmbito do tema desta comunicação, as acções desenvolvidas centram-se predominantemente na área da Electrónica. Naturalmente de maior impacto é a entrada na CEE e o consequente acesso aos programas comunitários de investigação e desenvolvimento. Oportunidade demasiado recente para avaliar cuidadosamente o seu efeito global, tem vindo a ser explorada intensamente: apenas na área das Tecnologias de Informação e Telecomunicações, e não tendo ainda atingido o nível ao seu alcance, investigadores portugueses participam em 82 projectos comunitários [13]. Finalmente, releve-se o Programa Mobilizador da Ciência e Tecnologia, lançado pela JNICT em moldes inovadores e generosos em 1987: ensaiaram-se níveis e metodologias de financiamento promissores. A iniciativa não teve, no entanto, a continuidade desejável.

3. TELECOMUNICAÇÕES

3.1. Efemérides

A investigação tem cunho universal. Um projecto de pesquisa científica propõe-se contribuir para o aumento do conhecimento global. Não existem actividades de investigação (apenas) regionalmente válidas. Justifica-se, portanto, ao entrar na abordagem especializada do tema da comunicação, preceder a focagem da investigação científica em Portugal de uma breve resenha geral. As efemérides oferecem uma estrutura temporal que facilita o posicionamento da situação nacional.

As telecomunicações de que nos vamos ocupar são caracterizadas pela utilização de sistemas electromagnéticos na transmissão de informação, abrangendo o tratamento da informação, a comutação dos circuitos para o seu encaminhamento e a entrega no local do destino [14]. O seu desenvolvimento tecnológico ocorreu com um ritmo relativamente lento até há cerca de um quarto de século, contrastando com a ulterior marcada aceleração ainda hoje testemunhada. A teoria dos sinais electromagnéticos, depois de trabalhos pioneiros de Lord Kelvin e Heaviside ainda no século passado, adquire modernidade a partir de 1920, tendo Shannon introduzido os conceitos fundamentais da actual Teoria da Informação em 1948 [15]: as bases da ubíqua digitação da informação estavam lançadas.

No início deste século já vários marcos das telecomunicações guiadas tinham sido estabelecidos [15]. A telegrafia era regularmente explorada. A telefonia tinha acesso à comutação automática. A América do Norte e a Europa encontravam-se ligadas por cabo submarino.

A transmissão em espaço livre ensaiava os primeiros passos. Hertz evidenciara experimentalmente as ondas electromagnéticas previstas na Teoria de Maxwell, e a radiotelegrafia tinha sido testada. O estabelecimento por Marconi, em Dezembro de 1901, da ligação via rádio entre a Europa (Cornualha) e a América (Terra Nova), numa distância de 3.500 km, surge naturalmente (muito embora a interpretação do sucesso desta experiência tenha levantado questões teóricas que referiremos ao abordar as Ciências Básicas Afins); Marconi receberia em 1909 o prémio Nobel da Física pela sua contribuição para o desenvolvimento da radiotelegrafia.

A evolução das Telecomunicações é fortemente influenciada pela tecnologia disponível. Em particular, o progresso na Electrónica delimita o domínio do factível. O desenvolvimento ocorrido nos amplificadores e osciladores electrónicos permitiu a exploração do espectro electromagnético em frequências gradualmente mais elevadas. As ondas largas e médias segue-se a utilização das ondas curtas via (refracção na) ionosfera, e o aproveitamento das microondas, no Radar durante a II Guerra Mundial, e nos feixes hertzianos nas ligações em linha de vista [15]. A miniaturização decorrente do desenvolvimento de dispositivos semicondutores tornou possível o advento de satélites activos. 'Score' foi o primeiro satélite utilizado prioritariamente para comunicações. Lançado em Dezembro de 1958, descrevia uma órbita elíptica com altitude compreendida entre 180 e 1.500 km; gravava mensagens recebidas de emissores terrestres e retransmitia-as, mais tarde, ao sobrevoar as estações receptoras. 'Telstar', lançado em Julho de 1962, dispunha pela primeira vez de um repetidor (de banda larga) em tempo real que permitia a transmissão de programas de televisão em directo entre os E.U.A., a Europa, o Japão e a América do Sul. A sua órbita de altitude média implicava, no entanto, a necessidade de recorrer a cerca de 20 satélites idênticos para assegurar comunicações transoceânicas contínuas. A concretização da proposta de Arthur C. Clarke, na revista *Wireless World* de Outubro de 1945, de utilização da órbita síncrona para satélites de comunicações, iniciou-se em 1963 com o lançamento do satélite geoestacionário 'Syncom'; três satélites convenientemente posicionados em órbita síncrona asseguram cobertura global da superfície terrestre.

Hoje, com a progressiva digitalização da informação, assiste-se à aproximação das 'linguagens' das telecomunicações e dos computadores, o que permite uma integração com possibilidade de oferecimento simultâneo de serviços díspares numa mesma rede. As potencialidades destas redes digitais integradas aumentam com a capacidade de transmissão e processamento da informação facultadas pela utilização do domínio óptico (maior largura de banda disponível); a crescente aplicação de fibras ópticas e dispositivos optoelectrónicos nos sistemas digitais tornará viável a generalização de redes com coexistência de áudio, dados e vídeo [16]. A necessidade de detecção, processamento, transmissão e armazenamento de informação coloca-se com crescente acuidade no espectro das actividades humanas. Técnicas originalmente concebidas no domínio das telecomunicações electromagnéticas 'clássicas' encontram progressiva aplicação em áreas não tradicionais como a engenharia biomédica: a interdisciplinaridade contribuiu para o gradual esvaecimento das fronteiras da especialização.

3.2. Investigação em Telecomunicações

Ao entrar na segunda metade do século XX, a investigação científica em Portugal no domínio das Telecomunicações carecia ainda de condições necessárias ao seu desenvolvimento. Apenas em 1955 os Novos Planos dos Cursos de Engenharia introduziam, timidamente, disciplinas de Telecomunicações e Electrónica no currículo universitário, e instituíam o Doutoramento em Engenharia no IST.

A criação de centros de estudo no âmbito da Comissão de Estudos de Energia Nuclear, nomeadamente do Centro de Estudos de Electrónica (CEA) no Instituto Superior Técnico, contribuiu para o arranque de actividades embrionárias, se bem que esporádicas, de pesquisa em telecomunicações. As carências de toda a ordem, e a inexistência de uma tradição generalizada de dedicação do corpo docente à investigação, não permitiram a produção de obra científica de vulto nos anos pioneiros. Seria desajustado, no entanto, aplicar critérios aferidores actuais à actividade então realizada. Foram publicados alguns artigos na revista *Técnica* (Revista de Engenharia da Associação dos Estudantes do IST) e na Revista da Faculdade de Engenharia do Porto cobrindo tópicos como a comunicação por impulsos, séries no tempo, antenas rômbricas e ondas electromagnéticas. Nestes trabalhos encontrava-se, em geral, uma divulgação de temas então modernos e o registo de contribuições

originais. A investigação conduzida pelo (em 1952) Assistente Abreu Faro sobre «Desmultiplicação de frequência no circuito oscilante com bobina de núcleo de ferro saturado», publicada na *Técnica* no início da década dos anos 50 (números 200, 202, 203, 218, 219 e 220), esclareceu fenomenologia incompreendida e recorreu a equações diferenciais hoje frequentemente revisitadas no estudo do caos em dinâmica não linear; o trabalho foi referenciado na parte B da revista *Physics Abstracts*. As mais antigas comunicações à Academia das Ciências de Lisboa sobre temas electromagnéticos foram feitas pelo Prof. António da Silveira nas sessões de 17 de Abril de 1947 («On the fundamental vector of the magnetic field and the magnetostatic pressure») e de 18 de Outubro de 1951 («Sur le principe vectoriel de Huyghens»). De registar que o primeiro artigo científico de autor português publicado na área do tema da comunicação, em revista da especialidade com arbitragem editorial e circulação internacional, parece ter sido, em 1958, o do saudoso Prof. João Figanier [17], então membro do CEA e docente do IST, na sequência de estágio efectuado em Inglaterra, no 'Queen Mary College' da Universidade de Londres. Também de assinalar neste período precursor, e nesta área, os primeiros doutoramentos realizados ao abrigo do instituído nos planos de 1955. Superando dificuldades hoje inimagináveis, doutoraram-se no Instituto Superior Técnico em 1968 os então Assistentes João Figanier e Borges da Silva; as suas teses intitulavam-se, respectivamente, «Excitação dos modos sem variações azimutais em guias dieléctricos cilíndricos por meio de correntes axiais» e «Amplificação paramétrica em estruturas periódicas».

A fruição da política iniciada com a reestruturação do IAC e a intensificação do programa de bolsas fora do país começou na década dos anos 70. Regressavam à Universidade bolseiros doutorados com especializações diversas que se integravam em centros entretanto agregados ao, ou criados no INIC e formavam equipas de investigação. Gradualmente, a produção científica destas equipas passou a incluir doutoramentos e, em muitos casos, atingiu-se a massa crítica necessária à produção em cadeia de pessoal especializado. A actividade de investigação científica foi-se estruturando e institucionalizando, desenvolvendo-se predominantemente em centros universitários integrados no INIC complementados por instituições associadas às Universidades ou ao Estado. (Não existe ainda entre nós a prática da investigação, mesmo aplicada, no seio das empresas privadas.)

Embora, em confronto com padrões europeus, o número de investigadores activos e a variedade dos projectos existentes sejam insatisfatórios, o seu valor absoluto torna impraticável uma especificação detalhada da actividade científica desenvolvida nas últimas décadas em telecomunicações. Optámos, em alternativa, por referir sumariamente áreas de investigação exploradas em centros do INIC e outros grupos de pesquisa.

Na Universidade de Aveiro, o Centro de Física estuda sistemas ópticos coerentes, e o Centro de Electrónica e Telecomunicações investiga sistemas de transmissão digital por fibras ópticas, redes locais, receptores ópticos e sistemas de medidas de antenas. Na Universidade de Coimbra, o Centro de Electrotecnia desenvolve a simulação de tráfego telefónico e de sistemas de reconhecimento da palavra em tempo real. Na Universidade do Porto, o Centro de Física investiga aspectos ligados às comunicações ópticas, e o Centro de Engenharia Electrotécnica contribui para o projecto de ligações terra-satélite, a simulação de sistemas de comunicação digitais, a geração e radiação de campo em banda larga com optimização da resposta impulsional, a optimização de funções de transferência e a síntese de diagramas de radiação de antenas. Os Centros de Electrotecnia (CE), Electrodinâmica (CEL) e de Análise e Processamento de Sinais (CAPS) da Universidade Técnica de Lisboa também desenvolvem actividades relevantes para as telecomunicações. O CE analisa a propagação em linhas de transmissão de energia, aplicações da óptica à electrónica e a simulação de redes comutadas. O CEL investiga a propagação e radiação em meios em movimento e em estruturas abertas. O CAPS desenvolve uma actividade de investigação particularmente intensa em comunicação estatística, processamento estatístico do sinal e teoria dos sistemas; as suas linhas de investigação cobrem sistemas de telecomunicações (sistemas adaptativos, modulação digital, comunicação óptica e por espalhamento do espectro, codificações de imagens), equações integrais em propagação e difracção, aspectos algorítmicos das telecomunicações (caracterização do erro em filtragem não linear, sinais no domínio espaço tempo: representação e processamento adaptativo, sistemas de comunicação com diversidade, aplicações de algoritmos de estimação de campos aleatórios, arquitecturas paralelas para processamento de imagem em tempo real, redes de rádio de comutação de pacotes), teoria da comunicação e aplicações biomédicas (reconhecimento de padrões, detecção e estimação, processamento de informação em neurofisiologia e cardiologia) e propagação e radiação

de ondas (estruturas abertas, dispersão por objectos de geometria arbitrária, propagação em guias dieléctricos anisotrópicos).

Em 1973, o Grupo de Estudos de Comutação Automática (GECA) dos CTT, sediado em Aveiro, foi transformado em Centro de Estudos de Telecomunicações (CET). O CET tem realizado actividades de projecto e desenvolvimento, predominantemente no âmbito da rede telefónica nacional, com ênfase mais recente em estações digitais; colabora ainda em vários projectos europeus dos programas comunitários 'Research and Development in Advanced Communication Technologies for Europe (RACE)' e 'Conformance Testing Services (CTS)'.

O INESC agrupa os projectos de investigação e desenvolvimento em nove áreas científico-tecnológicas; as áreas directamente associadas às telecomunicações incluem as redes digitais integradas de serviços (de banda estreita e larga), o processamento digital de sinais, e a tecnologia óptica [16]. Realizando uma actividade muito intensa e original na interacção com os utilizadores dos resultados dos projectos (operadores de telecomunicações, em particular), e servindo de charneira entre a Universidade e a Empresa, o INESC foi pioneiro na adopção de um modelo legal e organizativo que, evitando a inércia e penúria da máquina estatal, conjugou a criatividade dos investigadores com o pragmatismo (e meios) da indústria e serviços. Participa empenhadamente em programas internacionais, com relevo para os projectos comunitários europeus.

Tendo ultrapassado com sucesso a fase de afirmação, e dispondo de meios humanos (cerca de 100 investigadores efectivos) e infraestruturas materiais singulares a nível nacional na sua área de intervenção, pode confiadamente o INESC analisar o passado para melhor planear o futuro. No âmbito restrito desta comunicação dedicada à investigação, torna-se surpreendente (no contexto das potencialidades disponíveis) a sua reduzida produção científica. A publicação de artigos em revistas científicas da especialidade com arbitragem editorial e circulação internacional, em 1988 e anos anteriores, evidencia esta realidade. As quatro áreas científico-tecnológicas citadas publicaram, em 1988, 7 artigos (sendo 4 da mesma área); a produção total anual do INESC cifra-se em 33 artigos com distribuição muito heterogénea (apenas duas áreas originam 20 artigos e, nestes, dois investigadores são autores ou co-autores de 19) [18]. Compete ao INESC considerar se, no binómio investigação-desenvolvimento que pretende privilegiar, haverá que enfatizar o

primeiro termo para uma (ainda) mais efectiva concretização dos objectivos que se propõe atingir.

Ao finalizar esta secção, convém referir que, actualmente, os investigadores portugueses têm acesso a meios de financiamento alternativos. Grupos universitários com projectos no domínio das telecomunicações encontram financiamento na Fundação Calouste Gulbenkian e, mais recentemente, na Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, nas operadoras de telecomunicações e no Programa Mobilizador da Ciência e Tecnologia da JNICT. No âmbito europeu, ocorre comparticipação (com o correspondente financiamento comunitário) em programas da CEE, nomeadamente no 'European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology (ESPRIT)' e RACE com, respectivamente, 47 e 17 projectos [13]; como já referido, é prematuro avaliar o impacto destes programas no panorama científico nacional.

4. ELECTRÓNICA

4.1. Sinopse

Tradicionalmente a Electrónica está associada ao estudo e aplicações do movimento de electrões em gases, no 'vácuo', ou em semicondutores. Iniciada com o diodo de Fleming, experimentado na detecção de sinais de rádio em 1897 e patenteado em 1904, recorre já a materiais magneto-ópticos e supercondutores, onde a utilização de junções de Josephson em computadores desperta interesse.

A introdução de um terceiro eléctrodo (grelha) na válvula electrónica de Fleming permitia a amplificação de sinais através do comando da corrente eléctrica estabelecida entre os dois outros eléctrodos (cátodo e ânodo): a invenção do tríodo deve-se a DeForest, em 1906.

A grande expansão da electrónica do estado sólido principia no período seguinte à II Guerra Mundial, com o desenvolvimento do transistor nos Laboratórios Bell: as propriedades rectificadoras de certos materiais eram de há muito conhecidas (galena, por exemplo) mas, por analogia com as válvulas electrónicas, foi a capacidade de amplificação (e, portanto, da realização de osciladores) introduzida com o terceiro eléctrodo (base) que motivou a rápida vulgarização do transistor. As funções do tríodo eram desempenhadas com vantagem por este novo

dispositivo que consumia menos potência, permitia reduções de volume e peso, tinha mais duração de vida e era mais fiável; apenas em aplicações envolvendo elevadas potências o transistor não competia vantajosamente com o tríodo. Pelas suas investigações sobre semicondutores e a descoberta do efeito transistor, John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley receberam o prémio Nobel da Física em 1956.

Seguiu-se o desenvolvimento da microelectrónica com a introdução dos circuitos integrados (IC) onde um único bloco semiconductor combina vários dispositivos electrónicos e elementos de circuitos. O aumento da densidade dos dispositivos em blocos com dimensões cada vez mais reduzidas levou ao aparecimento de circuitos integrados complexos (LSI) e de alta complexidade (VLSI). O ritmo de progresso é tão intenso que se torna facilmente perceptível ao utilizador leigo da miríade de produtos suportados pela tecnologia electrónica. A miniaturização está a atingir valores que colocam o problema das limitações no funcionamento decorrerem já não da tecnologia mas da física fundamental: especula-se sobre dispositivos recorrendo a efeitos quânticos como futuros sucessores do transistor [19].

4.2. Investigação em Electrónica

Em Portugal, a investigação em Electrónica inicia-se com a criação do Projecto de Investigação do IAC «Comportamento de dispositivos semicondutores em frequências muito elevadas», no Instituto Superior Técnico, em 1973. Hoje desenvolve-se em Centros do INIC e em instituições associadas à Universidade, como o INESC e o Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias (UNINOVA), ocorrendo actividades de desenvolvimento e projecto em laboratórios estatais (Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industriais) e na Indústria. Os determinantes históricos da evolução inicial da investigação nacional em Electrónica são comuns aos encontrados e referidos em Telecomunicações: dispensamo-nos de os reiterar.

Na Universidade de Aveiro, o Centro de Física realiza o estudo óptico de defeitos em semicondutores, e o Centro de Electrónica e Telecomunicações, no domínio da instrumentação electrónica, investiga o processamento de imagens médicas e sinais biológicos, e o transporte

de partículas carregadas. O Centro de Electrónica da Universidade de Coimbra preocupa-se com a electrónica de potência e o estudo e aplicação de materiais, incluindo cerâmicas (semicondutoras, piezoeléctricas e supercondutoras) e o fabrico de varístores. Na Universidade do Porto, o Centro de Física tem linhas de investigação em supercondutores, electrónica quântica, optoelectrónica e electrónica aplicada; o Centro de Engenharia Electrotécnica dedica-se ao estudo e aplicação de novos semicondutores de potência. Em Lisboa, a Universidade Nova, a UNINOVA sua associada e o Centro de Física Molecular investigam as propriedades do silício amorfo e suas ligas, e desenvolvem aplicações nos domínios da conversão fotovoltaica e da microelectrónica; o Centro de Física da Matéria Condensada estuda os cristais líquidos. Na Universidade Técnica de Lisboa, o Centro de Electrotecnia realiza pesquisas sobre fenómenos de transporte em semicondutores amorfos, dispositivos para microondas e óptica, e dispositivos semicondutores de potência. O Centro de Electrónica Aplicada da UTL tem linhas de investigação em circuitos electrónicos de potência e de alta frequência, análise e projecto de circuitos electrónicos em computador, e filtros microelectrónicos e processadores de sinal; a sua actividade inclui as áreas de modelação física de dispositivos semicondutores, ajudas computacionais ao projecto de circuitos electrónicos, teste de circuitos integrados, síntese de filtros activos e de condensadores comutados, microelectrónica das telecomunicações, circuitos electrónicos para microondas e para processamento de sinal e imagem.

A Tecnologia Electrónica e Microelectrónica constitui uma das áreas científico-tecnológicas do INESC. Preocupa-se com os componentes electrónicos e suas tecnologias, o projecto de sistemas e circuitos integrados, as ferramentas logiciais (de 'software') para o projecto assistido por computador (CAD), e a normalização de sistemas de CAD para a electrónica. As suas actividades incluem o teste e simulação de circuitos integrados, e o estudo de materiais magneto-ópticos (gravação e armazenamento de dados com alta densidade) [16].

A colaboração internacional em Electrónica, como acontecia na área de Telecomunicações, verifica-se predominante, mas não exclusivamente no âmbito dos programas comunitários europeus. A participação dos investigadores atinge uma maior dimensão nos programas ESPRIT (I e II), mas também ocorre noutros programas como o AIM (Advanced Informatics in Medicine) no domínio da electrónica médica.

5. CIÊNCIAS BÁSICAS AFINS: FÍSICA DOS PLASMAS

5.1. Origens

Como referido inicialmente, a secção das Ciências Básicas Afins vai-se predominantemente ocupar da Física dos Plasmas. A justificação desta orientação prende-se, parcialmente, com a experiência de Marconi em 1901.

O sucesso da ligação transatlântica via rádio levantou problemas de interpretação: as antenas emissora e receptora não se encontravam em linha de vista, e as ondas electromagnéticas propagam-se em linha recta em meios homogéneos. A explicação avançada por MacDonald, invocando a difracção das ondas electromagnéticas pela superfície esférica terrestre, foi rebatida por Lord Rayleigh que, antes de apontar o erro na teoria matemática apresentada, formulou uma simples objecção de natureza física: a relação entre o comprimento de onda e o diâmetro terrestre na experiência de Marconi é aproximadamente o mesmo que ocorre quando luz visível impinge sobre uma esfera com uma polegada de diâmetro, não se observando neste último caso iluminação significativa do hemisfério sombra.

Outra explicação oferecida para o estabelecimento da ligação de rádio estava essencialmente correcta, mas era especulativa. Independentemente, Heaviside na Grã-Bretanha, Kennely no E.U.A., e Nagaoka no Japão [20] sugeriram a existência de uma camada reflectora condutora, possivelmente formada por cargas eléctricas livres na rarefeita alta atmosfera. Estava lançada a base da física ionosférica que, gradualmente, conduziu à física dos plasmas espaciais. O interesse do estudo do comportamento do plasma ionosférico nas comunicações electromagnéticas a grandes distâncias, via onda curta, levou os investigadores das Telecomunicações a preocuparem-se com a ionosfera, em particular, e a física dos plasmas, em geral. Historicamente legítima, portanto, a consideração desta disciplina como Ciência Básica Afim. Justificação adicional não despendiend a prende-se com a justiça da inclusão neste Colóquio de uma área de investigação nacional cuja vigorosa actividade é internacionalmente reconhecida como meritória.

Vários investigadores elaboraram a teoria da propagação das ondas electromagnéticas em gases ionizados (plasmas) para melhor compreenderem a interacção das ondas de rádio com a ionosfera: as pesquisas iniciaram-se com Eccles (1912) e passaram por Appleton (1925) e Hartree

(1929). Experiências destinadas a medir indirectamente a altura da «camada reflectora» foram desenvolvidas por DeForest (1913), Fuller (1915) e Appleton e Barnett (1924); em 1925, Tuve e Breit publicavam os primeiros resultados da medição directa, obtida por sondagem com impulsos do tipo radar. A teoria básica da formação da ionosfera por radiação solar foi estabelecida em 1935 por Appleton e Naismith [20]. Em 1947, Edward Appleton recebia o prémio Nobel da Física pelas suas investigações ionosféricas.

O grande ímpeto para o estudo dos plasmas espaciais foi dado no Ano Geofísico Internacional de 1957-58 com a instalação de observatórios antárcticos permanentes, o princípio da operação em grande escala de meios de observação espaciais (o primeiro satélite artificial foi lançado em Outubro de 1957), e a utilização de um novo e poderoso meio de observação terrestre, a sondagem por espalhamento incoerente [20]. Os desenvolvimentos posteriores conduziram a uma impressionante sucessão de descobertas (cinturas de radiação de van Allen, vento solar, choque em arco, magnetosfera, convecção magnetosférica, reconexão magnética, radiação quilométrica auroral, mecanismos de aceleração de raios cósmicos) que hoje testemunhamos e não têm apenas vindo a contribuir para uma (ainda imperfeita) caracterização do geoplasma e helioplasma envolventes. Porque o plasma é o estado em que se encontra quase toda a matéria do Universo, os progressos realizados têm implicações cosmológicas e cosmogónicas. Pelas suas contribuições essenciais para a física dos plasmas (espaciais, em particular), Hannes Alfvén recebeu em 1970 o prémio Nobel da Física.

O desenvolvimento da pesquisa sobre o quarto estado da matéria encontrou, no entanto, motivações adicionais. O estudo das descargas em gases envolve os plasmas e tem aplicações recentes em áreas como os lasers, processamento e tratamento de materiais e superfícies, micro-electrónica e fontes de radiação e de partículas. Mais espectacular, mas ainda eludindo os avultados esforços nela centrados, a fusão nuclear controlada permanece como objectivo privilegiado da investigação em física dos plasmas. Os dividendos da sua obtenção levaram a que as pesquisas pioneiras neste domínio tivessem sido conduzidas secretamente. Para bem da Ciência, cedo se chegou à conclusão que a tarefa era excessiva para grupos, ou países isolados. A partir de 1958 torna-se possível a colaboração internacional neste domínio, assistindo-se a um grande incremento na investigação da física dos plasmas que extravasa as fronteiras da fusão controlada.

5.2. Investigação em Física dos Plasmas

Entre nós, a evolução inicial da Física dos Plasmas apresenta analogias com o ocorrido nas áreas de Telecomunicações e Electrónica. Por acção directa do Prof. Abreu Faro, a partir da segunda metade da década dos anos 60, o IAC atribuiu bolsas de estudo fora do país para doutoramento em física dos plasmas. As especializações (8) realizaram-se nos domínios das descargas em gases (3), interacção feixe-plasma (1), plasmas espaciais (1) e astrofísicos (1), ondas não lineares (1) e turbulência (1). Ao regressarem, quase todos os bolseiros (7) se integraram no que é hoje o Centro de Electrodinâmica da Universidade Técnica de Lisboa, dando sequência ao trabalho realizado no estrangeiro e formando novos (7) investigadores doutorados.

Muito embora, na Universidade de Coimbra, o Centro de Física da Radiação e dos Materiais também desenvolva actividade no âmbito dos plasmas ao estudar os mecanismos e aplicações em detectores das descargas autolimitadas e, na Universidade Técnica de Lisboa, o Centro de Automática se preocupe com ondas em fluidos e física solar, a investigação em física dos plasmas em Portugal continua concentrada no Centro de Electrodinâmica⁶ [21]. Envolve actividade experimental e teórica, encontrando-se estruturada em Linhas de Acção⁷ e no Grupo de Fusão Nuclear (GFN), recentemente criado (1987).

A linha das descargas e electrónica em gases iniciou as suas pesquisas com descargas de arco de cátodo oco, tendo progressivamente orientado os seus estudos para a teoria e a modelização de plasmas de descarga produzidos por campos contínuos ou de alta frequência, a teoria cinética de electrões em gases, e os processos atómicos e moleculares em plasmas. Investigou: a cinética dos electrões em gases raros e moleculares; a cinética de espécies moleculares excitadas; a cinética vibracional em colunas positivas; a teoria cinética de colunas positivas (descargas luminescentes, em gases electronegativos) e a teoria cinética de plasmas produzidos por campos de alta frequência (em particular, plasmas mantidos por ondas electromagnéticas superficiais). No âmbito do Programa Mobilizador da Ciência e Tecnologia da JNICT, desenvolveu um projecto de estudo de plasmas mantidos por ondas de superfície em misturas laser; pretende-se realizar um laser de dióxido de carbono de alto rendimento e longa duração de vida, e estudar a possibilidade de utilização destes plasmas no tratamento de materiais.

A linha de plasmas laboratoriais exerce a sua actividade de investigação experimental no estudo de i) ondas e instabilidades em sistemas feixe-plasma (evolução não linear da instabilidade electro-ciclotrónica, instabilidades iónicas em magnetoplasmas permeados por feixes de electrões, instabilidade electro-ciclotrónica em plasmas inhomogéneos, domínio da turbulência em sistemas feixe-plasma; ii) ondas em plasmas quiescentes (regimes transientes associados à injeção de ondas em plasmas e, recuperada a instalação experimental em reparação, formação de duplas camadas envolvendo iões de massas semelhantes e temperaturas diferentes, propagação de solitões); iii) conversão de modos em plasmas inhomogéneos (transformação de ondas electrostáticas num novo modo electromagnético e, em preparação, mecanismos não lineares de interacção entre ondas electrónicas e iónicas, propagação de ondas de superfície em colunas de plasma, propagação de solitões em plasmas com fortes gradientes axiais de densidade).

A linha de fusão e turbulência em plasmas, de índole teórica, estuda a fenomenologia das flutuações de densidade e magnéticas em plasmas de fusão, no contexto do transporte anómalo em tokamaks, e analisa mecanismos elementares da turbulência em plasmas (interacção a três ondas, num modelo estatístico baseado em operadores de projecção; transição para o regime turbulento em fluidos neutros e plasmas; geração de corrente em plasmas quentes por batimento ou injeção de ondas híbridas inferiores; instabilidades paramétricas e mecanismos de saturação; estocasticidade e limiares de aquecimento). O suporte experimental dos estudos teóricos sobre transportes em plasmas de fusão é obtido em tokamaks integrados no Programa Europeu de Fusão (PEF) em Inglaterra, Alemanha e França.

A linha de plasmas espaciais e dinâmica não linear iniciou as suas actividades com a investigação do comportamento linear e não linear de instabilidades e interacções onda-partícula envolvendo o silvo magnetosférico (em particular, a propagação fora da plasmasfera e a ressonância electro-ciclotrónica estimulada pelas experiências de injeção múltipla de ondas VLF na magnetosfera, a partir da estação polar de Siple, na Antárctida), e a estabilidade de ondas relativistas em plasmas frios e a interacção não linear de quatro ondas constituindo duas triades ressonantes. No âmbito de missões espaciais europeias e norte-americanas, analisa-se o transporte de iões (libertados a montante de choque em arco) na bainha geomagnética, a excitação de ondas a jusante de choques quasi-perpendiculares marginalmente supercríticos, a topologia

das instabilidades em ambientes cometários tendo em vista a interpretação de observações efectuadas na vizinhança dos cometas Giacobini-Zinner e Halley, e o planeamento de missões espaciais futuras. No estudo do comportamento caótico de sistemas dinâmicos, investigou-se a existência e propriedades de atractores estranhos, o expoente crítico da intermitência, propriedades do espectro de potência de sistemas dinâmicos, e a dimensão fractal de atractores estranhos de mapas aleatórios.

O Grupo de Fusão Nuclear concretiza parcialmente os objectivos do Plano Nacional de Investigação e Desenvolvimento em Fusão Nuclear Controlada e participa no PEF. Pretende: i) colaborar na investigação de outros laboratórios europeus; ii) realizar em Portugal estudos científicos e tecnológicos de interesse para a comunidade europeia; iii) desenvolver um programa científico autónomo, mas em consonância com o PEF, suportado experimentalmente num pequeno tokamak. Para além da integração temporária de investigadores portugueses em equipas internacionais, ocorre intensa e frutuosa actividade no âmbito de um projecto de reflectometria. Uma equipa do GNF, em colaboração com a Universidade de Aveiro e o LNEC, projectou, construiu e instalou um sistema de reflectometria de microondas para o tokamak ASDEX do «Max-Planck-Institut für Plasma Physik (IPP)» de Garching, R. F. A. Destina-se ao estudo dos fenómenos de transporte em plasmas de fusão, com base em medidas resolvidas no tempo de perfis de densidade do plasma [21].

A actividade de investigação em Física dos Plasmas no Centro de Electrodinâmica desenvolve-se em vigorosa colaboração internacional com Institutos e Universidades na Alemanha, Austria, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, Dinamarca, Espanha, E.U.A., França, Holanda, Inglaterra, Itália e Suíça, originando uma meritória produção científica [21]. O financiamento nacional provém do INIC e da JNICT (Programa Mobilizador da Ciência e Tecnologia, em particular), sendo complementado nos projectos de colaboração por financiamentos europeus (Eurátomo e IPP) e norteatlânticos (contratos NATO).

6. BALANÇO SUMÁRIO

Ao sumariar em jeito de balanço a investigação científica desenvolvida em Portugal no século XX nas áreas de Telecomunicações, Electrónica e Ciências Básicas Afins convém ter presente a influência do meio envolvente.

Apresentando o país indicadores genéricos (na educação, economia, saúde, cultura, etc.) com valores muito inferiores às médias da comunidade europeia, surpreendente seria se a actividade de investigação ocupasse uma posição distinta. Não é o caso: a «Análise da Situação» efectuada no âmbito do Programa Ciência (Criação de Infra-Estruturas Nacionais de Ciência, Investigação e Desenvolvimento) fornece um diagnóstico esclarecedor [22]. Citando: «... um nível muito baixo de recursos financeiros e humanos consagrados às actividades de investigação e desenvolvimento experimental...», «As empresas têm um peso reduzido no Sistema Científico e Tecnológico...», «... as regras de administração pública aplicadas às actividades de I&D têm transmitido uma forte rigidez ao funcionamento desses dois sectores institucionais [Universidades/INIC e Laboratórios/Serviços de Estado]», «O ritmo muito reduzido de investimento público em infraestruturas de I&D, nomeadamente no Ensino Superior, deu origem a grandes carências... que levam hoje a situações de quase ruptura...». Poder-se-ia acrescentar a preocupante inexistência de mobilidade para os novos investigadores (a Indústria não reconhece ainda a necessidade de se dedicar a actividades de I&D), os insatisfatórios mecanismos de avaliação (incapacidade de identificar e privilegiar a qualidade na investigação) e, situação que revisitaremos, a tendência para o imediatismo gerador de dependências.

A aparente maior utilidade da investigação aplicada e, por maioria de razão, do desenvolvimento tecnológico é falaciosa, contribuindo para as vicissitudes da delicada actividade de investigação científica. A sua fragilidade, tanto maior quanto menor o nível cultural e económico da sociedade onde se desenvolve, decorre da não aplicabilidade imediata dos seus resultados. Apesar de provedora dos alicerces invisíveis do progresso tecnológico, existe a tentação de minorar os custos da investigação científica suportando a apetecível fase de desenvolvimento em resultados alheios. Este expedito, e falsamente frugal, queimar de etapas conduz à dependência tecnológica e ao (subtil) colonialismo científico de elevados custos finais.

Em Telecomunicações, Electrónica e Ciências Básicas Afins, a investigação nacional encontra-se praticamente concentrada no último quarto de século. A reestruturação do IAC em 1964 e o aumento significativo do seu orçamento a partir de 1968, com a correspondente intensificação do programa de bolsas de estudo fora do país e o financiamento de projectos e laboratórios de investigação, iniciaram uma evolução positiva que conduziu à situação vigente. Esta enquadra-se razoavelmente

no diagnóstico acima citado; com uma produtividade científica heterogénea, mas globalmente fraca, exhibe alguns aspectos encorajadores. O Ensino Superior é dinâmico, actual e vigoroso, apesar de todas as carências. Empresas desta área, embora ainda alheias à prática de investigação, reconhecem a necessidade de contribuir para o seu financiamento e associam-se a investigadores universitários em instituições privadas sem fins lucrativos. Também a participação portuguesa em projectos de investigação e desenvolvimento da CEE deverá contribuir para o revigoramento do panorama científico nesta área.

A simples continuidade das soluções em vigor não se afigura, no entanto, capaz de vencer o desafio do futuro. O excessivo distanciamento da nossa posição relativamente aos valores comunitários requer um incremento drástico no gradiente de crescimento do sector da investigação. Haverá que incentivar os fautores da actividade (investigadores universitários e de carreira) e facultar-lhes os meios necessários à execução de projectos de qualidade, tendo pacientemente presente que as escalas de tempo envolvidas na transposição dos resultados da necessária investigação básica para o desenvolvimento tecnológico são frustrantemente dilatadas. Talvez o maior risco actual de bem intencionadas tentativas de alterar o panorama científico português resida na preocupação de mostrar «resultados» a curto prazo. Esta atitude ignora a inescapável estrutura da Ciência assente em alicerces sólidos: o fomento das ciências básicas e de investigação fundamental precede o estímulo do desenvolvimento tecnológico. Medidas que desrespeitem esta realidade, por muita ilusão que criem no imediato, estão condenadas ao insucesso final.

Agradecimentos

Esta incursão do autor em domínios (históricos) exteriores à sua área de especialização só foi possível com a prestimosa colaboração dos Professores Afonso Barbosa, Abreu Faro, Borges da Silva, Braga de Campos, Costa Cabral, Fonseca de Moura, Mário Lança, Matos Ferreira e Rocha Pereira, e da Dr.^a Clara Sousa Lopes do INIC. A responsabilidade por quaisquer involuntárias omissões ou distorções é, no entanto, unicamente do autor da comunicação: com o devido distanciamento, a opinião de Max Born [20], «um cientista activo não tem tempo para ler a História da Ciência», merece a sua simpatia e compreensão.

Notas

¹ De realçar, no domínio da História do Ensino em Portugal, a obra homónima, frequentemente citada, do académico Rómulo de Carvalho.

² A formulação de juízos de valor sobre a investigação, e a diferenciação entre esta e o desenvolvimento, suporta-se na natureza dos resultados alcançados. Um indicador objectivo, mas não exclusivo, da pujança da investigação realizada é a publicação de artigos científicos em revistas da especialidade com arbitragem editorial e circulação internacional.

³ Também a Junta de Orientação dos Estudos criada por António Sérgio não vingou [4].

⁴ Que passou a designar-se por Ministério da Educação Nacional [5].

⁵ Pelo trabalho realizado sobre «Valor terapêutico da leucotomia em psicoses». W.R. Hess, suíço, foi o outro recipiente deste prémio («Descoberta da função do cérebro médio»).

⁶ O Departamento de Energia e Engenharia Nucleares do Instituto de Ciências e Engenharia Nucleares/LNETI, em Sacavém, estudou na década dos anos 70 descargas de coluna positiva [21].

⁷ Uma das linhas de acção desenvolve actividades em propagação e radiação (não envolvendo, necessariamente, plasmas); os seus projectos foram referidos na Secção de Telecomunicações.

Bibliografia

- [1] Rómulo de Carvalho, *História do Ensino em Portugal*, cap. XVII, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1986.
- [2] *Ibid.*, cap. XVIII.
- [3] J. Veríssimo Serrão, *A Universidade Técnica de Lisboa*, Vol. I, Lisboa, 1980.
- [4] F.R. Dias Agudo, «Scientific research in Portugal», *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências)*, Tomo XXV, p. 33, 1984.
- [5] Rómulo de Carvalho, *História do Ensino em Portugal*, cap. XIX, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1986.
- [6] J.M. de Almeida Lima, «Justificação da proposta para eleição dum conselho nacional de investigação científica», *Jornal de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais* (Academia das Ciências de Lisboa, Terceira série, Tomo II, p. 191), Imprensa Nacional, 1921.
- [7] Egas Moniz, *Confidências de um Investigador Científico*, Ática, Lisboa, 1949.
- [8] *Ibid.*, cap. II.

- [9] A. Sousa da Câmara, «A investigação científica ao serviço da Nação», comunicação à Classe de Ciências da Academia das Ciências de Lisboa em 20 de Fevereiro de 1947.
- [10] A. da Silveira, «Comentários imperfeitos com elementos para uma história dos estabelecimentos científicos em Portugal», *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências)*, Tomo XXVI, p. 143, 1984/85.
- [11] M. J. Abreu Faro, in *Técnica*, n.º 1/2, p. 16, 1986.
- [12] Divisão de Investigação do INIC, *Centros de Investigação — Linhas de Acção e Projectos*, 1988/89.
- [13] Vários, «Portugal face aos desafios científicos e tecnológicos», destacável do jornal *Expresso*, 8 de Julho de 1989.
- [14] A. A. Carvalho Fernandes, «A recente evolução da tecnologia em telecomunicações», *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências)*, Tomo XXII, p. 211, 1978/79.
- [15] M. J. Abreu Faro, «Telecomunicações: Princípios fundamentais», *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências)*, Tomo XXIV, p. 303, 1981/82.
- [16] INESC, «Relatório de Actividades de 1988. Plano de actividades e orçamento para 1989».
- [17] J. Figanier and E. A. Ash, «Intrinsic directional coupler using elliptic coupling apertures», *Proc. IEE*, vol. 105C, p. 432, 1958.
- [18] INESC, «Relatório 1988 e Plano de Actividades 1989», Anexo III.
- [19] J. T. Bate, «The quantum-effect device: tomorrow's transistor?», *Scientific American*, vol. 258, p. 96, 1988.
- [20] A. Giraud and M. Petit, *Ionospheric Techniques and Phenomena*, Reidel, Dordrecht, 1978.
- [21] J. A. Costa Cabral, «Relatório sobre a situação actual da investigação sobre física dos plasmas em Portugal», *Gazeta de Física*, 13, Fasc. 1, p. 32, 1990.
- [22] MPAT — Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia, Programa Ciência, Junho 1989.

ÍNDICE DESTE VOLUME

APRESENTAÇÃO, por José Pinto Peixoto 9

PROGRAMA 11

DISCURSO PROFERIDO PELO PRESIDENTE DA ACADEMIA PROF. DOUTOR JOSÉ PINTO PEIXOTO NA SESSÃO SOLENE DE ENCERRAMENTO DESTE COLÓQUIO: *Quo vadimus Academia das Ciências?* 23DISCURSO PROFERIDO PELO PROF. DOUTOR F. R. DIAS AGUDO NA SESSÃO SOLENE DE ENCERRAMENTO DESTE COLÓQUIO: *A Academia das Ciências de Lisboa e a Ciência em Portugal* 35DISCURSO PROFERIDO PELO PROF. DOUTOR J. TIAGO DE OLIVEIRA NA SESSÃO SOLENE DE ENCERRAMENTO DESTE COLÓQUIO: *A Educação em Portugal e o Século XX* 43

I

CIÊNCIAS EXACTAS E NATURAIS
E CIÊNCIAS APLICADAS

MATEMÁTICA 53

Sobre algumas figuras dominantes na Análise Matemática em Portugal (de Gomes Teixeira a Sebastião e Silva), por J. Campos Ferreira 55*Aspectos da Álgebra em Portugal no Século XX*, por Margarita Ramalho 87*História e Desenvolvimento da Matemática Aplicada, em Portugal, no Século XX*, por António Ribeiro Gomes 101