

P U L S A R

Jornal dos Estudantes de Eng. Física Tecnológica - LEFT IST

Outubro 1996

NÚMERO 7

SEMANA DA FÍSICA

Programa na página 12

Entrevista a James Bjorken

Página 14

Electrónica de Silício Amorfo

Página 6

BEST - Biotecnologia Trondheim 1996

Página 3

Fusão Nuclear Uma Fonte de Energia

Página 5

Sumário

- BEST de Biotecnologia - Trondheim 1996 Rui Carlos Sá	pág. 3
- LEFT: Que Futuro Laboral? Nuno L. Barbosa Moraes	pág. 3
- Fusão Nuclear: Uma Fonte de Energia José Barros e Nuno Cruz	pág. 5
- Electrónica de silício amorfo Nuno Leonardo e Helena Silva	pág. 6
- Semana da Física	pág. 12
- Entrevista a James Bjorken	pág. 14
- Doutoramentos Honoris Causa Nuno Cruz e Nuno Leonardo	pág. 20
- Serenamente Paulo Castro Aguiar	pág. 21
- Um barco, uma vida e uma oração José Pedro Pereira	pág. 21
- Poesia	pág. 23
- B.D. Ariel Guerreiro	pág. 24

Ficha Técnica

Pulsar: Uma publicação dos Estudantes de Engenharia Física Tecnológica, LEFT-IST, Instituto Superior Técnico, Departamento de Física, Av. Rovisco Pais, 1096 LISBOA Codex
Editor: Hugo P. Gomes Secção Científica: Nuno Leonardo (Coordenador), Ariel Guerreiro, Carlos Ramos, David Fernandes, José Barros, Nuno Cruz, Paulo Cunha, Rui Sá Secção Cultural: Rui Pita Perdigão (Coordenador), Hugo P. Gomes, José Pedro Pereira, João Jorge Santos Espaço do Cursor: André Gouveia (Coordenador), Filipe Moura, Mónica Martins, Tiago Moniz Colaboração neste número: Ana Margarida Teixeira, Helena Silva, Joana Moreira, Nelson Nunes, Nuno Moraes, Oscar Dias, Paula Peres, Paulo Aguiar, Pedro Castelo, Susana Castro, Victor Cardoso, Yasser Omar Arranjo Gráfico: Hugo Gomes, Sandra Paulo
Tiragem: 1000 exemplares

Patrocinado por:



CENTRA
Centro Multidisciplinar de Astrofísica



CFIF
CENTRO DE FÍSICA DAS INTERACÇÕES FUNDAMENTAIS
Instituto Superior Técnico-Edifício Ciência (Física)
Av. Rovisco Pais P-1096 Lisboa Codex
Tel: (351-1) 8419 092 Fax: (351-1) 8419 143

Departamento de Física do IST

2 Número 7
P u l s a r

EDITORIAL

Outubro 1996

Caros Colegas,

Mais um ano lectivo no Técnico e mais um *PULSAR* para mostrar que o que nos une não é apenas um curso. É um gosto pela ciência que escolhemos estudar, tão grande que a queremos levar ao conhecimento de todos.

E um ponto de vista arriscado este que tomamos sobre aquilo que deve ser a nossa passagem pela Universidade. Afinal não nos limitarmos a estudar as cadeiras do curso pode trazer as suas desvantagens. Mas tal não seria certo para quem, no Técnico, não vê um bloco de cinco anos com apenas uma entrada e uma saída, mas uma realidade que nos é dada para aproveitarmos e vivermos. Isso obviamente implica trabalho e deixarmos os nossos braços na construção de algo mais do que uma boa média. E se não o fizéssemos? Suponho que não seríamos capazes de não o fazer, pois somos pessoas, amigos e colegas que se relacionam, que vivem juntos nesta escola e por isso é já aqui que devemos levar a sério a nossa responsabilidade de mostrar ao mundo aquilo que somos e por que trabalhamos.

Obviamente que não é a opção fácil, esta que te desafiamos a tomar. Ajuda-nos a continuar tudo isto por que temos trabalhado! Colaborar no *PULSAR* e no Núcleo de Física do IST é um pedido que nós nunca podemos deixar de fazer, confiantes que será o teu próprio entusiasmo pelo curso e pela Física a levar-te a fazê-lo.

Foi nesta óptica que surgiu a vontade de realizar a Semana da Física. E da vontade passámos aos actos e é já nos próximos dias 22, 23 e 24 de Outubro que o Pavilhão Central se vai encher de experiências de Física (pequenos e grandes brinquedos demonstrando a realidade que estudamos e como o fazemos) e de seminários sobre várias áreas desta ciência. No último dia vamos falar a sério, perguntando tudo aquilo que sempre quisemos saber sobre a Física e nunca tivemos coragem de perguntar a seis Profs. que se arriscam a responder a tão ousadas questões.

Durante este três dias contamos com a tua presença activa, como colaborador e participante de todas as actividades. A Semana é para todos nós, cabe a cada um aproveitá-la!

A Redacção do *PULSAR*

JÚLIO DE FIGUEIREDO, Lda.
Livros Técnicos e Científicos • Assinaturas de Revistas
Sede: Rua António Peixoto Carvalho, 5 - 1.º 1000 Lisboa
Tel: 846 17 80 / 37 82 / 07 84 Fax: 846 41 64

GIP
grupo de lasers e plasmas



LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO E FÍSICA EXPERIMENTAL DE PARTÍCULAS

BEST de Biotecnologia - Trondheim 1996

por Rui Carlos Sá

Este Verão foi, para mim e dois outros alunos do Técnico, a Helena Vieira e o Filipe Mergulhão, (ambos de engenharia química) altura de rumar à distante e fria Noruega (que afinal nem é assim tão distante nem tão fria) com o intuito de frequentar um curso de Verão intitulado **BEST of Biotechnology**. O curso, tal como o nome indica, foi organizado pelo BEST - Board of European Students of Technology - e teve a duração de duas semanas.

Após alguns imprevistos, chegámos a Trondheim, uma cidade que em população é muito semelhante a Coimbra, e na proporção estudantes-habitantes é praticamente igual.

O curso de Verão contou com um total de vinte e sete participantes vindos de treze países da Europa, tendo abordado três temas principais: biotecnologia e ecologia marinha, polissacáridos marinhos e processos biotecnológicos.

Dentro destes três tópicos o curso versou subtemas específicos. Nomeadamente, e dentro do tema biotecnologia e ecologia marinha, para além de procurar dar uma perspectiva global do ambiente marinho, foram focadas especialmente a aquacultura e a genética molecular como forma de gerir e melhorar o rendimento da mesma.

A genética molecular foi também um dos principais subtemas abordados sob o tópico de processos biotecnológicos, tendo este ainda incluído, entre outros, os seguintes assuntos: balanços de massa, transferência de oxigénio, processos scale-up/scale-down e um exercício

laboratorial sobre fermentação, em que parte dos participantes tiveram a oportunidade de trabalhar com um reactor de 750 litros, uma escala intermédia entre os reactores de laboratório de algumas dezenas de litros e os industriais de vários milhares.

Por fim, sob o tema polissacáridos marinhos, abordámos essencialmente a estrutura, propriedades e utilizações possíveis de alginatos, ágar-ágár e outros polissacáridos marinhos.

De entre os diversos tópicos que o curso cobriu, foi este último que mais cativou a minha atenção, nomeadamente no que respeita a possíveis utilizações biomédicas, assunto em que a NTNU - "Norwegian University of Science and Technology" - por intermédio do "Institute of Biotechnology" e do "Institute of Cancer research and molecular Biology" é uma das universidades mais credenciadas a nível mundial.

Trondheim, a terceira maior cidade da Noruega, logo a seguir a Oslo e Bergen, é um local bastante acolhedor e com um ambiente muito jovem e extremamente académico. A vida da cidade gira, em grande medida, em torno dessa vida académica, tendo especial relevância dois eventos estudantis de dimensão internacional:

•a UKA, que em norueguês quer dizer semana, mas que na realidade decorre durante um mês, e consiste em espectáculos diários, cobrindo desde o teatro ao cinema experimental, desde música clássica a pós-moderna, numa infinidade de eventos culturais em

que o difícil acaba por ser escolher; e

•o ISFIT, International Student Festival in Trondheim, onde estudantes dos quatro cantos do mundo debatem anualmente um tema de interesse comum (este ano debate-se a qualidade de vida). Caso estejam interessados em participar, podem contactar o grupo local do BEST, ou procurar mais informação na world wide web, sob o endereço: <http://www.idt.unit.no/~isfit/isfithome.html>. O prazo limite de candidatura é 1 de Novembro.

A cidade completa mil anos de existência em 1997 e vai albergar nesse ano o campeonato do mundo de esqui nórdico, estando previstas, um pouco por todo o ano, cerimónias comemorativas e evocativas do passado, presente e futuro de Trondheim.

Para além do lado académico, o curso de Verão possibilitou-nos conhecer um pouco do que é o dia a dia real da universidade em que fomos recebidos, bem como criar laços de amizade com pessoas que nos podem abrir portas para o conhecimento de novas culturas, outros povos e diferentes maneiras de ver e pensar o mundo.

Foi sem dúvida uma experiência muito positiva e que eu recomendaria a todos!

Para obteres mais informação sobre cursos de Verão ou outras actividades do BEST só tens que te dirigir ao gabinete do BEST-IST, ou estar atento aos cartazes que na altura própria estarão afixados.

LEFT: QUE FUTURO LABORAL?

Por Nuno Luís Barbosa Morais, aluno do 2º ano da LEFT

Engenheiros... ou talvez não...

Quando amigos que não conhecem o nosso curso (quase ninguém conhece) me questionavam quanto às suas saídas profissionais, eu hesitava... Ciciava algumas interjeições e respondia, pouco convicto, as ambiguidades que li nos panfletos de propaganda à Licenciatura ("ensino superior / investigação; empresas de novas tecnologias"). Se me pediam para ser

mais específico eu exemplificava, baseado na actividade dos muito poucos licenciados em Engenharia Física Tecnológica que conheço. Hoje em dia, já complemento a minha resposta com frases mais honestas, do tipo: "Estou no curso certo, na Universidade certa e com as pessoas certas. Mas não sei como estará o mercado de trabalho daqui a 4 ou 5 anos...". Frases essas que não passam de lugares-comuns.

Pensarão muitos: "Coitado, o

rapaz anda mal informado...". Talvez tenham razão, mas praticamente só os finalistas perspectivam (com bastantes incertezas) quais as possibilidades no campo laboral. E mesmo esses foram obrigados a abandonar algumas ideias sobre aquilo que fariam "quando fossem grandes". A maior parte dos estudantes da LEFT não tem ideias bem definidas. Note-se que, por exemplo, um aluno de Engenharia Civil já sabe o que vai fazer se for bem sucedido (conhece dezenas de Engenheiros Civis). E quem diz aluno

de Civil, diz aluno da LEM, da LEEC, da LEIC...

Seria inútil repetir aqui exaustivamente aqueles que se pensa serem os problemas curriculares do curso. Já muitos, entre alunos e professores, os assinalaram (ver números anteriores do PULSAR). A mutilação gradual das vertentes de engenharia e tecnologia parece-me ser a ideia mais marcante de todas as reflexões já feitas. É incontestável que o currículo faculta uma boa formação teórica. Os alunos da LEFT devem, no entanto, ter oportunidade de usufruir de cadeiras de electrónica, instrumentação, programação e tecnologia em geral que lhes forneçam "bagagem" para uma fácil adaptação à evolução frenética do mundo laboral e que lhes permitam acabar o curso como verdadeiros Engenheiros (homens "do saber e do saber fazer", nas lúcidas palavras do Professor Dias de Deus). Por que será que, no Técnico, ninguém toma a LEFT como um curso de Engenharia? Há a Matemática, a Física e as "Engenharias". Nós somos "os Físicos" (ninguém se lembra de "Tecnológicos"). Ou, num epíteto bem mais sugestivo, os "cromos". Devemos tomar, sem falsas modéstias, este último adjetivo como elogio à qualidade dos estudantes do nosso curso. Mas devemos também percebê-lo como uma sátira à imagem do aluno de Física: estudioso, idealista, misantropo, enfim... um cientista lunático. A maioria de nós não é assim.

Citando alguns professores do Departamento, a LEFT "é uma licenciatura de espectro largo" que resulta "de um casamento sonhado entre ciência fundamental e a prática do desenvolvimento tecnológico" e que "busca os nichos de desenvolvimento que as engenharias tradicionais não podem ou não querem desenvolver". Um Físico Tecnológico "está predisposto a actuar

nas áreas ainda nascentes (...) os recantos, as fronteiras, as pontes, as ilhas que surgem", "deve ter um conhecimento aprofundado de Física e (...) ser capaz de abordar problemas tecnológicos". Deve ser "uma pessoa que tenha uma formação de base mais especializada e mais aprofundada que a generalidade das outras licenciaturas, (...) capaz de pensar, com uma formação geral muito completa, que lhe permita ao longo da vida profissional ir-se reciclando", "que faça a interface entre o utilizador e o projectista". É alguém "que tenta sobretudo resolver novos problemas" mas "não deve ser um estudioso". Entre as aplicações da LEFT encontram-se "a instrumentação", "a consultadoria", "a investigação científica", "investigação e desenvolvimento de tecnologias de ponta" e "a gestão de Ciência e Tecnologia". As citações anteriores são bonitas e certíssimas da descrição idealista do espírito do curso e do perfil do Engenheiro Físico Tecnológico. Encaixam perfeitamente nas ambições de muitos de nós. Mas será que o curso fomenta realmente o desenvolvimento da tão proclamada inteligência pragmática?

Discute-se muito e faz-se pouco. Andamos há mais de meio ano a ouvir falar de uma "reforma" no curso cuja concretização não está à vista mas cuja discussão já fez "mossa" no Departamento. Porquê tanta inércia em questões fundamentais? Frases bonitas, demagogia, discussões filosóficas e debates "politicórios" podem alimentar o espírito mas não dão emprego. Emprego e qualificação são palavras de ordem num mercado de trabalho exasperante. Afinal, a evolução tecnológica e o aperfeiçoamento de máquinas e processos que dispensam outras profissões só deveriam beneficiar-nos. Inovar é fundamental mas só é possível triunfar se se desenvolver o espírito empresarial e de cooperação (acabando, se possível, com os "penduras"). Deixe-se a competição

desenfreada para o mercado de trabalho e compreenda-se que é difícil vencer sozinho⁶ que boas notas não bastam. Ser bom estudante não significa necessariamente ser competente. A época dos "yuppies" já lá vai e as situações nem sempre terminaram da melhor maneira...

Assim, todos temos consciência de que há condições para fazer a LEFT corresponder às nossas expectativas. Mas deve partir de cada um de nós a iniciativa de contribuir para o melhoramento do curso de que, apesar de tudo, gostamos. O primeiro passo consiste em estarmos bem informados acerca das carências do mercado, das possibilidades de emprego e em informar a sociedade acerca do que um Engenheiro Físico Tecnológico pode oferecer. É fundamental promover bem a LEFT, fazer um bom "marketing".

Deixemo-nos de indulgências e de comodismos egoístas: urge actuar. O nosso futuro depende de uma acção rápida mas ponderada de todos os que estão ligados à LEFT. Acção essa virada contra... ninguém, sem tumultos e despida de preconceitos (principalmente políticos). Em conjunto (alunos e professores) seremos mais profícios porque, afinal, somos poucos... mas queremos que acreditem que somos bons.

Bom ano lectivo!

Nota: extracto de um relatório que a Mesa Redonda dos Industriais Europeus aprovou em 1994 sobre a educação europeia:

Competências indispensáveis na vida profissional que os jovens devem possuir à saída do sistema escolar:

1. Capacidade de trabalhar em grupo, ter espírito de equipa.
2. Sentido de responsabilidade e de disciplina pessoal.
3. Capacidade de tomar decisões e abertura à aceitação dos riscos.
4. Sentido de iniciativa, curiosidade e criatividade.
5. Profissionalismo, procura da qualidade total e sentido de competição.
6. Sentido de serviço à comunidade e espírito cívico.

Em "A Indústria do Norte" (A.I.P.)

Fusão Nuclear: Uma Fonte de Energia

por José Barros e Nuno Cruz

Decorreu, nos dias de 16 a 20 de Setembro, o "19th Symposium on Fusion Technology", evento organizado pelo Centro de Fusão Nuclear do IST e que contou com mais de 450 participantes e com uma exposição onde cerca de 15 empresas nacionais e estrangeiras apresentaram os desenvolvimentos industriais mais recentes relacionados com a fusão nuclear. Neste âmbito realizou-se ainda uma sessão dedicada ao público na qual o Doutor Romano Toschi, Chefe da Equipa Europeia do projecto ITER ("Internacional Thermonuclear Experimental Reactor"), do Max Planck Institut, apresentou uma lição intitulada precisamente "Nuclear Fusion: An Energy Source". Pretende-se agora expôr sucintamente as principais ideias defendidas pelo Doutor Toschi.

De acordo com o orador, a comunidade científica encontra-se prestes a dar o passo final, o de construir um reactor experimental que permita demonstrar a viabilidade da fusão como fonte de energia. Contudo, para se atingir o pleno domínio da fusão, requer-se também um esforço sensivelmente igual ao que permitiu chegar-se ao estado evolutivo em que se está hoje, quer a nível económico, quer a nível de empenho de todas as pessoas envolvidas neste projecto.

A sua comunicação desenvolveu-se em torno de três questões:

1. Existe necessidade de uma nova fonte de energia?
2. Como poderia a fusão nuclear contribuir?
3. Quando poderia a fusão nuclear contribuir?

A necessidade de se encontrar uma nova fonte de energia reside no facto de os combustíveis mais utilizados hoje, os fósseis, terem reservas limitadas, níveis de poluição elevados, e de existir um aumento das necessidades humanas de energia. Se se tomar em conta o crescimento da população mundial, assim como a evolução do consumo de energia *per capita*, projecta-se que a necessidade energética daqui a 50 anos triplicará, e, confrontando-se estes dados com as reservas de combustíveis fósseis existentes e que se prevê virem a ser descobertas, o Doutor Toschi chega à

conclusão que em dada altura a situação se tornará crítica pois a falta de energia limitará o crescimento e desenvolvimento industriais. Torna-se, portanto, preciso ponderar sobre as fontes de produção de energia disponíveis.

Os critérios sugeridos para a avaliação de uma fonte de energia foram:

1. Proliferação;
2. Acessibilidade económica;
3. Simplicidade de Serviço (tamanho, manuseabilidade, ...);
4. Poluição;
5. Combustível requerido;
6. Adaptação às necessidades do consumidor;
7. Segurança (e.g., a necessidade de se evacuar a população numa área vizinha à central de produção em caso de acidente).

Ora, as fontes energéticas actuais falham em alguns pontos. É um facto que os combustíveis fósseis têm o problema da libertação de CO₂, que assume cada vez mais importância no aquecimento global através do denominado efeito de estufa. Actualmente libertam-se 16×10^9 ton de carbono por dia: -Não devemos esperar que seja a experiência a dizer-nos que a quantidade de CO₂ é demasiado elevada! - alertou o Doutor Toschi. Quanto à energia da fissão nuclear, há o problema do 'lixo atómico', pois a Terra tem uma capacidade finita para o absorver, para além da sua propensão a armamento. As energias renováveis falham no custo e na adaptação às necessidades do consumidor, pois, excepto no caso das barragens, estas não se armazem e 'não se tem vento ou sol durante os 365 dias do ano'. Conclui-se pela obrigação de reduzir a utilização dos combustíveis fósseis, ao passo que as energias alternativas são insuficientes para prover às crescentes necessidades energéticas humanas.

O Doutor Toschi verificou então se a fusão nuclear, a ser viável, se adapta ao ideal referido:

Em termos do combustível, a fusão necessita de uma mistura de deuterio e lítio, que se obtém da água do mar facilmente. O facto de todos os países possuirem facilmente este combustível é por si só suficiente para resolver questões relacionadas com a instabilidade política que advém de, por exemplo, somente alguns países serem exportadores de petróleo. Note-se que 1g deste combustível equivale, no que concerne à produção energética obtida, a 1 ton de carvão, aproximadamente. Este factor aliado à não utilização de material fóssil tornam a central de fusão num objecto de fácil proliferação.

Na questão da segurança, os *tokamak* são bastante seguros, visto que a interrupção do suprimento do combustível provoca quase imediatamente a paragem da reacção de fusão. Em problemas de teor ambiental, refira-se que a absorção da reacção resultante (fluxo de neutrões) é realizada nas paredes que envolvem o reactor, e que, em caso de acidente, após 10 anos os níveis de radiação são inferiores aos do carvão; mencione-se também que os gases resultantes são apenas o vapor de água.

O factor mais desfavorável -o tamanho requerido para a central- afasta igualmente a possibilidade da utilização com fins bélicos, pois torna-a de fácil detecção.

O custo em potência é estimado como sendo igual ao do carvão, i.e., cerca de 50% mais caro que o proveniente de uma central de fissão nuclear.

A sua fácil adaptação às necessidades do Homem advém de a reacção ser auto-sustentável, e de uma central de fusão ser aceitável numa zona urbana, pois não levanta problemas relacionados com a sua aceitação social como é o caso da fissão.

Esta verificação responde portanto à 2^a pergunta, de como poderia a fusão nuclear contribuir.

Quanto à 3^a questão, o Doutor Toschi adiantou que o ITER, estando construído levará 10 a 12 anos para levar a cabo uma demonstração completa, e prevê-se que por volta do ano 2020 o ITER terá providenciado os dados suficientes sobre a viabilidade da fusão nuclear como fonte de energia.

P U L S A R

www.fisica.ist.utl.pt/pulsar

pulsar@fisica.ist.utl.pt

Electrónica Baseada em Filmes Finos de Silício Amorfo

Nuno T. Leonardo e Helena L. Silva

Engenharia Física Tecnológica, IST, 4º ano

(Recebido em 16 de Outubro de 1996)

Apresenta-se o silício amorfo como o material adequado para a electrónica de grandes áreas, procurando assim justificar o grande interesse que tem atraído e as investigações de que continua a ser objecto. Comparam-se as suas propriedades com as do silício cristalino; nota-se a conveniência da sua forma hidrogenada (*a-Si:H*). Apresentam-se considerações sobre os fundamentos físicos dos materiais amorfos, e do *a-Si:H* em particular. Referem-se os métodos de deposição convenientes e as técnicas de análise empregues. Registam-se e descrevem-se exemplos de aplicações electrónicas e tecnológicas.

Introdução

Se se pensar nos progressos da electrónica, o que se evidencia imediatamente é a sua progressiva miniaturização. Basta recordar que um poder de computação que costumava ocupar uma sala inteira, pode agora ser reduzido a um único circuito integrado (*CI*). Sem dúvida admirável!

Mas, adicionalmente, existe um outro nível de electrónica - onde o tamanho, precisamente, é essencial para a função desempenhada. Em causa está a relação Homem-máquina. A comunicação com o mundo electrónico tem, pois, de respeitar a escala humana.

O material de escolha para *CI's* é, por exceléncia, o silício cristalino. Para tal contribuem as suas propriedades semicondutoras notáveis. No entanto, as grandes dimensões requeridas pela electrónica da interface com o Homem tornam-no menos

apropriado para este tipo de aplicações. A razão é a necessidade de crescimento de grandes monocristais, com todos os problemas inerentes.

Para que um novo material seja tecnologicamente útil, deve possuir propriedades electrónicas interessantes ou ser detentor de atributos peculiares (não compartilhados por esses outros materiais). Assim, portanto, se vê que é relativamente difícil encontrar um novo material com reais aplicações tecnológicas. Tal atributo, no caso do silício amorfo, é a sua adequação (i.e., viabilidade em termos técnicos e económicos) para deposição em grandes áreas.

Os dispositivos electrónicos de grande área são baseados em semicondutores de filme fino, depositados sobre um substrato conveniente.

As primeiras investigações em semicondutores amorfos foram motivadas pela questão de como a desordem das estruturas não cristalinas que os caracterizam influenciam as suas propriedades electrónicas, e hoje tais investigações continuam a direcionar-se para um conhecimento de como tal desordem dá origem às propriedades únicas dos materiais amorfos.

Propriedades do silício amorfo; *a-Si:H*

O silício amorfo preparado pelos métodos denominados de pulverização catódica (*sputtering*) ou evaporação térmica apresenta uma densidade de defeitos bastante elevada, a qual impede dopagens úteis, e degrada a fotocondutividade e outras características desejáveis num bom semicondutor.

Porém, ao utilizar-se como técnica de deposição 'glow discharge' - na qual o gás silano, SiH_4 , é excitado por um plasma originando dissociação das moléculas do gás e a deposição

em substratos aquecidos - tem-se que experiências realizadas com filmes de silício assim obtidos revelam, relativamente, propriedades notáveis: apresentam uma baixa densidade de defeitos, resultando em fortes fotocondutividades, alta mobilidade de portadores, boas propriedades eléctricas de transporte, tal como evidenciam um aumento da condução devida a impurezas.

A técnica de deposição apresenta-se então como de extrema importância. De facto, o método utilizado para deposição influencia determinadas propriedades dos filmes obtidos; métodos distintos permitem a variação de parâmetros característicos.

A comparação de resultados correspondentes a diferentes métodos pode ser valiosa. Historicamente, foi o que se passou no que respeita à descoberta de qual o factor responsável pela diferença nos resultados obtidos. Com efeito, se no sistema de '*sputtering*' se proceder à injecção de hidrogénio, verifica-se uma melhoria nas propriedades semelhante à deposição por '*glow discharge*'.

Conclui-se, então, que a alteração profunda nas propriedades do silício amorfo é determinada pela introdução de hidrogénio na sua estrutura. Tal presença permite reconhecer o hidrogénio como um componente essencial dos filmes de semicondutores, responsável pela supressão de defeitos electrónicos formados pelas 'ligações penduradas' (*dangling bonds*, ligações não estabelecidas) do silício.

O silício amorfo hidrogenado é denotado na literatura por *a-Si:H*.

Deve acrescentar-se neste ponto que a adição de fosfina, PH_3 , ou diborano, B_2H_6 , ao gás de deposição permite dopagem de tipo-n ou tipo-p, respectivamente.

O *a-Si:H*, como a maioria dos materiais, tem os seus problemas. Para

o material dopado, por um lado, a eficácia da sua dopagem não é tão alta quanto se desejaria, e, por outro, verifica-se um aumento da densidade de defeitos (o que reduz a mobilidade dos portadores, reflectindo-se negativamente na condutividade).

Embora as propriedades electrónicas sejam claramente mais pobres no estado amorfo do que no cristalino, elas revelam-se suficientes para as necessidades de variadas aplicações tecnológicas. Por outro lado, no que respeita às propriedades ópticas, a inexistência de *gap* indirecto, como no caso cristalino, tornam o silício amorfo mais prestável para aplicações afins.

Diversas experiências têm sido feitas e continuam a efectuar-se com o intuito de optimizar as propriedades do *a-Si:H*, e de compreender os fenómenos físicos associados.

Dado que os defeitos condicionam marcadamente as propriedades interessantes dos semicondutores amorfos, tem-se dado uma importância considerável à sua análise, de modo a obter informação relativa à natureza, densidade e níveis de energia de tais defeitos.

Para tanto, têm sido empregues variados tipos de análise (*) baseados em fotocondutividade, luminescência, condutividade, técnicas de capacidade, ressonância electrónica de spin (*electron spin resonance, ESR*), foto-corrente constante (*constant photo-current method, CPM*), espectroscopia por deflexão fototérmica (*photothermal deflection spectroscopy, PDS*) sobre amostras obtidas por diferentes técnicas de deposição.

Considerações físicas sobre materiais amorfos

A teoria dos semicondutores cristalinos assenta na periodicidade da estrutura atómica: o *teorema de Bloch* deriva directamente dessa periodicidade, sendo os electrões e as lacunas descritos por funções de onda estendidas no espaço. A teoria das vibrações da rede assenta do mesmo

modo na respectiva simetria.

A ausência de estrutura atómica ordenada nos semicondutores amorfos requer uma abordagem teórica diferente. A descrição destes materiais é desenvolvida a partir das ligações químicas entre os átomos, dando ênfase às interacções de alcance restrito (i.e., essencialmente local).

A semelhança das ligações covalentes do silício nas suas formas cristalina e amorfa origina estruturas electrónicas aproximadas. (Provou-se que a existência de pelo menos uma vizinhança tetraédrica implica o aparecimento de *gap*) As fases cristalina e amorfa de um mesmo material tendem a ter *band gap*'s comparáveis (no caso do silício, 1.1 e 1.7 eV, respectivamente).

A desordem representada pelos desvios nos comprimentos e ângulos de ligação alarga a distribuição de estados electrónicos e provoca a localização de electrões e lacunas, tal como a difusão de portadores. Defeitos estruturais, como ligações penduradas, têm estados electrónicos localizados correspondentes que se situam no *band gap*.

Têm lugar também novos fenómenos que resultam da ênfase nas ligações químicas locais. A possibilidade de configurações alternativas das ligações de cada átomo conduz a uma forte interacção entre os estados electrónicos e estruturais, originando o fenómeno de *metaestabilidade*.

As propriedades dos semicondutores amorfos são semelhantes às correspondentes ao caso cristalino, porque partilham a mesma ordem local (ao invés, existe frequentemente pouca relação entre as propriedades nas fases gasosa e condensada). O material amorfo tem a mesma ordem de curto alcance do que o cristal, mas falta a ordem de longo alcance.

Técnicas de deposição de filmes

Dado um determinado substrato - como vidro, silício, pyrex

ou outro - escolhido por conveniência (p.ex., das aplicações ou do tipo de análises que se pretenda efectuar), é então necessário depositar o material semicondutor. Para tal têm vindo a ser usadas diversas técnicas, embora algumas em particular tenham demonstrado ser mais adequadas, pelas propriedades dos filmes obtidos e pela possibilidade de variação de parâmetros que fornecem.

O processo de deposição ocorre no interior de uma câmara de vácuo, onde se coloca o substrato sobre um suporte, por um lado, e por outro tem de estar disponível sob alguma forma o material a depositar. Para que haja deposição tem de ser fornecida energia a esse material tornando eminentes a sua fixação sobre o substrato. Cada técnica de deposição caracteriza-se pelo modo como essa energia é fornecida.

Em termos genéricos, as técnicas de deposição de filmes classificam-se em dois grandes tipos: processos de deposição química, *cvd* (de *chemical vapor deposition*), e física, *pvd* (de *physical vapor deposition*).

No primeiro caso as moléculas do gás que contêm o elemento semicondutor são decompostas, podendo tal decomposição ser assegurada por processos diferentes: plasma (*PECVD*), radiação ultravioleta (*photo-CVD*), filamento aquecido (*Hot-Wire*), etc.

No segundo caso, *pvd*, o material a depositar está disponível na sua forma sólida, e evita-se o processo químico de extração do material de interesse. Tipicamente, o material é disposto como um alvo sólido, o qual é bombardeado electrónicamente (*canhão de electrões*) ou ionicamente (*pulverização catódica ou 'sputtering'*), ou evaporado (*evaporação térmica*).

O método *standard* de deposição de filmes finos de semicondutores amorfos, em termos industriais e também com vista a análises, é a denominada deposição química em fase gasosa assistida por

plasma excitado por radiofrequência, *rf-PECVD* (de *plasma enhanced chemical vapor deposition*). O plasma é confinado entre dois eléctrodos paralelos, aos quais é aplicado um sinal de radiofrequência. O papel do plasma é permitir a dissociação do silano a temperaturas não muito elevadas, de modo a poder ocorrer a retenção de hidrogénio, factor decisivo, como se viu, para a qualidade dos filmes.

Com o objectivo de obter filmes com melhores propriedades, no processo de deposição podem ser controlados vários parâmetros, sendo que cada um deles influencia directamente determinadas características do processo. A pressão do gás determina o livre percurso médio das moléculas de gás (o que determina o local de ocorrência das reacções relativamente à superfície em crescimento); o fluxo de gás influencia o tempo de *residência* do gás no interior do reactor; a potência do sinal-rf controla a taxa de dissociação do gás (e portanto também a taxa de crescimento do filme); e as reacções químicas na superfície em crescimento são controladas pela temperatura do substrato.

Aplicações tecnológicas do silício amorfo

O *a-Si:H* encontra numerosas aplicações tecnológicas em situações onde seja necessário um dispositivo de grande área (e.g., células solares) ou uma grande área com muitos dispositivos (e.g., *displays*).

Uma das principais aplicações têm sido as células fotovoltaicas, onde uma produção eficaz em grande escala depende obviamente da possibilidade de se cobrirem grandes áreas com o menor custo. Outras aplicações importantes são os *displays*, fotoreceptores (e.g., para fotocopiadoras), *scanners* ópticos e dispositivos de imagem. Os dispositivos electrónicos para estas aplicações são construídos a partir de elementos de circuito bem conhecidos como transistores, diodos, sensores,

LEDs, mas têm de ser adaptados às propriedades próprias do *a-Si:H*, pelo que cada passo envolve um considerável trabalho de investigação tecnológica na procura das melhores características que o material pode oferecer.

Muitas destas aplicações são já produzidas industrialmente, enquanto muitas outras estão agora em fase de desenvolvimento.

A conversão da energia solar em energia eléctrica foi a primeira grande aplicação proposta para o *a-Si:H*, e até hoje tem sido uma das mais exploradas industrialmente. Os primeiros dispositivos deste tipo foram obtidos em 1976 e possuíam uma eficiência de apenas 2 a 3%. Desde esta primeira fase têm tido lugar avanços tecnológicos relevantes, como resultado de uma série de inovações

na concepção, nos materiais e na estrutura das células que têm vindo a ser optimizados ao longo dos anos. Quando aquele valor da eficiência atingiu, por volta de 1980, os 14%, foi reconhecida - pela Sanyo - uma importante possibilidade de aplicação, nomeadamente em calculadoras de bolso. Desde então, as companhias japonesas têm dominado o mercado para *a-Si:H* destas células.

Basicamente, uma célula fotovoltaica em *a-Si:H* é um dispositivo de uma junção p-i-n. A luz incide através de um substrato de vidro coberto por uma camada de óxido de estanho transparente (material condutor). Para o metal do topo do dispositivo é escolhido um material altamente reflector para aumentar a absorção de luz no interior da célula.

Os progressos na eficiência

proveniente de um feixe de luz de intensidade modulada provoca o aquecimento periódico do material absorvente; o calor resultante transmite-se para o meio na vizinhança do material, o que causa a modulação do índice de refracção desse meio nas proximidades da superfície do material. Um feixe *laser* de baixa potência feito incidir tangencialmente à superfície do material vai sofrer uma deflexão periódica sincrona com a modulação do índice de refracção.

Um detector de posição traduz sob a forma de um sinal eléctrico a amplitude e a fase da deflexão, o que, para uma gama de comprimentos de onda do primeiro feixe, permite obter o espectro de absorção óptica do material em análise.

O princípio físico a realçar prende-se com o gradiente no índice de refracção causado pelo aumento da temperatura, originando a deflexão do feixe *laser*, a qual é proporcional ao fluxo de calor perpendicular à superfície de amostra através do feixe *laser*.

Esta descrição bastante superficial esconde naturalmente múltiplos aspectos técnicos extremamente importantes. Assim, desde logo, a luz branca fornecida pela lâmpada que originará o primeiro feixe tem de

Espectroscopia por Deflexão Fototérmica PDS

O método de análise de filmes de semicondutores denominado espectroscopia por deflexão fototérmica, que se abreviará *PDS* (de *Photothermal Deflection Spectroscopy*), é um processo em si fascinante. Na verdade, mesmo alguém que conheça os princípios gerais nos quais o método se apoia não poderá deixar de ficar surpreendido com a funcionalidade do método assim como com a extrema sensibilidade que o caracteriza.

Apresenta-se como um método directo de medida da absorção óptica, particularmente adequado para filmes finos. Tendo como base princípios físicos não muito complicados, apresenta-se no entanto tecnicamente bastante complexo e delicado.

Baseia-se, em termos gerais, na medida da energia térmica depositada no material de interesse devido à absorção de radiação electromagnética.

Descrição física do PDS

A absorção de radiação

destes dispositivos deveram-se a melhorias a vários níveis, sendo os principais a maior pureza da camada intrínseca (α -Si:H), a utilização de substratos rugosos com vista a aumentar a absorção, e a optimização das camadas dopadas, de modo a diminuir as perdas em contactos. Um passo muito importante no sentido da maior eficiência das células solares foi a conceção de células múltiplas, em vez das células iniciais de uma única junção. Actualmente, as células mais eficientes (já se atingem valores superiores a 20%) são células triplas, constituídas por três células com gap's diferentes de modo a permitir a absorção em diferentes regiões do espectro.

Um problema no que respeita às aplicações em dispositivos é a inerente instabilidade estrutural do α -Si:H, originalmente detectada pela degradação lenta das células solares em operação. Aqui verifica-se um aumento da densidade de defeitos induzidos pela luz, produzidos pela migração do hidrogénio, os quais podem prender electrões ou lacunas, impedindo-os de contribuirem para a condução (*defeitos metaestáveis*). Este problema é uma propriedade própria do α -Si:H, pelo que não é facilmente contornável. Assim, não o podendo evitar, a tecnologia tem-se desenvolvido tentando apenas minimizar o seu efeito, o que já é conseguido com um nível satisfatório: células de alta eficiência, e que não se degradam com a exposição à luz mais de 10% durante o seu tempo médio de vida.

Outros desenvolvimentos tecnológicos nesta área têm sido

deflectido. O meio deflector, no qual se imergem a amostra - no caso, filme fino de α -Si:H depositado sobre substrato de vidro - deve ter simultaneamente as propriedades de não absorver significativamente na região do espectro com interesse, e de ter um tempo de resposta suficientemente curto à transmissão de calor, de modo a acompanhar a frequência de pulsação do feixe. Outra característica essencial do material desse meio é obviamente a não alteração das propriedades da amostra. Para o caso dos filmes de α -Si:H, a substância utilizada é o tetracloreto de carbono, CCl_4 .

Uma *cuvette*, onde a amostra é imersa em CCl_4 , é então disposta num sistema micrométrico (translacional e rotacional) que permite tornar a incidência do feixe laser o mais tangente possível, factor que tem um papel determinante nestas medições.

Naturalmente, tem de existir a preocupação de optimizar o sistema experimental, de modo a obter a máxima sensibilidade. Para além dos cuidados inerentes a qualquer experiência de óptica, há que tentar isolar o sistema o melhor possível, com o objectivo de evitar turbulências, correntes de ar, vibrações, etc.

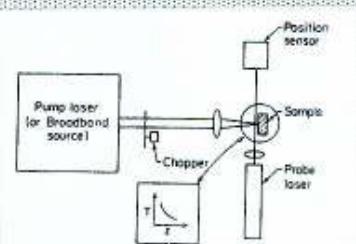


Fig.1 - Esquema da montagem experimental de PDS [2]

Instantâneos

Fontes de informação:

- LaR - La Recherche
- N - Nature
- PhW - Physics World
- PhT - Physics Today
- ScV - Science et Vie
- S - Science
- NSc - New Scientist
- Ing - Ingenium - Revista da Ordem dos Engenheiros
- SeA - Scientific American
- LAS - Los Alamos Science
- Phys. Rev. Lett. - Physical Review Letters

por Joana Moreira, Paulo Cunha e Rui Carlos Sá

Estimulação eléctrica devolve músculos paralizados à actividade, mediante implantação cirúrgica de electrodos. (NSc, 24/8/96, 32)

Revelada pela NASA a descoberta de indícios de vida em Marte há biliões de anos atrás. Imagens de microscópio electrónico mostram tratar-se de estruturas tubulares com apenas 200nm e não "humanóides verdes". (NSc, 17/8/96, 4)

As células do cordão umbilical são um novo instrumento de tratamento da leucemia. (LaR 290 Set96, 14)

Encontrado nas montanhas de Zagros no Irão, no interior de uma ânfora, o que parece ser o mais antigo vestígio de vinho datado entre 5400 e 5000 a.C. Descobriu-se-lhe adicionada resina para impedir a fermentação em vinagre. (LaR 290, Set96, 15)

O telescópio franco-italiano Thémis foi inaugurado oficialmente em 30 de Junho de 1996 e é dedicado à observação do Sol, tendo custado pouco menos de 90 milhões de francos. Das Canárias, onde está situado, deverá ajudar os astrofísicos a estudar o campo magnético solar. (LaR 290, Set96, 15)

Instantâneos

Uma equipa de investigadores do IACR (Grã-Bretanha) está a desenvolver um trabalho no sentido de usar produtos químicos aromáticos para repelir as p estes que atacam as colheitas agrícolas. A ideia é levar as plantas a produzir odores que afastem os insectos indesejados ou, por outro lado, convidem os insectos predadores dos primeiros para o "repasto". (NSc, 7/96, 28)

Novo detector que permite recolher informação simultânea sobre o momento de impacto, frequência e posição de um único fotão. Um detector deste tipo será em princípio instalado no Hubble em 2002. (NSc, 17/8/96, 28)

Foi observada a existência de oscilações a duas dimensões. (N, 29/8/96, 763)

Proposta para a construção por parte da NASA, de um novo satélite com o intuito de detectar raios gama. (N, 3/10/96, 394)

Observado num cristal de césio-antimónio uma rotação de Kerr de 90°, para uma radiação incidente de 0,46 eV. Tal efeito não havia sido previsto nos estudos efectuados sobre este cristal e prometem revolucionar a magneto-óptica. (N, 3/10/96, 391)

Passou-se do bit ao trit em computação quântica. (PhT, Ago96, 9)

Primeiros relatos da Galileu falam de um Júpiter quente e ventoso, no que é a primeira análise meteorológica "in loco" do planeta. A área observada não é no entanto suficiente para conclusões globais.

Entretanto a lua Io continua a surpreender... (PhT, Jul96, 17)

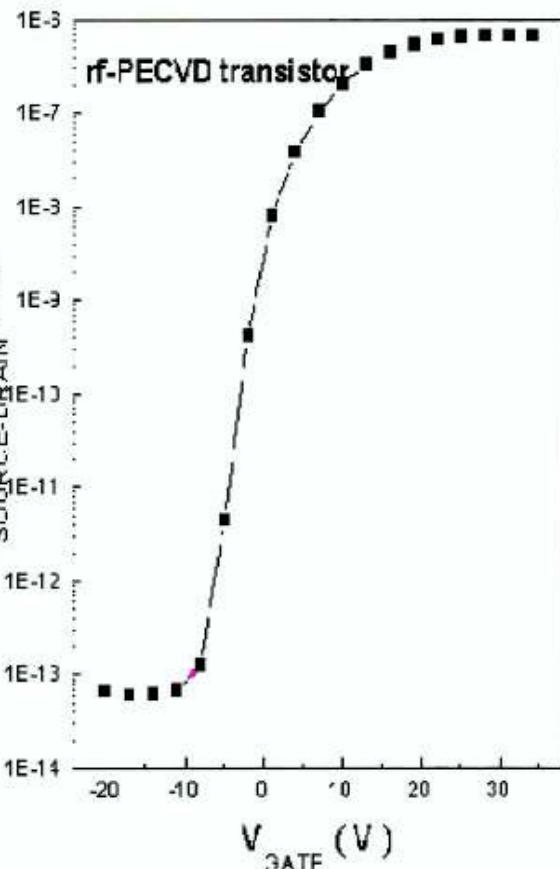
Parceria russo-americana sem precedentes para a redução do perigo nuclear avança com grande intercâmbio de informações. "Estive à espera disto já por 40 anos!" declarou Yuli Khariton, um dos cientistas envolvidos no projeto. (LAS 24, 1996, 1)

TFTs em silício amorfo

Um transistor pode ser interpretado como uma resistência variável por efeito de campo. Utiliza-se como *switch* (o transistor pode estar *on* ou *off*) e como amplificador, devido ao elevado factor de ganho destes dispositivos. O estado em que o transistor se encontra em cada instante é determinado pela tensão aplicada na *gate*. Se a saída do transistor se colocar uma resistência, tem-se aos seus terminais uma tensão variável, também controlada pela *gate*, que por sua vez pode controlar outros transistores. Podem estabelecer-se assim circuitos mais ou menos complexos que executem determinadas operações.

Os TFTs (*thin film transistors*) pertencem à classe dos MOSFETs (*metal-oxide-semiconductor field effect transistors*) e são formados por camadas de filmes finos depositados sobre determinados substratos. Nos TFTs que aqui são referidos, a camada semicondutora é de *a-Si:H*. Uma estrutura utilizada para estes dispositivos é a indicada na Fig.2. O processo de fabrico é bastante complexo, envolvendo diversas etapas

Fig.1- Curva de transferência de um TFT de *a-Si:H* (H.S., INESC)



de deposição, processos de litografia que não serão descritos neste artigo. Neste tipo de transistores, as camadas de filme fino são depositadas sobre vidro ou silício (a vantagem do vidro é ser mais económico, para a mesma qualidade de dispositivos). A *gate* e os contactos metálicos da *source* e *drain* são depositados por PVD (*sputtering*) e as restantes camadas por

atingidos pelas conhecidas *matrix-addressed arrays*, baseadas em transistores de efeito de campo em *a-Si:H*. As aplicações incluem *scanners* ópticos e mostradores de cristais líquidos, constituídos por múltiplos pixels controlados por transistores de *a-Si:H*, cuja possibilidade de deposição em grandes áreas os torna candidatos preferenciais a este tipo de aplicações.

Agradecimentos

Este trabalho surge na sequência de um estágio realizado no Grupo de Magneto-Óptica, no Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores-INESC, sobre semicondutores de silício amorfo. Os autores apresentam-se especialmente gratos ao Prof. J.P. Conde e Dra V. Chu, pela oportunidade e orientação do estágio. Agradecem também a todo o grupo.

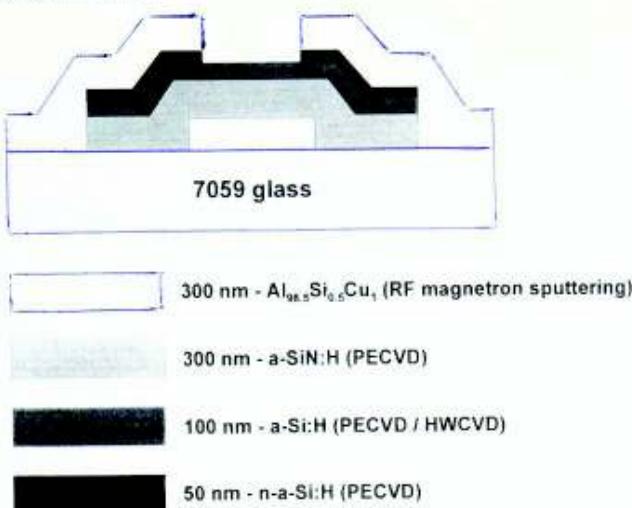


Fig.2 - Corte esquemático de um transistor de a-Si:H (J.Jarego, INESC)

CVD (*rf-PECVD*).

O princípio de funcionamento dos TFTs pode ser resumido de uma forma simplificada. Quando é aplicada uma tensão positiva na *gate*, vai haver uma acumulação de cargas negativas na camada de *a-Si:H* junto ao dielétrico. Como a condutividade é proporcional à densidade de portadores, por acção do campo eléctrico aplicado entre a *source* e *drain*, os electrões, por deriva, vão movimentar-se ao longo da camada no sentido da tensão aplicada, estabelecendo-se assim o canal de condução (estreita faixa da camada do semicondutor, junto ao dielétrico). Quando se aplica uma tensão negativa na *gate*, há uma acumulação de cargas positivas na zona do canal de condução. Neste caso não se vai ter uma corrente simétrica à obtida com

a tensão na *gate* positiva, devido à presença da camada dopada *n+*, que actua como uma forte barreira para os buracos, impedindo assim a passagem de corrente em sentido contrário à corrente em *on*.

O factor *Ion/Ioff*, como se pode ver na Fig.1., é aproximadamente 10^7 , o que, sendo menor que nos transistores em silício cristalino, é um valor suficientemente bom para as aplicações tecnológicas em causa para estes dispositivos. A qualidade dos transistores em silício amorfo é suficiente porque nestas aplicações é mais crucial uma corrente em *off* bastante pequena, que se verifica, do que uma corrente em *on* muito elevada, que devido à reduzida mobilidade dos portadores em *a-Si:H*, é uma das debilidades destes transistores.

Bibliografia

- [1] R.A. Street, *Hydrogenated Amorphous Silicon* (Cambridge University Press, 1991)
- [2] *Hydrogenated Amorphous Silicon*, Jacques I. Pankove, ed., *Semiconductors and Semimetals*, Volume 21 (Academic Press, Inc., 1984)
- [3] R.A. Street, *Amorphous Silicon Electronics*, MRS Bulletin, November 1992
- [4] W.B. Jackson and N.M. Amer, Phys. Rev. B 25, 5559 (1982)

(*) A descrição detalhada da maioria das técnicas de análise referidas pode ser encontrada em *Semiconductors and Semimetals*¹²

e-mail:

nleonardo@math.ist.utl.pt
helena@pseudo.inesc.pt

Instantâneos

Simulações apontam soluções para as perturbações do ar responsáveis por desagradáveis variações de pressão, aumento do desgaste das máquinas e mesmo a produção de um estrondo à saída dos túneis por onde passa um TGV. (LaR 290, Set96, 14)

A recente descoberta de uma hormona "corta-fome" no Homem relançou o debate sobre as causas da obesidade. (LaR 290, Set96, 28)

O telescópio espacial Hubble permitiu pela primeira vez a determinação da proporção relativa de ^{11}B e ^{10}B no meio interestelar. (LaR 290, Set96, 14)

Observadas, na galáxia activa Mrk 421, explosões extremamente rápidas de fôtoes na gama de energia dos TeV. (N. 26/9/96, 319)

Medicina tradicional chinesa fornece novo medicamento contra o paludismo. (LaR 290, Set96, 16)

Foram criados métodos mais precisos para o estudo do átomo de hidrogénio sob efeitos magnéticos. (LaR 290, Set96, 17)

Fenômeno semelhante ao efeito Casimir foi previsto por Lambrecht et al que "parece desafiar o princípio da relatividade". (LaR 290, Set96, 28 & Phys. Rev. Lett., 77, 615, 1996)

Projecto de simulação do problema a N corpos com um computador de um "petaflop" (1015 instruções de vírgula flutuante por segundo). (LaR 290, Set96, 17)

Na próxima Primavera o comboio japonês de levitação magnética será testado em condições quase operacionais. Espera-se que esse comboio atinja os 500 km/h. (LaR 290, Set96, 36)

Semana da FÍSICA

Instituto Superior Técnico
22, 23 e 24 de Outubro de 1996

22 de Outubro
Terça-Feira

10h-15h

Círco da Física
Atrio do Pavilhão Central

11h-12h30

Bolhas e Espumas
Prof. Manuel Fortes
(DEMateriais/IST)
Salão Nobre

23 de Outubro
Quarta-Feira

10h-15h

Círco da Física
Atrio do Pavilhão Central

11h-12h30

Em Busca do Bosão de Higgs
Experiência no Colisionador LHC do
CERN
Prof. João Varela
(CERN - DF/IST)
Salão Nobre

15h-17h

A Origem do Universo
Prof. Sande Lemos
(DF/IST)
Salão Nobre

21h
Observação Astronómica
com

Prof. Marciano da Silva
(FCT/UNL)
Dr. Máximo Ferreira
(Museu da Ciéncia)

Encontro à porta do Pavilhão Central

24 de Outubro
Quinta-Feira

10h-15h

Círco da Física
Atrio do Pavilhão Central

11h-12h30

Ética e Ciéncias da Vida

Prof. Luís Archer
(FCT/UNL)
Salão Nobre

15h-17h

Tudo o Que Sempre Quiseste
Saber Sobre Física e Nunca
Tiveste Coragem De
Perguntar

com os Professores
J. Dias de Deus, J.L. Martins,
C. Matos Ferreira, J. Fonseca, J. Seixas
J. Tito Mendonça
(DF/IST)
Salão Nobre

Apoios:

Physis - Associação Portuguesa de Estudantes de Física
ADCT - Associação para a Divulgação da Ciéncia e Tecnologia
Instituto Superior Técnico
Departamento de Física do IST
Museu da Ciéncia

Organização:

NFIST - Núcleo de Física do IST
Dptº de Física, Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa CODEX
Telefone: (01) 841 9082
e-mail: nfist@fisica.ist.utl.pt
URL: <http://www.fisica.ist.utl.pt/nfist/sf.html>

CIRCO DA FÍSICA

SEMINÁRIOS

O "Circo da Física" consiste numa série de experiências didácticas, cujo conjunto é pensado como um espectáculo que permite aos alunos observar ou sentir com as próprias mãos conceitos elementares e fundamentais da física.

Existe também um Planetário que vem paralelamente tentar cativar a atenção para a astronomia apresentando a esfera celeste tal qual é vista de Portugal, transmitindo informação sobre as principais constelações, bem como algumas noções básicas de astrometria.



Bolhas e Espumas

Física e química dumha bolha isolada. Curvatura e equação de Laplace.

Espumas líquidas em 2D e 3D. Geometria e topologia (número de bolhas vizinhas). Linhas triplas (Plateau), junções quádruplas.

Coalescência de espumas. Equação de *von Neumann*. Experiência do bamboo:

Deformação de espumas. Transformações topológicas.

Drenagem de espumas.

Nascimento e morte de espumas.

Espumas sólidas. Sistemas celulares.

Professor Manuel Amaral Fortes
Dpt. de Materiais

A Origem do Universo

A origem do mundo pode ser considerada de duas maneiras: a origem do sistema solar e a do universo. Na antiguidade, o universo era o sistema solar mais a esfera das estrelas. Na visão moderna, o universo é considerado um sistema muito maior, que engloba as galáxias e os vazios. A cosmologia moderna usa o nosso conhecimento da gravidade, da física nuclear, das partículas elementares e de outros ramos para explorar os processos desencadeados no tempo, como a formação e a história das galáxias e estrelas, incluindo a matéria de que nós somos feitos.

Professor José Sande Lemos
Dpt. de Física, IST

ENTREVISTA A JAMES BJORKEN

Entrevista conduzida por Filipe Moura, Pedro Castelo Ferreira e Yasser Omar

Tradução e fotografias de Ana Margarida Teixeira

Colaboração na edição: Paula Peres e Sandra Paulo

JAMES BJORKEN é conhecido pela generalidade dos físicos principalmente por dois motivos: por ser o co-autor (juntamente com Sidney Drell) de dois manuais que, durante muitos anos, foram a principal referência para uma geração de físicos de partículas (sendo ainda hoje recomendados para alguns assuntos); e por ter descoberto uma propriedade, hoje com o seu nome, da difusão inelástica electrão-protão (*Bjorken Scaling*). Neste processo, existe um fotão trocado entre as partículas. Devido a não se tratar de partículas pontuais, a secção eficaz do processo tem de ser corrigida por funções de estrutura. Têm de se considerar funções correspondentes às duas possíveis polarizações do fotão trocado (transversal e longitudinal). Verifica-se que estas funções de estrutura (para colisões inelásticas) dependem exclusivamente de uma variável cinemática adimensional x , definida como o quociente entre o quadrado do momento do fotão, o dobro da sua frequência e a massa do protão. Esquematicamente, se a energia do protão é E , a de um hipotético constituinte do núcleo, o *partão*, é xE ; se o momento longitudinal do protão é p_L , o do partão é xp_L ; os momentos transversais são 0; se a massa do protão é M , a do partão é xM . Prova-se que $0 < x < 1$. Esta propriedade (*Bjorken Scaling*) esteve na origem do modelo desenvolvido por Feynman (o modelo dos partões) para a constituição do protão. Os partões foram, assim, os antecessores dos actuais quarks.

Tivemos a oportunidade de falar com este grande (cerca de 2 m de altura) cientista no passado mês de Setembro, no decorrer da conferência *XXVI International Symposium on Multiparticle Dynamics*, realizado na Universidade do Algarve. "BJ", como é conhecido entre os seus colegas, é, para além de físico, um apreciador de *surf* e revelou-se uma pessoa afável e um excelente comunicador. Agradecemos aqui a sua disponibilidade. Agradecemos também ao prof. Jorge Dias de Deus pela oportunidade que nos proporcionou e pela revisão científica da entrevista. Agradecemos ainda ao Nuno Anjos.

PULSAR: Gostaríamos de saber qual foi o seu percurso através da física.

JAMES BJORKEN: O meu percurso pela física? OK ... Sou uma pessoa de laboratório, um animal de laboratório e não uma figura universitária. Mas ... fiz o M.I.T. como aluno de licenciatura e fui para Stanford na Califórnia como aluno graduado. A escolha foi feita, talvez, por querer partir para o Oeste ou para as montanhas. Era uma localização muito "in"! Permaneci em Stanford desde então, mas comecei no departamento da universidade, durante os dois ou três anos após o meu doutoramento. Então o SLAC [Stanford Linear Accelerator Center] foi proposto e mudei-me para lá, que era na altura um laboratório auxiliar e a ser projectado, não existindo absolutamente nada no lugar onde o laboratório é agora. Ali era um armazém e um pequeno conjunto de gabinetes ... juntei-me a eles na altura. E ... desde então ... permaneci no SLAC ... foi no inicio dos anos sessenta ... fiquei até 79 ... então fui para o Fermilab durante dez anos. Depois disso regressei ao SLAC, onde estou agora. Ou seja, para além daqueles primeiros anos no Departamento de Física de Stanford, tenho estado em laboratórios auxiliares de aceleradores, trabalhando nos laboratórios. Tenho ensinado muito pouco, [o meu trabalho] tem sido quase

todo investigação.

P: O que o levou a escolher Física de Partículas?

J.B.: Quando fui para o M.I.T. [Massachusetts Institute of Technology] como estudante não graduado e... Bem, no secundário interessava-me por matemática e química e no M.I.T., após um ano de química e física, mudei para física... especialmente porque o professor que ensinava física no primeiro ano era soberbo e muito inspirador. Era também na altura uma matéria tão apaixonante como é hoje, e fiquei preso na paixão. Assim, dentro de um ou dois anos, física tornou-se a escolha. Não gostava de Física no liceu, garanto... uma matéria nada interessante. Física de Partículas

era a parte mais interessante do menu de física porque era fundamental, e tinham gente muito boa lá. Sid Drell estava no M.I.T. nessa altura e mesmo como estudante do segundo ou terceiro ano assistia aos cursos dele. E veio a acontecer que quando deixámos o M.I.T. eu escolhi Stanford e ele escolheu Stanford. Desta forma continuámos juntos, e fui seu aluno de física.

...em termos do aparecimento de novas ideias, novas orientações no assunto ... a universidade é essencial. A função académica é extremamente importante. As melhores pessoas que encontrei na universidade dedicavam-se ao ensino.

P: Disse que era uma pessoa de laboratório, não de universidade. Mas como é que, sendo uma pessoa de laboratório, o seu trabalho é predominantemente teórico e não experimental?

J.B.: Bem ... está certo, bons laboratórios têm bons grupos teóricos. Um bom laboratório apercebe-se de que é importante ter teóricos de primeira nos seus programas. Bernovski, o primeiro director do SLAC, um homem muito sensato, apercebeu-se disso. Drell mudou-se, também, para o SLAC na mesma altura que eu. É particularmente bom, e foi um magnífico líder do grupo teórico. É óptimo, uma pessoa inspiradora com quem trabalhar. Lembro-me de que quando estava a tomar em consideração ... tinha a hipótese de ficar ... nessa altura, não se tratava de conseguir um emprego, mas qual o emprego que se escolhia, era muito melhor

do que é agora ... mesmo muito melhor. É-me difícil comparar com as promessas que aqui se fazem aos estudantes, que concluem as licenciaturas e procuram trabalho. Para a maioria (não só para mim) dos teóricos que se licenciavam, existia escolha dos lugares para onde ir, a área estava em expansão, nesses tempos. De qualquer forma, tive a hipótese de ficar no campus de Stanford ou seguir

para o SLAC, e o problema, claro, de ir para o SLAC era justamente o que ele referiu: é um laboratório, não seria o ambiente teórico correcto. Então questionei Bernovski na altura das entrevistas: "Suponha que me interesso por Relatividade Geral, sem ter nada a ver com Física de Partículas? Estaria tudo bem?" E ele disse: "Sim", sem hesitação nenhuma, disse "Sim", tem de se manter liberdade para fazermos a investigação que quisermos, e ele respeitava o programa do laboratório. É uma das categorias existentes no SLAC: teóricos que na realidade se encontram ligados à universidade. Existe outra classe de teóricos no SLAC a que chamamos pessoal. Para todos os fins práticos, podem fazer o que quiserem, mas principalmente, é-lhes pedido que façam testes para o programa do laboratório a fim de calcular determinadas coisas. Um elemento do nosso pessoal era Paul Sigh, cuja responsabilidade era calcular correcções radiativas especialmente num difusor de electrões, a radiação do estado inicial e do estado final. Para a electrodinâmica, é da máxima importância, grandes correcções em *deep inelastic scattering (DIS)*, tinha de ser tudo feito muito cuidadosamente, e ele é um perito nisso. Mas com o correr dos anos ele iniciou uma investigação independente e é agora, com efeito, perito na teoria do leptão τ . E Stanley Broski, que é agora um dos membros da nossa faculdade, foi um elemento do pessoal durante vários anos. Assim é o clima no grupo teórico do SLAC... E penso que quase

todos os grupos teóricos de grandes laboratórios que conheço são muito bons. Quer dizer, no CERN o grupo teórico é enorme, faz-se de tudo lá, Super-Cordas, Super-Gravidade, Gravitação Quântica, é só escolher! No DESY acontece o mesmo, no FermiLab, em Berkeley... Portanto todos os grandes laboratórios contam com excelentes grupos teóricos. O ambiente é, em quase todos, muito bom.

P: O que considera melhor: investigação nas universidades ou nos

laboratórios?

J.B.: Bem, ambas são necessárias! É preciso ter teóricos nas universidades, com certeza! Quero dizer, é muito importante, é da máxima importância!

P: De que tipo de investigação gostou mais?

J.B.: De ambos... Creio que uma pessoa na universidade tem um contacto intelectual muito mais vasto do que num laboratório. As pessoas no laboratório

pelos seus famosos livros "Relativistic Quantum Mechanics" e "Relativistic Quantum Fields" e pelo Bjorken Scaling. Era muito jovem quando escreveu esses dois volumes?

J.B.: Na altura em que tomei a decisão de ir para o SLAC um ano antes de ser pós-graduado, não consegui a minha graduação com apenas um par de anos. Drell desejava escrever este livro (começou como um só livro) e perguntou-me se eu gostaria de participar. Não era uma pergunta fácil, dado que aqueles anos eram supostamente dedicados à investigação. Nessas circunstâncias envolver-me na escrita de um livro não era obviamente a melhor escolha. De facto pedi conselho a alguns amigos, a pessoas sensatas. Foi confuso. Algumas pessoas disseram que era um erro, e a razão, o principal motivo que me levou a fazê-lo... bem, na realidade foram duas razões. Uma consistia no facto de que trabalhar com Drell era sempre uma grande oportunidade, a outra era que eu não conhecia teoria de campo muito bem, e era uma forma de aprender. Senti que por estar envolvido na elaboração do livro iria realmente aprender acerca do que tratava, o que é verdade. E isso nota-se especialmente no último capítulo, no segundo livro, acerca de renormalização, o

qual um leitor de hoje em dia consideraria muito estranho, desastrado, entendê-me? Deveras terrível... Se eu trabalhasse nisso, certamente iria encontrar um ponto de vista agradável. Há muita coisa no último capítulo de que ainda gosto, mas no seu conjunto é mesmo desajeitado. Se tivesse a oportunidade de voltar a escrevê-lo, fá-lo-ia em cerca de um terço, ou um quarto do espaço. Mas nessa altura, a própria teoria de renormalização encontrava-se muito distante do

Bjorken

têm também vantagens especiais que resultam do facto de estarem, nesta área, em contacto mais próximo com as pessoas dos aceleradores e técnicos... Nesse aspecto, são diferentes os níveis de profundidade. Mas em termos do aparecimento de novas ideias, novas orientações no assunto... a universidade é essencial. A função académica é extremamente importante. As melhores pessoas que encontrei na universidade dedicavam-se ao ensino.

P: É principalmente conhecido

desenvolvimento que hoje em dia atingiu. Quero dizer, a ideia da *running coupling constant* não existia, a regularização dimensional e tantas outras coisas técnicas não se encontravam lá... Todas as ideias básicas estavam lá, toda a essência certamente lá estava! Mas se voltarem atrás, leiam alguns artigos extensos, o de Gell-Man, ou o de Low, que fizeram tudo acerca do grupo de renormalização. Vão reparar que de forma alguma está expresso na forma actual... nós estávamos a aprender tudo isso à medida

que o escrevímos, reeditámo-lo muitas vezes e, quando acabámos, tínhamo-lo de certa forma transformado neste grande monstro. E dissemos: "Está bem, podemos parar, vamos-nos livrar disto..."

P: Não obstante, é um clássico...

J.B.: Continuo muito satisfeito com o primeiro livro. Escrevemo-lo com a ressalva de que nada que ali figurasse pudesse ser ultrapassado. De facto, e em ambos os livros, tentámos escrever dessa forma. Creio que o primeiro ainda corre algum risco. O segundo está obsoleto, na sua maior parte. De facto, aproveito esta oportunidade para vos sugerir o que penso ser um muito, muito bom sucessor: um livro, recém publicado, de Peskin e Schroeder, do SLAC. Pedagogicamente, é um livro muito bom, e chama-se "*Introduction to Relativistic Quantum Field Theory*", ou coisa parecida. Tem polegada e meia de espessura [3.8 cm], não é muito pesado e faz tudo lindamente. Estive em Oxford este ano, onde tive oportunidade de ensinar um pouco. Usei o livro como referência e, quando precisava de algo para consultar, usava-o, via-se o que queria estava lá, e sim, estava lá! Se ainda não o viram, recomendo-o vivamente! Na contracapa, apresentam citações e críticas. Pediram-me um comentário, e escrevi: "Este livro é tão bom que receio pelos nossos direitos de autor...".

P: Mas na altura em que foram publicados os seus livros eram muito necessários, não eram?

J.B.: Bem, ajudaram bastante, ... não é que não existissem livros. Os livros *standard...*, não quero dizer nem mal nem bem deles. Não se ajustavam ao nosso estilo, pesados nalgumas partes, cobrindo alguns assuntos muito pesadamente e outros insuficientemente (...).

...eu não conhecia teoria de campo muito bem, e [escrever um livro] era uma forma de aprender.

P: Mas esperava que se tornassem clássicos para uma geração de físicos?

J.B.: Nunca pensei que durassem tanto quanto duraram.

P: Só como curiosidade: é comum dizer-se que os seus livros não têm erros. Alguma vez encontrou algum?

J.B.: Existe uma página com a errata, tenho-a, não sei se alguma vez a publicaremos. Há uma página onde existem erros tipográficos. O pior erro é uma verdadeira questão de consistência, no segundo volume. (...) No segundo livro, acerca da renormalização existe um argumento $z_1 = z_2$; z_1 é a constante que renormaliza o vértice, z_2 é a renormalização das funções de onda dos electrões. Tínhamos um argumento formal para a igualdade, mas o argumento está matematicamente errado, ... quero dizer... Construímo-lo mal. Estivemos a dividir por zero e dava um. Isto foi-nos indicado por um teórico polaco, que também escreveu um livro sobre Electrodinâmica Quântica, de nome Ivo Beu..., Beuralo..., Beura..., Beuroliski (se não tivesse bebido vinho ao almoço, poderia pronunciá-lo como deve ser). É um físico muito bom, e encontrou este erro. É o pior deles todos. Há coisas que são disparatadas e por aí fora, mas este correu mesmo mal, ...é muito embaraçoso.

P: Acerca do Bjorken Scaling, poderia explicá-lo a não graduados como nós?

J.B.: Oh, meu Deus! ... [Bjorken hesita um pouco] A ideia por trás de tudo é muito simples. No SLAC foi proposto um grande microscópio de electrões acelerados para observar o interior de um protão. Foi concebido para olhar o interior do protão, via-se que a escala de energias era suficientemente elevada para a resolução deste microscópio ser suficiente para chegar ao interior do protão. Scattering inelástico de electrões tinha sido usado... Há dois tipos de experiências que se podem fazer: uma é scattering elástico, onde electrão mais protão dão electrão difundido e protão;

experiências destas haviam sido realizadas extensivamente em Stanford, numa máquina mais pequena, precursora do SLAC. Robert Foster executou esse projecto e ganhou o Prémio Nobel por isso, o que foi um atractivo para Drell e eu irmos para o SLAC. Drell estava interessado em scattering inelástico de electrões com núcleos porque se estes se partem, o electrão difunde os constituintes individuais do núcleo e podem-se ver os protões e os neutrões. Se se faz difusão elástica, funde-se a carga sobre a carga média do núcleo, pelo que o scattering inelástico era algo, pela primeira vez disponível no SLAC, para ver o interior do protão. Consequentemente poder-se-ia observar se existia, em princípio, estrutura interna. Era claramente um programa interessante, e a este nível, só trocando ideias, via-se que era algo fascinante para se estudar (alguns de nós, teóricos, estudaram-no). Nessa altura penso que os experimentalistas não viam a coisa tão claramente como nós, teóricos, pessoas como Drell, Leonard Schiff... (Schiff era o Presidente do Departamento de Física na altura e também trabalhou com Drell). Schiff escreveu um livro... Schiff concebeu uma investigação deste tipo no núcleo, mas a questão era como fazê-lo num protão. O problema não eram as ideias, mas o facto de se tratar de um problema de Relatividade Quântica: pela primeira vez tinha-se de efectivamente lidar com o facto de estas coisas dentro do protão não se moverem devagar. O tempo que levava ao electrão para atravessar o protão era o mesmo que para estes constituintes internos circularem lá dentro, pelo que tecnicamente os métodos antigos não serviam para nada. E esse era o verdadeiro problema ao tentar conceber uma estrutura para interpretar os dados. Aqui não posso entrar nos detalhes de tudo isso... O *Scaling* é basicamente o resultado de se tentar ver... isto está difícil... Usando todas as técnicas que Drell, Schiff e outros vinham a utilizar, e que também foram desenvolvidas naquela altura, chegava-se a regras de soma pesadas da Física Atómica. Heisenberg usou-as e inventou a Mecânica Quântica. A soma sobre todas as possibilidades, transições electromagnéticas para outros níveis é um simples *quantum*, e aqui as somas sobre electrões difundidos, sobre todas as energias seriam, esperávamos, um simples *quantum*. Algumas destas regras viriam a ser desenvolvidas por Gell-Mann e outras pessoas, levadas por razões independentes, mas podiam ser

aplicadas. Portanto, toda esta espécie de maquinaria começava a combinar-se, a fazer sentido. Essencialmente a ideia era a hipótese de no interior do protão existirem coisas pontuais. Essa é a ideia do *Scaling*. Há quantidades que se constroem, aquelas experimentalmente observáveis. Como não há outro esquema, não há outro tamanho, só pontos. Não sei se isto vos ajuda...

P: Existe alguma história especial acerca desta descoberta?

J.B.: Bem, existe uma história que podem ler em variados relatos. A forma segundo a qual a variável de *scaling* surgiu foi, como já disse, bastante interactiva e dependente da história, de regras de soma, de todo um conjunto de ideias que não é de forma alguma a maneira como hoje em dia se aprende. As ideias do modelo de partões e a forma como este se aprende... aprende-se no jardim de infância... Um pouco disso eu já sabia, e usei como guia, mas não confiava nisso, simplesmente não era de confiança para estar a pensar. Às vezes revejo partes numa forma imperfeita, não na forma actual. Mas é apenas uma de uma dúzia de maneiras de considerar o problema. Dei uma sugestão aos experimentalistas, aos experimentalistas que faziam algumas medidas, e pareceu que o início do fenómeno de *scaling* ocorreu e... quero dizer... o *scaling* funcionou. Feynman estava no SLAC, tinha uma irmã que vivia nas imediações... Era apenas uma visita social, tinha um dia livre e foi lá. Ele estivera a trabalhar num modelo de partões para colisões de protões com protões (física suja [interacções fortes]). Eu encontrava-me fora da cidade, e quando as pessoas lhe falaram no *scaling*, ele apercebeu-se de que se andava a preocupar com o problema errado, e que tudo era muito mais simples. Eu não estava lá [no SLAC] e ninguém lhe explicou realmente porque é que eu usava aquela variável engraçada. Ele regressou ao hotel nessa noite e a história que circulava na altura era: ele foi para o "Gogo Bar", para as meninas e trabalhou lá (...) Seja como for, trabalhou a noite toda, conseguiu perceber o que eu estava a fazer, acerca do que tratava, regressou [ao SLAC] e falou às pessoas acerca disso, que era algo "muito quente", e toda a gente ficou muito excitada. Voltei mesmo a tempo de passar uma tarde com Feynman antes de ele partir. Reunimo-nos numa pequena sala, e Feynman disse: "É claro que sabe

isto, claro que conhece aquilo" e a linguagem dele não era bem a minha, e se algumas das coisas eu conseguia entender... algumas das formas de exprimir coisas eram novas para mim e não as apreciava de imediato; bastantes coisas eu sabia e ele não. De qualquer forma fizemos um contacto e então ele foi-se embora. Claro que aconteceu que uma vez o Feynman dentro do problema, o assunto levantava voo e nunca mais descia... é fantástico!

P: Perante a totalidade do seu trabalho, acha que é justo para si ser principalmente reconhecido pelo Bjorken Scaling e pelos seus livros?

J.B.: Oh, quando olho para o meu próprio trabalho, algumas das coisas que fiz, pelas mais felizes para mim nem sequer fui reconhecido. Creio que o sentido real de satisfação pessoal não está frequentemente relacionado com o que o mundo exterior da Física escolhe reconhecer. Os livros foram trabalho difícil, mas acabou tudo bem. Trabalhámos realmente no duro nesses livros. Esse esforço foi francamente merecedor.

O *scaling* é uma questão de estar no sítio certo, na altura certa, e foi sorte. Sou muito afortunado. A notoriedade que surgiu com o *scaling* não é proporcional à contribuição. Existem muitas outras pessoas que trabalharam duramente no assunto, e cuja contribuição é de igual magnitude... Steve Adler é um, Sergio Fubini outro. Só dois que foram de alguma forma muito importantes... Gell-Mann, ... bem, esse teve a sua parte. Mas Adler, em particular merece muito mais reconhecimento pelo seu trabalho. Portanto, nessa área, tive sorte... E há outras áreas nas quais trabalhei... Em DIS, onde durante alguns anos me preocupei com os estados finais, o electrão difunde mas o protão parte, o quark é bom, mas afinal o que sai? O que controla a evolução do estado final? Foram anos muito agradáveis, muito excitantes... No fim da linha a previsão era que, se se olhassem as coisas da maneira certa, o estado final e os seus processos extraordinários não seriam muito diferentes dos de um ordinário. Era uma conclusão séria porque não era mesmo nada óbvia. Isto revelou não ser apenas a resposta convincente para nós, mas o que também viria a surgir

experimentalmente. É quase uma resposta aborrecida. É muito pouco interessante quando finalmente se conclui isto. Já o vimos anteriormente, e vêmo-lo de novo. De uma forma ou outra não teve muito impacto. Grande parte do meu trabalho foi feito na altura da descoberta do Ψ pelo que lhe foi dada muita atenção, inclusive da minha parte. Como tal não penso que existe necessariamente uma correlação forte entre o que pode ser pessoalmente muito gratificante e o que o mundo exterior vê. É importante, penso eu, não ficar apenas satisfeito com a realização das pequenas coisas que nos deixam felizes, mas também ter um certo bom gosto na escolha do que se faz. A avaliação de pessoas para trabalhos, é uma das qualidades que considero mais importante... E isso significa saber o que produzir, para além de ser capaz de realizar um bom trabalho. Pode-se ter um bom trabalho, mas o problema é que pode não ter nada a ver com coisa nenhuma. E é mesmo isso. Mas se se fizer apenas meio trabalho decente, trabalhando num problema que se sente ser muito importante (mesmo que as outras pessoas

não se apercebam disso da mesma maneira), ...é bastante melhor. Portanto, neste sentido, tentei que a escolha dos meus problemas fosse de bom gosto. Mesmo que, às vezes, não

fossem, acho que você apanhou o bom sentido...

...ninguém lhe explicou realmente [ao Feynman] porque é que eu usava aquela variável engraçada. (...) a história que circulava na altura era: ele foi para o "Gogo Bar", para as meninas e trabalhou lá (...) Seja como for, trabalhou a noite toda...

P: Durante três anos realizou trabalho experimental. Como foi? Proveitoso para si ou difícil?

J.B.: Simultaneamente bom e difícil. Quando comecei esses trabalhos já tinha o meu "cartão de trabalhador experimental". Fiz uma pequena experiência no início dos anos oitenta no SLAC, em busca dos chamados axiões, e aprendi um pouco acerca do que era a física experimental. Trabalhei como estudante graduado, desta vez dentro do FermiLab, e continuámos o trabalho após eu regressar ao SLAC, o que foi de certa forma estúpido (eu era co-responsável da experiência). No princípio sentia que era feito para uma coisa daquelas. Durante três anos foi muito intensivo, não conseguia pensar em mais nada. Estava a meio-tempo no laboratório, a meio-tempo no SLAC, e portanto cancelei o

resto da minha vida, e quase enlouqueci. Era imensamente divertido, extremamente exigente e completamente de doidos, dado que os objectivos experimentais eram muito limitados e especulativos. Passei a adorar, desde o dia em que entrei para o SLAC, trabalhar com experimentalistas indo ao ponto de conceber e projectar experiências. Poucos de nós o fazímos, e havia alturas em que todo o nosso tempo de ensaios era oportunista, nada estava planeado, fazímos tudo por arranques.

Lembro-me de um dia (tínhamos sempre de entrar às nove horas) em que tínhamos um encontro com a gente do acelerador e eles disseram: "Que tal alguns ensaios?", e eu respondi: "Claro, quando os fazemos?", "Dentro de meia hora". (Encontrava-me sozinho). Apenas disse "Adeus", corri para a experiência, liguei tudo, pus o gás a circular, preparei a aquisição dos dados, chamei desde mecânicos a peritos de computadores para o caso de algo correr mal... E em meia hora estávamos a trabalhar. E éramos apenas dois. E conseguimos bons dados. Acontecimentos semelhantes no meio da noite, quando me encontrava completamente só, eu com o Tevatron e os dados a sairem... Este tipo de experiência, juntamente com a experiência da física experimental, que é muito rica, compara-se à teoria. Além disso tem de se lidar com todo o tipo de pessoas: peritos na construção de aceleradores, pessoal que põe tudo em funcionamento, físicos matemáticos (pessoas maravilhosas), responsáveis pelos sistemas de segurança, engenheiros, técnicos e outras partes do laboratório como burocracias... Experiência muito, muito mais vasta do que a que se ganha na teoria. Penso que isso foi, de muitas maneiras, o lado mais agradável de tudo, um grande esforço...

Toda a gente no FermiLab trabalhava mesmo a sério para ajudar, para ver a física... Apercebem-se de que é importante ter optimismo, especialmente em pequenos grupos como o nosso, e é muito satisfatório. Gostámos imenso, e sinto-me feliz por ter sido um período limitado iniciado há três anos atrás, pelo que temos de concluir agora esta fase e regressar à teoria. Fazer disto uma carreira é uma vida difícil. E compensadora. Não o fiz no meu caso,

necessariamente nas correntes principais. O SLAC era considerado um acelerador pequeno. Recordo que quando decidi ir para o SLAC contei a um dos meus colegas, a quem era devido o Prémio Nobel como teórico, e ele disse: "Porque é que queres ir para o SLAC? Vai ser um elefante branco, não há nada para ser descoberto no SLAC! Estás a perder o teu tempo, deverias estar na EVA em Berkeley". Era um ponto de vista comum na altura. De todos os meios disponíveis,

Derrick, Bjorken e Halzen

sou um teórico e talvez não o devesse ser a tempo inteiro...ou abandonar.. de qualquer forma...

P: Está a preparar outros projectos em partículas?

J.B.: Não, o que vou fazer não se desacopla deste. Antes de vir para cá estive em Genebra, onde existe uma iniciativa experimental, chamada FENIX, para a construção de um detector que faça física de partículas QCD. O outro programa para este detector não vai para além da QCD, logo não permitirá descobertas para além do Modelo Padrão, como bosões de Higgs, SuperSimetria ou outras do género. Mas entender o fundamental da questão... E este tipo de coisas têm de ser feitas, acredito na diversidade e na programação de experiências, e se em nada mais, acredito que mais forte do que uma ideia é deixar que uma vasta variedade delas progride em frente, porque, até na minha própria carreira, o progresso surge de sítios pouco agradáveis, que não se encontram

o anel electrão-positrão que descobriu o Ψ não foi um projecto aprovado. Nenhum dos membros dos comitês, ninguém sensato aprovou a sua construção. Foi construído a partir do próprio orçamento do laboratório, em sacrifício de outras partes do programa. A construção da máquina de Cornell, que faz experiências lindas, não foi recomendada . Eu pertencia ao comitê que recomendou a não construção. Erros destes acontecem a todo o momento, pelo que é deveras importante dispor de um largo espectro de possibilidades. Isto no CERN, chamado FENIX, é um projecto que funcionou, com o qual quero permanecer envolvido, ajudando a construir o menu da física e presentemente trabalhando também na grande concepção bruta do detector.

P: O que pensa dos custos da Física de Partículas Experimental? Acha que vale a pena o gasto de semelhantes quantias?

J.B.: É uma questão muito válida.

Penso que já é um milagre o facto de o governo manter a Física de Partículas. Foi uma das razões que me levaram para o SLAC, o privilégiado de, mesmo nesses tempos de abundância, termos máquinas daquelas, logo sendo muito importante fazermos tudo o possível para explorá-las até ao limite. Creio que num ou outro nível da minha mente se encontrava o meu encontro com o SLAC, e foi algo de bom ter ido para lá. Não é muito claro qual é a minha resposta... bem, a resposta a essa pergunta é fácil pensando na maneira como o público em geral reage à Física das Partículas. Não é uma questão de ser um gasto de dinheiro, mas apenas de o público ser suficientemente esclarecido para se aperceber de que existe algo como a Física de Partículas. Se o for, chegará à conclusão de que é um bom negócio, uma vez que é terrivelmente óbvio que a investigação trará benefícios para a sociedade... E o *World Wide Web* vem do CERN, pelo que se eles, normalmente, exigissem direitos de autor, poderiam construir o RICH. A História deste século tem sempre justificado os investimentos em investigação fundamental, logo não penso que teremos de nos sentir embaraçados em pedir fundos. Creio que o que foi gasto tem sido bem restituído, excepto no caso do *supercollider* do Texas, que foi um desastre, mas em geral o que é gasto tem sido devolvido. Mas na realidade é quase um milagre, algo tão abstracto... Conservo-me para além de qualquer ponto de vista no caso das "partículas perdidas"...

P: Quais são as suas perspectivas para o futuro da Física?

J.B.: Tudo está bastante mais difícil do que quando eu comecei... Realmente comecei na idade de ouro, logo a seguir à guerra. O esforço de guerra, o arsenal atómico e por ai adiante, deram aos físicos um estatuto muito especial perante o governo e a sociedade, pelo que era relativamente fácil conseguir financiamentos. Adicionalmente, nos Estados Unidos, vivia-se uma época de grande expansão a nível da educação, a *Era Sputnik*, e faziam-se grandes investimentos na educação porque os Estados Unidos não podiam ficar atrás da Rússia. Um período de crescimento, simultaneamente à sombra da Guerra (não pertenço à geração que esteve envolvida na Guerra Mundial) e com todas as dificuldades do presente, o 'Nam [Vietnam] e mais tarde a Coreia. Agora o financiamento é mais difícil, bem como a capacidade de conseguir fazer alguma

coisa... Neste campo o movimento é lento, e as experiências são enormes e centralizadas, quero dizer, a teoria fica mais centralizada. São as partes negativas, mas por outro lado as oportunidades ainda são bastante boas e isso não se deve à falta de excitação nesta área de trabalho, ou ao facto de não existir mais nada para fazer, simplesmente agora é mais difícil. Para entrar para este campo é mesmo necessário sentir que é isso que se quer fazer... Se se tem experiência como físico de partículas, é sempre possível sair-se bem no mundo exterior com esse treino, e se se ficar do lado de dentro, sair-se bem será uma necessidade.

P: Existe alguma outra coisa que gostaria de recomendar a um jovem estudante interessado em Física de Partículas?

J.B.: Já o disse. Se na realidade se sentem vocacionados para aí, e se gostam verdadeiramente disto, descobrirão uma forma de o fazer. Quando estive no FermiLab fazia parte da administração, director social para a física e assistente do director. Uma das coisas que fazia era entrevistar todos os candidatos a Pós-Doutoramento recém chegados, com os títulos ainda "fresquinhas". O FermiLab dispunha de uma grande variedade de experiências, desde muito pequenas às enormes. Assim perguntava sempre aos candidatos se tinham alguma preferência, pequeno ou grande, e tentava levá-los a exprimir o próprio ponto de vista acerca disso, principalmente os seus interesses pessoais. Os *post-docs* podiam escolher a experiência em que trabalhar, isto é, não lhes era atribuído um trabalho, eles tinham escolha. Recordo-me de um estudante em particular, vindo da Física Atómica, de um trabalho em conjunto com mil, ou dois mil físicos em perturbações atómicas. Daí ganhou interesse em experimentação em Física de Partículas. Veio ao FermiLab na esperança de ser aceite e não desejava experiências pequenas."Não, não, vim para cá para as grandes, porque é disso que isto tudo é feito!" Não havia regras fixas quanto à escolha de pequeno ou grande. Creio também que quando falo com pessoas vindas de grandes colaborações elas dispõem de suficiente liberdade pessoal e capacidades para se exprimirem criativamente. Surpreende-me sempre porque penso que uma experiência pequena tem oportunidades muito especiais e tenta promover certos aspectos fundamentais de um trabalho em equipa. Mas devo dizer que dentro do

CDF e do D0, procurando a existência do quark Top, se encontrava na altura gente muito pouco inteligente... E eu também! Costumava perguntar-lhes o que se estava a passar, arreliá-los dizendo que estavam tão obcecados com a procura do Top que estavam a esquecer uma física completamente nova, pondo-a de lado, e o aborrecido do Top a chegar... Mas então foi mesmo descoberto e era impossível não partilhar a excitação, juntamente com eles, e a emoção da ocasião, deveras genuina! Daí penso que a hipótese de ter uma carreira triste, mas descansada nas grandes colaborações é certamente a maneira mais segura de ir em frente, obviamente. Espero que toda a variedade de empreendimentos possa ser preservada na presença desta grande concentração olímpica.

P: Acerca da nova Física, por exemplo a subestrutura do quark, ou comportamento caótico em QCD. Qual a sua opinião acerca destes assuntos?

J.B.: Quanto à estrutura do quark... as provas disso são muito limitadas. Não me agrada a linguagem, que na realidade quer apenas dizer que os quarks têm interacções para lá dos mecanismos de *scattering*, para lá do que é conhecido, e não significa necessariamente uma subestrutura. É uma linguagem terrível. E as evidências são muito fracas. Que existe caoticidade em QCD e estrutura fractal e por aí fora, com certeza! É uma certeza, trata-se apenas da questão de quão claramente é manifestado, não se põe em causa a existência. Não há dúvidas disso. Não há dúvidas disso...



DOUTORAMENTOS HONORIS CAUSA

por Nuno Cruz e Nuno Leonardo

Por ocasião do encerramento das comemorações dos 85 anos do Instituto Superior Técnico, em 4 de Outubro, teve lugar a atribuição quinquenal dos graus de Doutor Honoris Causa a 10 "Personalidades nacionais e estrangeiras, de reconhecido mérito técnico-científico e, que, concomitantemente contribuiram de uma forma activa para o nosso desenvolvimento e progresso".

Apraz-nos muito particularmente apresentar os dois homenageados propostos pelo Departamento de Física:

Doutor Huu-Tinh NGUYEN

Doutor Charles MAISONNIER apadrinhados respectivamente pelos professores A. Casa Nova Ribeiro e Carlos Varandas.

Huu-Tinh Nguyen

O Doutor Nguyen é um cientista de mérito internacionalmente reconhecido, tendo sintetizado e caracterizado um conjunto considerável de compostos exibindo diferentes tipos de fases líquido-cristalinas.

Alguns destes compostos podem ser usados em diversas aplicações tecnológicas, e é necessário notar que um número considerável de fases líquido-cristalinas descritas na literatura ao longo dos últimos 20 anos têm sido descobertas pelo Doutor Nguyen e seus colaboradores.

O Doutor Nguyen iniciou em 1987 uma valiosa colaboração científica com o Departamento de Física do IST. O grupo de cristais líquidos deste departamento tem recebido um conjunto relevante de materiais exibindo tipos diferentes de polimorfismo, dos incontáveis compostos sintetizados pelo Doutor Nguyen.

Estudos em ordem e dinâmica moleculares em diferentes mesofases efectuados sobre estes materiais constituem dissertações de pós-graduação (Ph.D.), as quais têm sido sucessivamente submetidas no IST, tiveram em todas elas por membro do júri o Doutor Nguyen. Um número considerável de artigos científicos tem sido com frequência publicados e alguns projectos de investigação estão actualmente em progresso. Alguns outros estudantes de pós-graduação beneficiam presentemente de colaboração científica com o doutor Nguyen.

«Doutor Nguyen é um notável cientista com uma enorme argúcia.

Se a química é a sua formação de base, não é de mais assinalar o à vontade com que domina muitos dos mecanismos físicos que justificam a existência de novas fases líquido-cristalinas. Aliás, saliente-se que o Dr. Nguyen muitas vezes antes de iniciar a síntese de um novo composto tem já muito claras as ideias sobre o que há a fazer para obter um determinado tipo de fase, em alguns casos apenas prevista teoricamente.

O Doutor Tinh é ainda co-autor de 7 patentes científicas todas associadas às aplicações potenciais dos cristais líquidos (4 com a Thomson CFS, 2 com o Centre de Recherche Paul Pascal e uma com a IBM nos EUA). O Doutor Nguyen tem aliás passado longos períodos na IBM, San Jose, California, na pesquisa de novos materiais líquido-cristalinos para aplicações industriais.

No seu currículum consta igualmente o Prémio Aderia da região de Aquitânia, atribuído em 1987, resultante de um enorme sucesso de um trabalho realizado entre a indústria IBM e o Centre de Recherche Paul Pascal. Com este trabalho tornou-se possível detectar defeitos nos circuitos integrados utilizando cristais líquidos.

Como curiosidade, no discurso que fez ao agradecer a distinção que lhe foi atribuída não quis deixar de salientar que foram os portugueses os primeiros a chegar ao Vietname onde nasceu. Aliás destacou também que após a chegada de Vasco da Gama à Índia um frade português que compreendia muito bem a linguagem local conseguiu latinizar a escrita do Vietname. O Vietname, é aliás o único país da Ásia que utiliza a escrita latina.

O Doutor Tinh tem 4 filhos, 3 dos quais são doutorados em diferentes áreas.»

Prof. A. Casa Nova Ribeiro

§

Charles Maisonnier

O Doutor Maisonnier é actualmente o Director do Programa de Fusão da Direcção-Geral XII da União Europeia. Na sua vasta carreira profissional salienta-se a Direcção do Programa Europeu de Fusão, a sua Vice-Presidência do Conselho do JET ("Joint European Torus"), o maior projecto comunitário de investigação científica,

bem como a sua participação no Conselho do ITER ("International Thermonuclear Experimental Reactor"), um ambicioso projecto à escala planetária reunindo um Consórcio constituído pela União Europeia, o Japão, os Estados Unidos e a Federação da Rússia.

A cooperação científica do Doutor C. Maisonnier com o IST teve o seu início em 1986, aquando da adesão portuguesa ao Programa Europeu de Fusão, na qualidade de Presidente da Comissão Paritária de Gestão do Contrato de Associação celebrado entre a EUROATOM ("European Atomic Energy Community") e esta Escola. Tendo manifestado um interesse por este programa de I&D, patente no acompanhamento contínuo da evolução do mesmo, cedeu ainda ao IST equipamento experimental no valor de centenas de milhões de escudos permitindo a criação de um laboratório de plasmas de fusão com confinamento magnético provido de um Tokamak. Esta experiência contribuiu para a formação de recursos humanos, para o desenvolvimento de novas técnicas de diagnóstico e para a realização de estudos de física de plasma com interesse para o Programa Europeu de Fusão. Finalmente salienta-se o apoio que o Doutor Maisonnier deu à participação de empresas portuguesas nas actividades de fusão nuclear.

As consequências deste precioso contributo são a formação de recursos humanos -também ao nível de licenciatura e mestrado- e a participação de cada vez mais empresas portuguesas nas actividades de fusão nuclear.

«O Doutor Maisonnier dedicou toda a sua vida à investigação científica, primeiro como investigador e depois como gestor do Programa Europeu de Fusão.

Neste último trabalho, revelou qualidades de cientista, político e estratega que lhe permitiram conduzir este Programa à liderança da investigação mundial em fusão nuclear.

O Doutor Maisonnier colaborou, desde a primeira hora, na criação de um Grupo Português de investigação em fusão nuclear. Saliente-se a valiosa oferta de um Tokamak, o apoio ao inicio do programa científico e a compreensão das dificuldades inerentes à gestão de um grande projecto num ambiente universitário de um País com poucos recursos para actividades de I&D.»

Prof. Carlos Varandas

Serenamente

por Paulo de Castro Aguiar

E tão serenamente fechou os olhos deixando para trás apenas um sorriso esboçado no rosto que, na face dela, de mim se despedia.

E eu bebia cada traço daquele doce sorriso que na minha boca apenas surgia salgado...

Sim, no meu rosto nada mais era além de uma lágrima. Sentia-o frio, rígido, sem qualquer expressão. Apenas aquela gota que emanara e deslizava por um tempo que por mim não passava, e que se lançava sobre os lábios dela tão belos como todo o corpo que nos meus braços se aconchegara.

... Tanto silêncio, nada mais que o silêncio e o sorriso que ficara do beijo que lhe dera pouco antes daquilo que sabíamos ser inevitável.

Como queria ouvi-la a dizer algo...

E com a mão húmida afaguei-lhe o cabelo escuro, da mesma cor daqueles que agora se fechavam.

Se ao menos eu sentisse alguma coisa... mas era apenas o rosto frio e rígido, e aquele silêncio...

Então, com as duas mãos segurei-lhe a cabeça a qual pousei no verde do chão, e pedi-lhe, implorai que acordasse.

Levantei as mãos com que sempre a acarinhara e pedi, se houvesse algum Deus ou mesmo algum Diabo, que me fizesse voltar. Tudo faria em troca... tudo faria... tudo...

Acabara de entrar no desespero: do nada agora sentia tudo, e era demais, demais para alguém que via a sua vida

escoar-se por uma lágrima que caía sobre o rosto de quem sempre o fizera navegar num mar de sonhos no qual o sorriso era uma constante.

E era isso que ela deixava para trás, para mim, o sorriso.

Que angústia era já não poder navegar... já não tinha o mar!

Então desembainhei a espada que reluziu ao sabor do Sol que salpicava. O seu brilho era intenso.

Segurei firmemente o cabo adornado com duas serpentes dobradas que se entrelaçavam e,... num movimento brusco trespassei o coração.

Nada sentia: a dor da mágoa abafava qualquer outra dor carnal.

Toscamente puxei a lâmina para. O brilho tinha sido substituído pelo baço do sangue que escorria, frio, manchando o verde do chão.

Ela não podia voltar para mim mas criei o oceano que me levaria até ela.

“Um barco, uma vida e uma oração”

por José Pedro Pereira

Estava ali havia dias... Que solidão, não ter ninguém com quem conversar... E nem sequer um rádio para ouvir... O mar continuava sereno, como que abrigado do vento por alguma manta quente e invisível... O Sol mordia e deu graças aos céus de ter trazido o seu boné. Não morreria de insolação!!! Que reconfortante... Naquele azul infinito eram pensamentos como esse que ainda o animavam... Obrigava-se assim a permanecer resistente ao gélido sopro da morte. Por uns momentos julgou ver terra. Lembrou-se que o cérebro prega partidas; talvez fosse uma miragem! Passou um pouco daquele mar pelo seu rosto, enxugou os olhos com os seus dedos gretados e mirou de novo. Não, não era ilusão, era mesmo terra firme. Oh! Quem lhe dera ter ainda os seus remos; apenas um até... sentiu-se desmorecer, mas recuperou num segundo. Havia de sobreviver! Tinha já superado tantas provações... Deus não o iria abandonar agora, principalmente depois de lhe mostrar a salvação. Na sua cabeça não cabia um Deus assim tão cruel... Juntou as mãos palma com palma e orou... Além disso, estava determinado a viver... Nada o demoveria!!! NADA!!! Era um sobrevivente, e ponto final! Por instantes a sua mente vagueou pela lembrança de todos aqueles que amava. O seu irmão António, a esposa e a sua sobrinha preferida (além de única), Margarida... Pobreza, quantas lágrimas teria derramado, a sua petiza, quando o não vira aparecer no seu aniversário... Bem,

a culpa não era sua...

Pensou talvez em nadar até terra. Estava muito fraco, mas era talvez a sua única chance. Mas não aguentaria tal esforço. E havia sempre o perigo de mais um tubarão aparecer para o demover dos seus intentos. Decidiu esperar que o barco desse à costa. Já não tinha vela, logo ia-lhe demorar mais um pouco a chegar lá. Mas, também, o vento não soprava nem uma brisa suave... De que lhe valeria a vela?... Lembrou-se de como tinha perdido a vela. Que estupidez. Porque é que ele se tinha aventurado a ir mais longe da costa do que aquilo para que estava preparado? Odiou-se a si mesmo! Na soberba de apanhar peixe maior tinha-se afastado dos outros pescadores. Depois, aquele maldito temporal deu-lhe cabo de todos os planos. Ficara sem vela e perdido naquele Oceano imenso, sem nenhum ponto por onde se orientar a não ser as estrelas. Remara durante dois dias, mas aquele peixe que tinha pescado estava ferido e espalhara o seu sangue no mar. Os tubarões tentaram a sua sorte. Para se defender perdeu o arpão, os dois remos e tivera que devolver o peixe ao mar para que os predadores o deixassem em paz. Agora já era tarde para remendar o mal que tinha feito. Tudo o que podia fazer era esperar o seu fado. Os seus pensamentos foram começando a ficar mais lentos. O calor não lhe dava trégua e já se sentia desfalecer. Mas não se podia deixar vencer. Sempre tinha sido um homem duro. Não era agora um pequeno revés que o iria derrubar. Aguentou-se

vivo de todas as maneiras possíveis e impossíveis. Tinha de viver para a sua sobrinha. Ainda lhe iria pedir desculpa de não ter ido lá no dia do seu aniversário e iria levar-lhe um presente muito bonito. O mais bonito que houvesse lá na loja da Joaquina! A sua menina merecia-o!

Lentamente, o barco foi-se aproximando da praia. Mas para os olhos cansados do velho pescador parecia que a sua embarcação já não se movia. Não desistiria da sua esperança! Era algo que nunca iria morrer em si. Havia aprendido a ser paciente desde pequeno quando saía com o pai para o mar. Muitas vezes o mar exaspera, mas depois sempre recompensa aqueles que sabem esperar. Essa lição ele havia aprendido. Não desistiria e pronto! Ponto final na conversa!

Mas mesmo os seus pensamentos mais superficiais tomavam caminhos



PULSAR

tortuosos e levavam a conclusões que só a custo ele conseguia substituir pelas verdadeiras. Um deles era a sua morte. De tão cansado, o seu cérebro levava a lógicas sinuosas, como por exemplo a imaginação de que mal atingisse terra firme se iria desvanecer. Iria sucumbir! Que disparate! Se chegasse a terra a sua alegria seria tão grande que só ela já o manteria de pé!

Aos poucos e poucos o barco lá se ia aproximando da costa. Cada vez ele

conseguia distinguir melhor uma praia de areia clara e inexplorada. Ao fundo, as palmeiras davam àquele lugar uma aparência de Éden. Talvez fosse o seu desejo de lá chegar que tornava aquilo que via tão belo e paradisíaco. Estava quase a chegar a terra firme. O seu coração começou a bater mais depressa. Uma profunda alegria invadiu todo o seu ser, trespassando-o de alto abaixo como uma lâmina doce e suave. Era uma bela sensação. A vitória estava perto! Era

finalmente o descanso do guerreiro! Chegara... Saltou do barco, foi até à praia e prostrou-se de joelhos, com a face quase a tocar o chão e com as mãos unidas. Chorou... Queria rezar e agradecer aquela benesse que Deus lhe concedera, mas não conseguiu... Apenas chorava. Como não fazia há já muito tempo. Sentia-se como uma criança. Com as lágrimas a escorrerem-lhe pela face... Que bela oração, a alegria de viver... Deus sorriu!...

...Conto Interminável... (tomo III)

...Sentou-se a meio da encosta, cansado da longa jornada. Caminhava há quatro luas desde o seu último encontro com a donzela, o estio tinha passado e as primeiras chuvas outonais não tardariam. Uma nuvem azul cobria o céu ocultando as estrelas, excepto a maior, A-que-não-se-vê-à-noite. Encontrava-se sozinho no meio daquela paisagem agreste e não via vivalma há pelo menos uma semana. Lá em baixo no vale uma mancha de castanheiros serpenteava como uma centopeia por entre a aridez dos montes. Uma águia voava em círculos por cima da sua cabeça – seria um presságio? Ou apenas o topo da cadeia alimentar desempenhando o seu papel (fosse lá o que isso fosse). O rodopio do bicho entontecia-o mas o fascínio era mais forte que a náusea e não conseguia deixar de olhar! Lembrou-se então do que lhe tinha dito Unix, o gáulico da *Gauloisia* – as águias-das-neves-perpétuas enfeitiçam as vítimas com o seu vôo circular esperando que estas vomitem para as atacarem nesse momento de suprema indignidade em que todos são iguais. Estremeceu e libertando-se do torpor pegou numa pedra e atirou... A águia afastou-se praguejando algo de imperceptível mas certamente pouco elogioso.

Voltou-se de novo para a paisagem, advinhava formas nos penedos e pedregulhos que para ali estavam... ali a cabeça dum gato, acolá a carantonha ameaçadora dum velho barbudo, o perfil de uma mulher deitada... Vinha-lhe à cabeça tudo o que se passara antes e o que estaria para vir, interrogava-se sobre o significado daquilo tudo e se teria valido a pena tanto esforço, tantos perigos... Sentia-se muito cansado e por vezes pensava se mais não valia mandar passear o estatuto de Herói e viver uma vidinha

comum.

Os seus companheiros tinham ficado pelo caminho, devorados por seres medonhos, esquartejados por um bando de bárbaros, escravizados por uma bruxa má, ou o pior de tudo, definhando lentamente, por dentro, com uma qualquer doença contraída num qualquer lugarejo sujo a troco de uma fugaz noite de prazer. ...Enfim engolidos pelo sistema.

Acendeu um cigarro (*N.A.-omitir na versão americana*) e cerrou os olhos para fitar o sol do fim da tarde. Aquela claridade incomodava-o assim como o fundo sonoro contínuo dos carros na cidade cortado apenas pela sirene dum ambulância ou a buzina dela de um condutor impaciente. A multidão que passava enojava-o, as suas peles suadas e peganhetas. Estava farto!!!!...

Acordou com a ponta do cigarro a queimar-lhe a mão. O silêncio instalara-se, a águia pairava por cima do vale à procura de outra vítima.

O cansaço ia-se insinuando, puxou de um frasco que o feiticeiro lhe tinha dado, um pó branco mágico contra todos os males e que conferia uma força sobre-Humana. Levou um pouco ao nariz e inalou.

Ultimamente consumia doses cada vez maiores desta poção mágica desidratada e o frasco estava quase vazio. Tinha que encontrar um feiticeiro urgentemente!!.

As dúvidas que tinha anteriormente começaram a desaparecer, sentia-se feliz, um homem novo. Lá em baixo a centopeia começou a mexer-se, as suas mil patas faziam o barulho de um exército moderno em marcha, daqueles equipados com couraças e sandálias. Pensou como seria bom ter um exército

assim. Subjugaria todas as outras tribos e seria o senhor do mundo. Levantou-se e numa pose altiva como que um general a passar revista às tropas. Começou a marchar por entre as pedras saudando os seus capitães e distribuindo medalhas pelos mais valorosos. Deteve-se junto ao porta estandarte - um tronco velho, retorcido e queimado. Dialogou com ele durante algum tempo, quem sabe delineando estratégias para a próxima batalha.

Tanto poder, tanta glória (e tanto pó) entonteceram-no. Sentou-se no chão e abraçou-se ao tronco, só ele o comprehendia. Contou-lhe as suas desgraças, a sua dor d' alma e chorou, as lágrimas derramadas caíram em cascata pela encosta abaixo. O tronco ouvia atentamente sem emitir opinião, era o confidente perfeito.

A centopeia debatia-se com a corrente de lágrimas que escoria pelo vale. "Que exército tão disciplinado, que sofre com a dor do seu general.", pensou.

As pálpebras começaram a pesar-lhe, queria descansar um pouco. Deitou-se no chão e fechou os olhos...

...Adormeceu profundamente e sonhou em tons de vermelho com uma adaga de punho de ouro enterrada no peito.

André Gouveia

Caros colegas, a continuidade deste conto depende de vós. O fluxo das vossas veias literárias só pode ter um destino: o PULSAR. Aguardamos ansiosamente...



O último suspiro

Partiste...
Levaste contigo a essência luminosa,
Do meu ser a mais preciosa,
E deixaste-me neste galáctico recanto
Votado ao abandono, ao pranto.

Em tempos de mim eras irradiada
Incessantemente,
Energicamente,
Mas agora não me resta nada
Senão supermassivas partículas
Que avivam películas
Dos mais audaciosos investigadores
Que me investigam sem quaisquer favores.

Enquanto eras a estrela
Nos laboratórios terrestres
Eu era a transformação bela
Nos laboratórios celestes.

Uma supernova havias deixado
Um pulsar vieste a encontrar
Ao fim de incessantemente explorar
O que havias abandonado.

Agora nada resta da minha vivência
A não ser rastos de passado,
Feixes como tu, minha essência,
Com destino afortunado

Caminho em direcção ao negrume colapsante
Enquanto que muito de mim repeli
Vagueia agora algures por aí
Sob forma de vida incessante.

Só tu, belo feixe luminoso
Regressaste, algo transformada
Para transmitir algo valioso
De uma sociedade aperfeiçoada.

Aquilo que de mais rico possui
Destruí
O que de mim restou
Colapsou

Em breve todas as leis físicas violarei
A ligação entre universos deterei
A galáxia absorverei
A luz, como tu, sorverei
Até que nada em torno de mim restará
Senão "gamas" e "xx" continuos, ao Deus dará.

Amaranthus melancholicus

Pensar que uma só flor
era,
foi apenas uma e uma só mais flor.
Uma flor murcha
queimada pelo Sol.
Flores Bizantinas,
esquecidas no pensamento
apagadas pelo tempo.

Flautas imperiais
- ecoam melodias celestiais -
de um reino de imperadores
banido,
e punido,
sem encanto, sem trovadores...
Tambores épicos
- marcam o infreto ritmo -
de um conflito inflamado
sentido,
e consentido,
sem tréguas, incessado...

e, eis que,
uma névoa invectiva
larga a sua ira...
não mais restou que uma só flor!
uma flor azeda
de ancestral amargura...
o elo de ligação
dos ventos comburentes
enterrando a luz de um amor impossível!...

E, pensar que uma só flor...
é apenas uma mais flor!

Hugo Parelho

Conhecer

Diz-me onde vais...
Porque vais por aí?
...Queres saber mais,
Descobri-lo por ti.

Conhecer o mundo,
Conhecer a vida...
Ir sempre mais fundo
Até encontrar a saída.

Isso faz-te feliz,
Dá-te asas para voar.
Mas... Desvendas o mistério?

Não! És sempre aprendiz!
Certezas desvanecem-se no ar...
Conhecer... Esse sonho etéreo...

