

## A nova astronomia com ALMA

A origem da vida na Terra: contribuição endógena e exógena de moléculas pré-bióticas



# Índice

- artigo geral  
2 **A nova Astronomia** com ALMA  
José Afonso
- artigo geral  
7 **A origem da vida na Terra:**  
contribuição endógena e exógena  
de moléculas pré-bióticas  
Zita Martins
- artigo geral  
12 **Modelando a poluição luminosa:**  
a equação de Walker e as suas  
consequências  
Guilherme de Almeida
- física sem fronteiras  
16 **Peter Galison:** o homem de  
inumeráveis subculturas  
Manuel Baroso Xavier
- física e sociedade  
22 **Observatório do Instituto Dom  
Luiz:** um século e meio de história  
Josep Batlló, Miguel Brito, Fernando Alberto, Cristina Catita, Susana Custódio,  
Cristina Domingues, Ana Romão, Antónia Valente
- crónicas  
27 **Nós** e os extraterrestres  
Carlos Fiolhais
- gazeta ao laboratório  
28 **Construção de recetores rádio**  
como introdução à Física das  
Telecomunicações - parte II  
Alexandre Aibéo, Nuno André, Ricardo Gama
- livros e multimédia  
33 **História da Ciência em Portugal**  
por Carlos Fiolhais  
José Braga
- sala de professores/alunos  
36 **Petnica**  
Marija Vranic
- 40 **Notícias**

Se me pedissem para nomear uma única grande questão científica do nosso tempo, provavelmente escolheria a seguinte: como surgiu a vida na Terra? Ou, por que não ser mais arrojado: como surgiu a vida no Universo? Porque perceber este mecanismo traz consigo a resposta a muitas outras questões, cada uma delas capaz de alterar radicalmente o nosso conhecimento, a nossa cultura e a nossa percepção do papel que ocupamos no grande esquema das coisas. E a verdade é que vivemos tempos excitantes, em que a ciência começa a ter ferramentas para poder abordar esta pergunta de forma activa.

É esta questão fundamental que, de certo modo, liga os dois artigos convidados desta edição da Gazeta. No primeiro, José Afonso conta-nos como o novo telescópio ALMA nos permitirá espreitar o Universo de uma forma até agora inédita – entre outras coisas, como será utilizado para estudar a química de moléculas complexas em regiões longínquas do espaço interestelar, numa tentativa de vislumbrar a formação dos blocos básicos que deram origem à vida. No segundo artigo, Zita Martins analisa se estas moléculas precursoras da vida terão sido sintetizados no nosso planeta, ou se vieram das profundezas do cosmos a bordo de corpos como cometas, asteróides e meteoritos.

Apesar da diferente magnitude das ferramentas utilizadas – no primeiro caso utilizando uma mega-estrutura científica, na qual Portugal colabora através da sua participação no ESO, no segundo caso fazendo experiências numa bancada de laboratório – ambos os artigos ilustram como a chave da génese da vida deixou de ser uma questão de natureza meramente especulativa (para já não mencionar sequer filosófica ou religiosa), para se tornar

um tema científico do qual se esperam grandes desenvolvimentos nos próximos tempos.

Por cá, entretanto, aproxima-se a FÍSICA 2014, reunião e celebração bienal organizada pela Sociedade Portuguesa de Física, que este ano congrega a 19.<sup>a</sup> Conferência Nacional de Física e o 24.<sup>o</sup> Encontro Ibérico para o Ensino da Física. Sinto-me especialmente feliz porque esta FÍSICA vai ter lugar em minha “casa” – o Instituto Superior Técnico, em Lisboa. A Comissão Organizadora tem estado a trabalhar com entusiasmo para que a Conferência e o Encontro possam ser um sucesso. O programa científico promete, as oficinas de formação estarão repletas e esperam-se cerca de 200 participantes de todo o país.

Um dos pontos altos será a sessão pública com a presença do presidente da Sociedade Europeia de Física, John Dudley, do anterior Ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, Mariano Gago, e do historiador de ciência Kostas Gavroglu. Esta sessão servirá também para o lançamento oficial do 2015 Ano Internacional da Luz em Portugal, iniciativa que acompanharemos aqui na Gazeta com especial atenção, e cujo poster podem já encontrar na contracapa desta edição.

Por fim, é com grande prazer que informo que, a partir desta edição, a Gazeta de Física passa a contar com a colaboração de uma Comissão Editorial e de Correspondentes Regionais. A Comissão Editorial, além de incluir os dois anteriores directores editoriais, representa cada uma das Divisões da SPF, e os Correspondentes estão ligados a cada uma das delegações regionais. Quero agradecer a cada um dos membros destas duas novas equipas por terem aceite este convite, e tenho a certeza de que sua colaboração nos permitirá levar até aos leitores uma Gazeta de Física cada vez melhor.

Gonçalo Figueira

*Por decisão pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.*

## Ficha Técnica

### Propriedade

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

### Equipa

Gonçalo Figueira (Director Editorial)  
Filipe Moura (Editor)  
Olivier Pellegrino (Editor)

### Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

### Colunistas e Colaboradores regulares

Ana Simões, Carlos Fiolhais, Constança Providência

### Colaboraram também neste número

Alexandre Aibéo, Ana Romão, Antónia Valente, Carla Quintão, Cristina Catita, Cristina Domingues, Fernando Alberto, Guilherme de Almeida, José Afonso, José Braga, Josep Batlló, Manuel Baroso Xavier, Marija Vranic, Miguel Brito, Nuno André, Pedro Abreu, Ricardo Gama, Susana Custódio, Zita Martins

### Comissão editorial

Teresa Peña - Presidente da SPF e anterior director editorial  
Carlos Fiolhais - Anterior director editorial  
Ana Rita Figueira - Física Médica  
Carlos Portela - Educação  
Constança Providência e Costa - Física Nuclear  
Horácio Fernandes - Física dos Plasmas  
Joaquim Norberto Pires - Física Aplicada e Eng.<sup>a</sup> Física  
João Carvalho - Física das Partículas  
João Veloso - Física Atómica e Molecular  
José Luis Martins - Física da Matéria Condensada  
Luís Matias - Meteorologia, Geofísica e Ambiente  
Manuel Marques - Óptica  
Rui Agostinho - Astronomia e Astrofísica

### Correspondentes

Joaquim Moreira - Delegação Norte  
Rui Travasso - Delegação Centro  
Pedro Abreu - Delegação Sul e Ilhas

### Design / Produção Gráfica

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

NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 1.800 Ex.

Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Preço N.<sup>o</sup> Avulso €5,00 (inclui I.V.A.)

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

Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.

# A nova Astronomia com ALMA

José Afonso

Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

jafonso@oal.ul.pt

**O revolucionário telescópio ALMA começa finalmente a funcionar em pleno. No topo do planeta, a 5000 metros de altitude, as suas observações fazem vislumbrar realidades frequentemente inesperadas, alterando a nossa compreensão do Universo. A participação portuguesa nesta nova Astronomia está assegurada.**

## Introdução

O estudo do Universo, aquele que se situa para além do pequeno planeta azul, encontra, inevitavelmente, uma limitação fundamental: apenas podemos conhecer o que observamos, e apenas observamos o que os nossos instrumentos e telescópios detectam. Assim, ao longo dos últimos 500 anos, passámos por inúmeros modelos do Universo, à medida que desenvolvíamos para os nossos olhos instrumentos capazes de aumentar a sua capacidade. Telescópios primeiro, detectores de radiação (de várias radiações) de seguida, levaram a que a Astronomia expandisse em muito o seu objecto de estudo, de um “simples” céu repleto de estrela, matemático e preciso, para um (quase) infindável oceano cósmico de objetos e processos interligados pelas leis da Física.

Mas gerações de telescópios, detectores e investigadores não parecem suficientes senão para compreender que há

sempre mais, muito mais, para procurar compreender. Surpreendentemente, após milénios de estudo, eis que, em pleno século XX, chegámos à conclusão que o Universo esconde os seus segredos mais profundos por detrás de poeira. Poeira! Estrelas e planetas aparentemente escondem a sua formação inicial em ambientes ricos em poeira, apenas saindo desse casulo quando já com alguma maturidade. Galáxias que aparentam uma normalidade óbvia, revelam-se tremendos “monstros” quando a radiação da sua própria poeira é detectada. A própria origem da Vida poderá estar escondida nas regiões mais ricas em “pó cósmico” e o estudo da química dessas regiões encontrava-se, até há pouco, para além da nossa capacidade de observação. Subitamente, tudo o que sabíamos do Cosmos aparecia apenas como a lendária “ponta do icebergue”, e novas capacidades eram necessárias para compreender a verdadeira natureza do Universo.

Em finais do século XX os astrónomos estabelecem o plano: é necessário estudar o Universo detectando a radiação da própria poeira, numa região do espectro electromagnético entre o infravermelho longo e o rádio, o chamado sub-milímetro. Europa,



Fig. 1 - Algumas das antenas do ALMA, no planalto de Chajnantor, a iniciar uma sessão de observação. No céu, à esquerda na imagem, é visível o planeta Júpiter, enquanto que na direita são visíveis a Grande e a Pequena Nuvem de Magalhães (imediatamente acima da antena da direita e no canto superior direito, respectivamente), duas pequenas galáxias irregulares que orbitam a Via-Láctea. [ESO e B. Tafreshi]

Estados Unidos e Japão desenvolvem, independentemente, planos para revolucionários observatórios de sub-milímetro, capazes de responder a algumas das questões mais fundamentais da Astronomia. Rapidamente, contudo, chegam à conclusão que “a revolução” é demasiado cara para ser realizada por um único país.

Um acordo é alcançado e, nos primeiros anos deste século, nasce o telescópio mais global alguma vez construído: o Atacama Large Millimetre/submillimetre Array (ALMA). Com o contributo de Estados Unidos e Canadá, da Europa (através do Observatório Europeu do Sul, do qual Portugal é membro pleno desde 2001), do Japão em colaboração com Taiwan, e do Chile, o ALMA pretende alcançar uma visão radicalmente mais detalhada do Universo e, pela primeira vez, revelar os detalhes sobre o nascimento de estrelas e planetas, as primeiras galáxias do Universo e até mesmo a identificação dos “alicerces” da Vida no espaço interestelar.

Portugal, através do Centro de Astronomia e Astrofísica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (CAAUL), apostou desde cedo na revolução ALMA, tendo sido esta uma das suas prioridades estratégicas ao longo dos últimos anos. Em 2014, em resultado das capacidades entretanto desenvolvidas, o CAAUL foi nomeado pelo Observatório Europeu do Sul como “Centro de Competências para o ALMA”, o que lhe dá acesso à infraestrutura europeia que gere e desenvolve o observatório, permite apoiar e incentivar a utilização do ALMA pela comunidade científica nacional e participar na qualificação e verificação dos dados que o Observatório Europeu do Sul efetua.

## A Ciência do ALMA

O ALMA é constituído por 66 telescópios (vulgarmente designados por antenas nestes comprimentos de onda) instalados no planalto de Chajnantor, a 5000 metros de altitude, no deserto do Atacama, no Chile. A elevada altitude e aridez neste local são exigências da observação de radiação no sub-milímetro, facilmente absorvida pelo vapor de água na atmosfera terrestre. Cinquenta das antenas, com 12 metros de diâmetro, encontram-se espalhadas pelo planalto, numa extensão variável que pode chegar aos 16 quilómetros. Doze antenas são um pouco mais pequenas, com 7 metros de diâmetro, e encontram-se concentradas na região central do planalto. Finalmente, as últimas quatro antenas possuem 12 metros de diâmetro e são usadas para assegurar a boa calibração do conjunto. Os diferentes tipos de antena complementam-se, assegurando uma elevada fidelidade e precisão na observação, que é efectuada por interferometria: um super-computador combina as observações das antenas e reconstrói o que seria possível observar com uma única antena com a dimensão de todo o

conjunto, ou seja, com até 16 quilómetros de diâmetro. Na sua máxima capacidade, prestes a ser alcançada, o ALMA conseguirá obter imagens com um detalhe cerca de dez vezes superior às do Telescópio Espacial Hubble.

Com tal capacidade, não é de estranhar a elevada expectativa colocada no ALMA. Todos os tópicos de Astronomia serão tocados pelo novo observatório, mas uma particular atenção é dada aos processos físicos e químicos que acontecem nas regiões mais frias do Universo que permaneceram, até agora, escondidas do nosso olhar:

- como se formam estrelas e planetas, em nuvens frias (10 a 50 K) e densas de gás e poeira no espaço interestelar, na Via-Láctea e em outras galáxias;
- como é a química de moléculas complexas nestas regiões, e poderemos começar a observar a formação dos blocos mais básicos constituintes da própria Vida?
- quais as transformações que acompanham os estágios finais da vida de uma estrela?
- como se dá a formação das primeiras galáxias do Universo há mais de 12 mil milhões de anos? E como evoluíram a partir daí?

Embora o ALMA esteja agora a começar a funcionar em pleno, as observações já começaram em 2011, quando 16 das antenas estavam aptas a trabalhar em conjunto. Os primeiros resultados científicos começaram já a ser publicados, após meses de trabalho por parte de investigadores e técnicos que melhoram constantemente as capacidades do telescópio. Alguns dos primeiros resultados do ALMA são apresentados abaixo, como um exemplo do que a Astronomia pode alcançar com este revolucionário instrumento. Fica, contudo, a ressalva: com o ALMA, o melhor ainda está para vir.

## Primeiros resultados do ALMA

### 1) Formação e morte de estrelas

Sabemos hoje que as estrelas se formam nas zonas mais densas e frias de nuvens moleculares, por acreção gravitacional. A compressão da matéria faz aumentar progressivamente a temperatura destes “núcleos quentes”, que frequentemente se fragmentam, levando à formação de não apenas uma mas de muitas estrelas – um aglomerado



Fig. 2 - Uma vista aérea do planalto de Chajnantor, a 5000 metros de altitude nos Andes Chilenos, onde as 66 antenas do ALMA estão instaladas. [ESO, Clem e Adri Bacri-Normier]

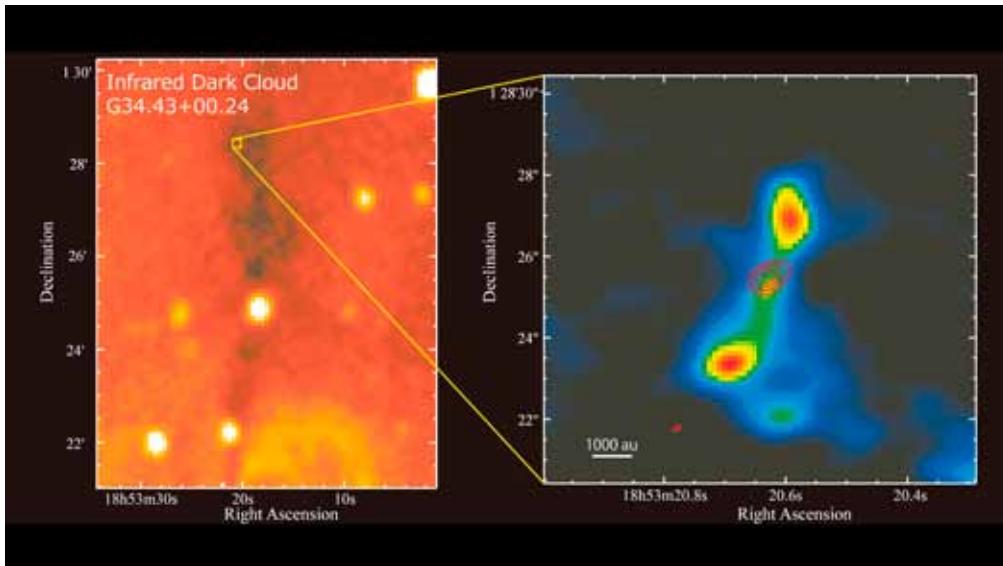


Fig. 3 - À esquerda, a imagem no infravermelho da nuvem escura G34.43+00.24. À direita, a imagem obtida pelo ALMA da protoestrela gigante ali existente e do jacto jovem a ela associado, um jacto que terá menos de 1000 anos de idade. [Takeshi Sakai/UEC/NAOJ]

ou enxame de estrelas. O processo de formação de uma estrela é ainda acompanhado de jactos e ventos (estelares) fortíssimos, que vão ter um impacto considerável no meio circundante, podendo mesmo despoletar a formação de estrelas em regiões próximas.

O estudo das fases mais iniciais da vida de uma estrela tem sido, contudo, quase impossível. Os ambientes onde estes processos têm lugar são muito ricos em poeira, o que impossibilita o seu estudo detalhado com telescópios ópticos, como, por exemplo, o Telescópio Espacial Hubble. O ALMA, contudo, foi desenhado especificamente para estudar estes ambientes, as suas condições físicas e químicas, tendo já obtido algumas descobertas surpreendentes.

Em primeiro lugar, a queda de material que resulta na formação de uma estrela parece poder dar-se em muito maior escala do que anteriormente pensado. Através de observações da nuvem escura G34.43+00.24, investigadores descobriram uma protoestrela em formação no seio de um núcleo quente com uma dimensão de 800 UA<sup>1</sup>, cerca de dez vezes maior do que esperado. Foi ainda observado um jacto propagando-se a uma velocidade de 28 km/s e uma extensão superior a 4000 UA, o que sugere uma idade de apenas 740 anos. Embora os jactos sejam comuns em protoestrelas e tenham sido estudados no passado, um jacto tão jovem revela uma fase muito rara (porque curta) do processo de formação estelar.

Numa outra nuvem, a SDC335.579-0.292, o ALMA também observou a queda de material para formar uma estrela. Aí, foi possível medir uma massa superior a 500 vezes a do Sol em queda para um núcleo protoestelar, que se pensa poder vir a transformar-se numa estrela muito rara de massa superior a 100 vezes a massa do Sol – apenas uma em 10 mil estrelas na Via-Láctea atinge uma tal massa. O estudo da formação de tal monstro estelar é de extrema importância, pois estas estrelas massivas, muito quentes e brilhantes, são marcantes na evolução de uma galáxia: não só emi-

tem quantidades imensas de radiação ultravioleta, ionizando o material que as rodeia, como morrem rapidamente (em alguns milhões de anos apenas), numa explosão de supernova, que espalha os elementos químicos produzidos no interior da estrela durante a sua vida. Elementos químicos como o carbono e o oxigénio, por exemplo, que vão depois estar presentes na formação de novas estrelas, planetas, e que são essenciais para a existência da (nossa) vida. Para além disso, na própria explosão de supernova que acompanha a morte de uma estrela de grande massa, vários elementos químicos e compostos mais complexos são formados – uma etapa fundamental, mas ainda muito desconhecida, para a compreensão do enriquecimento químico do Universo.

A supernova 1987A, situada na Grande Nuvem de Magalhães, uma galáxia anã que orbita a Via Láctea a cerca de 168 mil anos-luz, constitui o exemplo mais próximo de uma supernova observada nas últimas centenas de anos. Desde 1987, quando foi observada a explosão, tem sido estudada em detalhe com telescópios terrestres e espaciais, no sentido de perceber as supernovas e o seu efeito no meio interestelar.

Os modelos existentes indicam que, após uma explosão de supernova, dar-se-á a formação abundante de novas moléculas e poeira, à medida que átomos de oxigénio, carbono e silício se ligam nos locais mais frios da nebulosidade que resulta da explosão - o remanescente de supernova. É necessária uma elevada eficiência deste processo para compreender muitas das observações astronómicas mais recentes, mas tal carecia ainda de comprovação.

As observações do ALMA vieram agora confirmar este cenário. A observação permitiu descobrir o equivalente a 25% da massa do Sol em poeira fria recentemente formada no remanescente de super-

<sup>1</sup> UA=Unidade Astronómica, a distância média entre a Terra e o Sol, ou seja, cerca de 150 milhões de quilómetros

nova 1987A - uma quantidade gigantesca, considerando que se trata do efeito da morte de uma estrela apenas. Embora existam outros processos para a formação de poeira no Universo, em particular processos que têm lugar na proximidade de estrelas mais idosas, este é um dos poucos processos que podem justificar a origem da grande quantidade de poeira observada em galáxias distantes e muito jovens.

## 2) Formação de planetas

Os planetas formam-se no mesmo processo que forma as estrelas, no disco de poeira que se forma em torno de uma protoestrela. Mas os detalhes não são ainda conhecidos. Como é que os grãos de poeira num tal disco podem crescer até formar um “rochedo” e eventualmente um planeta? As próprias colisões com outras partículas de poeira podem destruir os grãos maiores, ou retirar-lhes energia, levando-os a cair para a estrela e impedindo a formação de um planeta. Tal levou os investigadores a colocarem a hipótese da existência de “armadilhas de poeira”, zonas que favorecem uma maior concentração de partículas de poeira e abrem caminho para a formação de corpos cada vez maiores.

Ao observar um disco de poeira em torno de uma estrela jovem (Oph-IRS 48) a 400 anos-luz de distância, o ALMA observou pela primeira vez estas “armadilhas de poeira”. As imagens revelaram uma assimetria bastante acentuada para a distribuição de grãos de poeira grandes neste disco. No sistema de Oph-IRS 48 esta região está relativamente longe da estrela, sendo de prever que venha a ser uma região de formação de cometas. Mas o mesmo processo poderá estar a acontecer em outros sistemas estelares jovens, mais próximo da sua estrela, algo que poderá ser observado muito em breve quando o ALMA estiver concluído.

O ALMA ofereceu outras pistas sobre o processo de formação de planetas. A observação do sistema VLA1623, um sistema de três protoestrelas em formação, revelou a existência de um disco já bem estabelecido em torno de uma delas. Tal não era esperado, pois os modelos existentes indicavam que um disco de material apenas pode estabilizar numa fase posterior do processo de formação de uma estrela. De algum modo outros factores, como campos magnéticos ou turbulência, devem contribuir para a formação de um disco protoplanetário em fases muito iniciais.

Um dos mais curiosos aspectos revelados com o ALMA foi a primeira detecção da localização de gelo (de monóxido de carbono, CO) em torno de uma estrela jovem, a TW Hydrae, num sistema estelar bastante semelhante ao que o Sistema Solar deve ter sido na sua fase de formação. Este é o sistema mais próximo (cerca de 175 anos-luz) onde uma protoestrela aparece com um disco circum-estelar

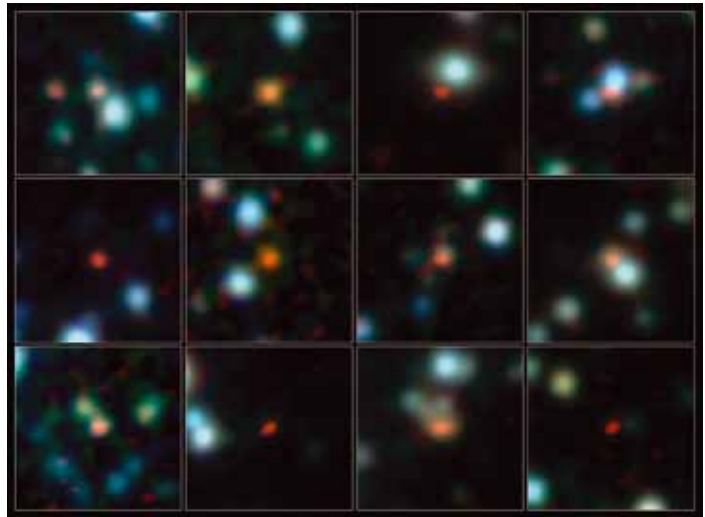


Fig. 4 - Algumas das dezenas de galáxias distantes identificadas em tempo recorde pelo ALMA. As detecções do ALMA são mostradas a vermelho/laranja (no centro de cada imagem), sobrepostas em imagens de infravermelho obtidas com o telescópio espacial Spitzer - e onde as galáxias não são detectadas. O ALMA necessitou apenas de alguns minutos para revelar cada uma destas galáxias. [ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), J. Hodge *et al.*, A. Weiss *et al.*, NASA Spitzer Science Center]

muito rico em gás. Através da observação da molécula  $N_2H^+$ , uma molécula frágil que é destruída na presença de CO gasoso (pelo que apenas será observada em zonas onde o CO congelou), foi possível observar a localização precisa do gelo de CO no disco circum-estelar: situa-se a cerca de 30 UA da proto-estrela. Esta é uma informação importante para compreender a formação de planetas: o gelo de CO formar-se-á na superfície dos grãos de poeira, e ajudará a acelerar a sua aglutinação em corpos maiores e que eventualmente se transformarão em planetas. Por outro lado, o CO é necessário para a formação de metanol, um constituinte de moléculas orgânicas essenciais à Vida. Estaremos a ver o nascimento de futuras novas formas de vida...?

## 3) A formação e evolução de galáxias

Outro dos tópicos onde se espera um maior impacto das observações do ALMA é o da formação e evolução de galáxias. Numa das suas primeiras observações, o observatório identificou em apenas algumas horas dezenas de galáxias distantes, reveladas através de observações com outros telescópios ao longo de vários anos. Esta é uma demonstração dramática da enorme eficiência do ALMA, ainda mais se considerarmos que estas observações iniciais foram efectuadas com apenas 16 antenas. Curiosamente, muitos dos sistemas observados revelaram-se, graças à resolução do ALMA, não como uma galáxia apenas mas como várias, possivelmente fisicamente relacionadas. Tal resultado tem implicações fortes em qualquer interpretação de observações em sub-milímetro efectuadas a mais baixa resolução: é fundamentalmente diferente para perceber a evolução do Universo ter uma galáxia com uma taxa de formação estelar excepcional ou ter três com taxas de formação estelar mais “aceitáveis”...

Recorrendo a esta espetacular capacidade do ALMA foi entretanto possível começar a “reescrever” a história da

formação estelar no Universo. Sabemos hoje que o Universo formava muito mais estrelas no passado do que hoje – cerca de 10 vezes mais formação estelar há 10 mil milhões de anos, quando o Universo tinha pouco mais de 3,5 mil milhões de anos, do que atualmente. Porém, o ALMA revelou um número significativo de galáxias com formação “explosiva” de estrelas a distâncias ainda maiores, indicando que o Universo pode já estar a formar intensamente estrelas dois mil milhões de anos após o *Big Bang*.

Mas podemos olhar ainda para mais longe com o ALMA. O sistema Himiko, que está tão distante que a sua luz foi emitida quando o Universo tinha apenas 800 milhões de anos, é composto por três galáxias, num processo de fusão que se crê ter acontecido em quase todas as galáxias ao longo da sua vida. A atividade é intensa, havendo formação de estrelas massivas e luminosas que aquecem o espaço envolvente, rico em hidrogénio. Estranhamente, o ALMA não revelou em Himiko qualquer sinal do carbono que deveria estar presente de forma abundante, colocando a hipótese de estarmos a observar a formação de uma galáxia constituída quase inteiramente de hidrogénio primordial e a formar as suas primeiras estrelas.

#### 4) A (nova) Astroquímica

Outra das áreas que mais avançará com as capacidades do ALMA é a do conhecimento da química no Universo. Conhecemos hoje mais de 170 moléculas no espaço, incluindo moléculas orgânicas como açúcares e álcoois. Contudo, a sensibilidade do ALMA é tão grande que muitas das observações revelarão radiação de moléculas ainda não estudadas em laboratório e cuja identificação será assim muito difícil ou mesmo impossível. Nesse sentido foi realizado, nos últimos anos, um enorme esforço para colmatar as lacunas no nosso conhecimento nesta área, havendo hoje investigadores que procuram observar, em laboratório, ou modelar, em computador, muitas das moléculas que esperamos poder observar no meio interestelar. É esperado que este esforço venha a ajudar a reconhecer os sinais dos próprios constituintes da Vida quando o ALMA os observar no espaço.

Um enorme passo foi dado recentemente. Pela primeira vez o ALMA permitiu detectar a presença de um açúcar simples, o glicolaldeído, no gás que rodeia uma estrela binária jovem, com uma massa não muito diferente da do Sol. O glicolaldeído terá sido um dos principais “atores” na química da Terra pré-biótica, levando à formação da Vida que conhecemos. Embora este composto já tivesse sido detectado no meio interestelar, é a primeira vez que é descoberto próximo, a cerca de 25 UA, de uma estrela jovem. Tal mostra como alguns dos componentes básicos da Vida podem já existir mesmo antes da formação dos próprios planetas, e que participam na sua formação desde muito cedo.



**José Afonso** é licenciado em Física e Mestre em Astronomia e Astrofísica pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa; Doutorado em Astrofísica pelo Imperial College de Londres, é Investigador na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e Director do Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa. É especialista em formação e evolução de galáxias, cujo estudo efectua recorrendo aos melhores observatórios terrestres e espaciais. Esteve presente no desenvolvimento do ALMA desde 2004, enquanto membro dos comités de aconselhamento científico do projecto (tendo coordenado o painel de aconselhamento do Observatório Europeu do Sul para o ALMA entre 2007 e 2009).



# A origem da vida na Terra: contribuição endógena e exógena de moléculas pré-bióticas

Zita Martins

Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London, SW7 2AZ, Londres, Reino Unido

z.martins@imperial.ac.uk

A origem da vida na Terra é uma das grandes questões científicas à espera de ser respondida. As mais recentes teorias sugerem que um fornecimento contínuo de água e moléculas orgânicas pré-bióticas seria necessário para a vida ter surgido no nosso planeta. Estes compostos orgânicos poderão ter sido sintetizados no nosso planeta (síntese endógena) ou entregues por cometas, asteroides e meteoritos entre 4,6 e 3,8 mil milhões de anos atrás (entrega exógena). O estudo deste tópico permite obter dados sobre as condições da Terra primitiva, os compostos orgânicos disponíveis e a origem da vida.

## Introdução

Teorias modernas sobre a origem da vida na Terra foram formuladas independentemente por Aleksandr Oparin e J. B. S. Haldane no início do século XX [1, 2]. Segundo estes cientistas, a atmosfera da Terra primitiva (entre 4,6 e 3,8 mil milhões de anos atrás) era fortemente redutora (continha metano, amónia, vapor de água e hidrogénio). Além disso, estes cientistas propuseram que compostos orgânicos seriam sintetizados neste tipo de atmosfera com a ajuda de uma fonte de energia (como relâmpagos ou luz ultravioleta), sendo mais tarde acumulados nos oceanos primitivos da Terra (a chamada “sopa primordial”). Ainda segundo eles, as moléculas orgânicas teriam evoluído mais tarde para as primeiras células e organismos vivos. A primeira análise experimental sobre a formação abiótica dos blocos constituintes da vida foi feita em 1953 por Stanley Miller, que na altura era estudante de doutoramento de Harold Urey. Miller construiu um equipamento em que simulava o que se pensava ser a atmosfera e os oceanos da Terra primitiva (de acordo com as

teorias de Oparin e Haldane) (Figura 1). Compostos orgânicos fundamentais para a vida, entre eles aminoácidos (i.e. as moléculas que compõem as proteínas) foram sintetizados através de uma descarga eléctrica numa mistura de gases redutores [3].

Apesar destes resultados terem sido pioneiros, dados geológicos mais recentes mostram que as condições atmosféricas da Terra primitiva não correspondiam às condições experimentais usadas na experiência de Miller [4]. Quando se repete a mesma experiência mas com as condições atmosféricas reais da Terra primitiva, a síntese de compostos orgânicos pré-bióticos não é significativa, ocorrendo apenas

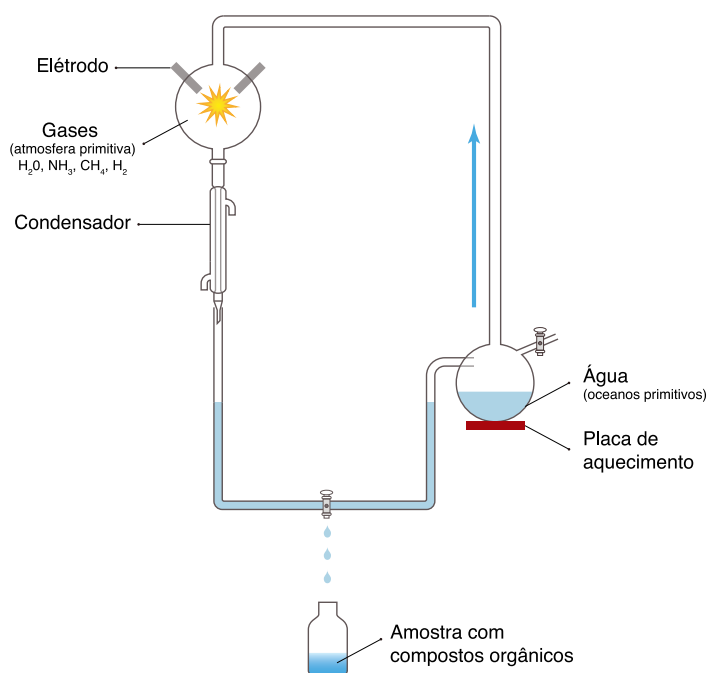


Fig. 1 - A experiência de Miller-Urey em que se simulava o que se pensava ser a atmosfera e o oceano da Terra primitiva. A direcção do vapor de água é indicada pela seta.

Tabela 1 - Abundância de moléculas orgânicas sob a forma de gelo nos cometas Halley, Hyakutake e Hale-Bopp, normalizadas para a água e medidas a ~ 1 unidade astronômica (UA) do Sol. Adaptado das referências [23-24].

Moléculas	Halley	Hyakutake	Hale-Bopp
H <sub>2</sub> O	100	100	100
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		<0,04	<0,03
CO	15	6-30	20
CO <sub>2</sub>	3	<7 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
CH <sub>4</sub>	0,2-1,2	0,7	0,6
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	~0,3	0,5	0,1
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	~0,4	0,4	0,3
CH <sub>3</sub> C <sub>2</sub> H			<0,045
CH <sub>3</sub> OH	1,3-1,7	2	2,4
H <sub>2</sub> CO	0-5	0,2-1	1,1
HCOOH			0,08
CH <sub>3</sub> COOH			<0,06
HCOOCH <sub>3</sub>			0,08
CH <sub>3</sub> CHO			0,025
H <sub>2</sub> CCO			<0,032
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH			<0,05
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			<0,45
CH <sub>2</sub> OHCHO			<0,04
NH <sub>3</sub>	0,1-2	0,5	0,7
HCN	~0,2	0,1	0,25
HNCO		0,07	0,10
HNC		0,01	0,04
CH <sub>3</sub> CN		0,01	0,02
HC <sub>3</sub> N			0,02
NH <sub>2</sub> CHO			0,01
NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH			<0,15
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CN			<0,01
CH <sub>2</sub> NH			<0,032
HC <sub>5</sub> N			<0,003
N <sub>2</sub> O			<0,23
NH <sub>2</sub> OH			<0,25
H <sub>2</sub> S	0,04	0,8	1,5
OCS		0,1	0,3
SO			0,2-0,8
CS <sub>2</sub>		0,1	0,2
SO <sub>2</sub>			0,23
H <sub>2</sub> CS			0,02
S <sub>2</sub>		0,005	
NaCl			<0,0008
NaOH			<0,0003

<sup>a</sup> Medido a 2,9 UA do Sol.

em alguns locais isolados (i.e. em muito pequena escala), como por exemplo perto de vulcões [5].

Em alternativa à síntese endógena de compostos orgânicos, é proposta a entrega exógena por cometas, asteroides, e seus fragmentos (i.e. partículas de poeira interplanetárias e meteoritos) [6]. De facto, a Terra terá sido fortemente bombardeada por estes corpos celestes entre 4,6 e 3,8 mil milhões de anos atrás, imediatamente antes da vida ter surgido no nosso planeta entre 3,85 a 3,5 mil milhões de anos atrás [7,8].

### Cometas

Os cometas são aglomerados de gelo, moléculas orgânicas e silicatos, tendo sido proposto que estes corpos celestes terão entregue compostos orgânicos pré-bióticos na Terra primitiva (e.g. [9]) (Tabela 1). De facto, amostras recolhidas do cometa Wild-2 mostraram a presença do aminoácido glicina [10].

Para além da entrega exógena de compostos orgânicos, foi recentemente provado experimentalmente que o impacto de misturas de gelo análogas a cometas produz moléculas orgânicas complexas [11]. Esta análise experimental mostra que quando um cometa colide com um planeta gera aminoácidos (Figura 2), o que apoia estudos teóricos (simulações em computador) feitos anteriormente dos efeitos de tais impactos [12].

### Partículas de poeira interplanetárias e meteoritos

As partículas de poeira interplanetárias e os meteoritos são fragmentos de cometas e asteroides. As partículas interplanetárias de poeira, tipicamente na ordem dos micrómetros (µm) contêm moléculas orgânicas que poderão ter sido entregues intactas para a Terra [13-16]. Por outro lado, os meteoritos (ver caixa de texto) são a fonte mais provável da água no nosso planeta [17], podendo também ter contribuído para o inventário molecular da Terra primitiva. De facto, uma classe particular de meteoritos tem uma matriz rica em carbono, contendo até 5 % do seu peso em carbono [18]. Esta é dividida em matéria insolúvel (correspondente a mais de 70 %, e consistindo maioritariamente em hidrocarbonetos aromáticos) e em compostos orgânicos solúveis (correspondente a menos de 30 %). Dentro destes últimos é possível encontrar vários compostos pré-bióticos que têm um papel fundamental nos organismos vivos actuais, por exemplo aminoácidos (blocos constituintes das proteínas e enzimas) e bases nitrogenadas (compostos do material genético) (Tabela 2).

De forma a determinar se os compostos orgânicos detectados em meteoritos são extraterrestres (e não contaminação terrestre), várias análises podem ser feitas: (1) determinar a razão entre os enantiómeros de moléculas quirais, e (2) determinar os isótopos estáveis de hidrogénio, carbono e/ou azoto.

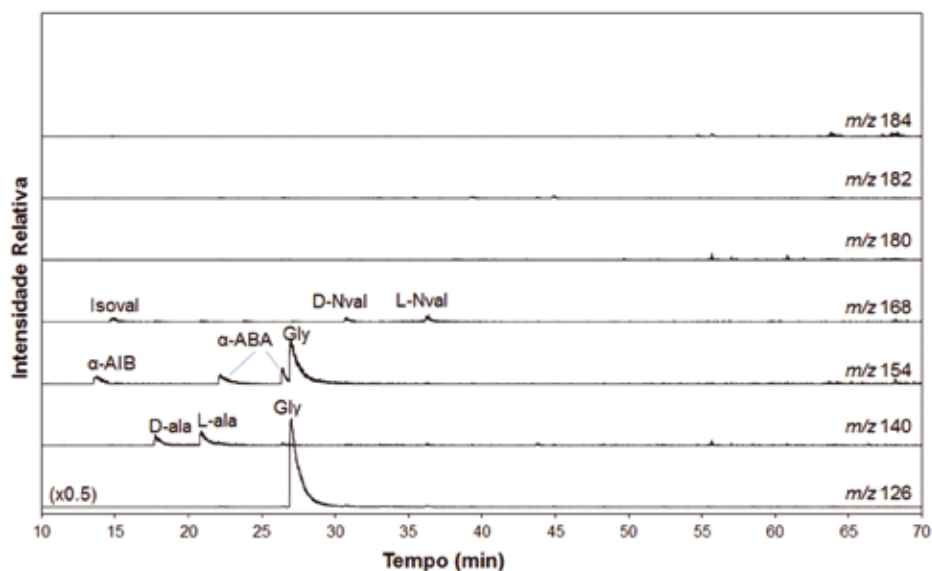


Fig. 2 - Aminoácidos identificados após o impacto de uma mistura de gelo análoga a cometas; Gly. Glicina; D-ala. D-alanina; L-ala. L-alanina; α-AIB. Ácido α-aminoisobutírico; α-ABA. Ácido α-aminobutírico; Isoval. Isovalina; D-Nval. D-Norvalina; L-Nval. L-Norvalina.

A quiralidade é uma ferramenta importante que permite distinguir a origem das moléculas orgânicas presentes em meteoritos. Por exemplo, os aminoácidos têm duas formas (L- e D-) que tal como as nossas mãos são a imagem no espelho uma da outra, mas não se conseguem sobrepor. Na Terra, a maioria dos organismos vivos usa L-aminoácidos. Passados longos períodos de tempo após um organismo morrer, os L-aminoácidos começam a

Tabela 2 - Abundâncias dos compostos solúveis presentes no meteorito Murchison (miligrama da molécula orgânica por quilograma de meteorito). Adaptado das referências [28-30].

Compostos	Abundâncias
Ácidos carboxílicos (mono-)	332
Ácidos sulfúricos	67
Aminoácidos	60
Dicarboximidas	> 50
Ácidos dicarboxílicos	> 30
Poliols	24
Acetonas	17
Hidrocarbonetos (aromáticos)	15-28
Ácidos hidroxicarboxílicos	15
Hidrocarbonetos (alifáticos)	12-35
Álcoois	11
Aldeídos	11
Aminas	8
Ácido piridinocarboxílico	> 7
Ácido fosfórico	1,5
Purinas	1,2
Diaminoácidos	0,4
Benzotiofenos	0,3
Pirimidinas	0,06
N-heterociclos básicos	0,05-0,5

ser convertidos na forma D- (mantendo sempre um excesso de L-aminoácidos) através de um processo de racemização. Contudo, nos meteoritos não só foram encontrados mais de 80 aminoácidos [19], mas a maioria dos aminoácidos é racémico (ou seja, tem quantidades iguais de D- e L-aminoácidos). Assim, através da razão entre o enantiómero D- e o enantiómero L- de um aminoácido específico é possível determinar a origem dos aminoácidos detectados em meteoritos (o mesmo pode ser aplicados a outras moléculas quirais).

Contudo para moléculas não quirais (e também para moléculas quirais) o melhor teste para determinar a origem das moléculas orgânicas é através da análise dos isótopos estáveis de hidrogénio, carbono e azoto. A abundância dos isótopos estáveis  $\delta / \text{‰}$  é expressa através da seguinte expressão:

$$\delta / \text{‰} = \frac{(R_{\text{amostra}} - R_{\text{standard}})}{R_{\text{standard}}} \times 1000$$

$R$  representa as razões  $^2\text{H}/^1\text{H}$  para hidrogénio,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  para carbono, e  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  para azoto. Os standards geralmente usados são o valor médio da água do mar (*standard mean ocean water, SMOW*) para o hidrogénio, Pee Dee Belemnite (PDB, em que o belemnite é um fóssil do Cretáceo encontrado na formação geológica Pee Dee na Carolina do Sul, Estados Unidos da América) para o carbono, e ar para o azoto.

Os compostos orgânicos encontrados em meteoritos apresentam valores de  $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  muito diferentes da matéria orgânica terrestre. Os valores terrestres para  $\delta\text{D}$  são menores do que  $-30 \text{‰}$ , os de  $\delta^{13}\text{C}$  variam entre  $-5$  e  $-30 \text{‰}$ , e os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variam entre  $-5$  e  $+20 \text{‰}$  [20]. Por outro lado, as moléculas orgânicas presentes em meteoritos são substancialmente enriquecidas em deutério ( $^2\text{H}$ ),  $^{13}\text{C}$  carbono e  $^{15}\text{N}$  azoto, o que implica uma origem extraterrestre abiótica (i.e. formados sem a presença de organismos vivos). É sugerido que isto seja o resultado de reacções químicas interestelares a baixa temperatura (e.g. [21,22]).

## Conclusão

Moléculas orgânicas pré-bióticas detectadas em cometas, asteroides, meteoritos e partículas de poeira interplanetárias terão sido entregues por via exógena na Terra primitiva entre 4,6 e 3,8 mil milhões de anos atrás. Estas, juntamente com moléculas orgânicas sintetizadas de forma endógena no nosso planeta poderão ter desempenhado um papel fundamental na origem da vida na Terra.

Os **meteoritos** são objectos extraterrestres que sobreviveram à passagem através da atmosfera terrestre e ao impacto na superfície da Terra. Os meteoritos são derivados de asteroides ou cometas (com excepção dos poucos meteoritos derivados da Lua e de Marte). O seu nome deriva da cidade ou formação geográfica mais próxima do local onde foram encontrados. No caso de meteoritos Antárticos o seu nome é seguido de um número. Os primeiros dois dígitos correspondem ao ano em que o meteorito foi encontrado, e os três últimos correspondem ao número espécime. Os meteoritos podem ser divididos em três classes: ferrosos (compostos por ferro-níquel), rochosos-ferrosos (mistura de silicatos e ferro-níquel metálico), e rochosos (compostos por silicatos). Podem ser divididos em várias sub-classes e grupos baseados na sua composição química e mineral.

Designa-se por **enantiómeros** as moléculas que são a imagem no espelho uma da outra mas não são sobreponíveis. Uma boa forma explicar o conceito de enantiómeros é feita pela visualização das nossas mãos; são a imagem uma da outra mas não é possível sobrepor-las. Uma mistura de enantiómeros é chamada de mistura racémica.

**Moléculas pré-bióticas** são moléculas formadas no Espaço ou na Terra por processos não biológicos (i.e. formadas na ausência de seres vivos), ainda antes da vida ter surgido no nosso planeta. Muitas destas moléculas terão contribuído para a composição da primeira célula e dos primeiros organismos vivos

## Agradecimentos

Este trabalho é financiado pela Royal Society.

*Por decisão pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.*

## Referências

1. A. I. Oparin, "Proiskhodenie Zhizni", Mos-coksky Rabotichii, Moscovo, (1924) (Traduzido por A. S. Bernal, "The origin of life", Weidenfeld e Nicolson, Londres, 199-234 (1967).
2. J. B. S. Haldane, "The origin of life", Ration. Ann. 148, 3-10 (1929).
3. S. L. Miller, "A production of amino acids under possible primitive Earth conditions", Science 117, 528-529 (1953).
4. J. F. Kasting, "Earth's early atmosphere", Science 259, 920-926 (1993).
5. A. P. Johnson et al., "The Miller volcanic spark discharge experiment", Science 322, 404 (2008).
6. C. Chyba e C. Sagan, "Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: an inventory for the origins of life", Nature 355, 125-132 (1992).
7. J. W. Schopf, "Microfossils of the early Archean Apex Chert: New evidence of the antiquity of life", Science 260, 640-646 (1993).
8. S. J. Mojzsis et al., "Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago", Nature 384, 55-59 (1996).
9. J. Crovisier e D. Bockelée-Morvan, "Remote observations of the composition of cometary volatiles", Space Sci. Rev., 90, 19-32 (1999).
10. J. E. Elsila et al., "Cometary glycine detected in samples returned by Stardust". Meteoritics and Planetary Science 44, 1323 (2009).
11. Z. Martins et al., "Shock synthesis of amino acids from impacting cometary and icy planet surface analogues", Nature GeoScience 6, 1045-1049 (2013).
12. N. Goldman et al., "Synthesis of glycine-containing complexes in impacts of comets on early Earth". Nature Chemistry 2, 949-954 (2010).
13. S. G. Love e D. E. Brownlee, "Heating and thermal transformation of micrometeoroids entering the earth's atmosphere", Icarus 89, 26-43 (1991).
14. S. J. Clemett et al., "Identification of complex aromatic molecules in individual interplanetary dust particles", Science 262, 721-725 (1993).
15. G. Matrajt et al., "FTIR analysis of the organics in IDPs: Comparison with the IR spectra of the diffuse interstellar medium". Astron. Astrophys. 433, 979-995 (2005).
16. J. P. Bradley et al., "Detection of solar wind-produced water in irradiated rims on silicate minerals". Proceedings of the National Academy of Sciences 111, 1732-1735 (2014).
17. C. M. O'D. Alexander et al., "The provenances of asteroids, and their contributions to the volatile inventories of the terrestrial planets", Science 337, 721 (2012).
18. C. M. O'D. Alexander et al., "The classification of CM and CR chondrites using bulk H, C and N abundances and isotopic compositions", GCA 123, 244-260 (2013).
19. Z. Martins e M. A. Sephton, "Extraterrestrial amino acids", Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 1-42 (2009).
20. M. L. Fogel e L. A. Cifuentes, "Isotope frac-

- tionation during primary production”, Plenum Press, New York (1993).
21. R. Terzieva e E. Herbst, “The possibility of nitrogen isotopic fractionation in interstellar clouds”, *Mon. Not. Royal Astron. Soc.* 317, 563-568 (2000).
  22. J. Aléon e F. Robert, “Interstellar chemistry recorded by nitrogen isotopes in Solar System organic matter”, *Icarus* 167, 424-430 (2004).
  23. P. Ehrenfreund et al., “Astrophysical and astrochemical insights into the origin of life”, *Rep. Prog. Phys.* 65, 1427-1487 (2002).
  24. P. Ehrenfreund e S. B. Charnley, “Organic molecules in the interstellar medium, comets, and meteorites: A voyage from dark clouds to the early Earth”, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 38, 427-483 (2000).
  25. J. Crovisier et al., “The composition of ices in comet C/1995 O1 (Hale-Bopp) from radio spectroscopy. Further results and upper limits on undetected species”, *Astron. Astrophys.* 418, 1141-1157 (2004).
  26. D. Bockelée-Morvan et al., “New molecules found in comet C/1995 O1 (Hale-Bopp). Investigating the link between cometary and interstellar material”, *Astron. Astrophys.* 353, 1101-1114 (2000).
  27. M. J. Mumma et al., “Parent volatiles in comet 9P/Tempel 1: Before and after impact”, *Science* 310, 270-274 (2005).
  28. O. Botta e J. L. Bada, “Extraterrestrial organic compounds in meteorites”, *Surv. Geophys.* 23, 411-467 (2002).
  29. M. A. Sephton e O. Botta, “Recognizing life in the Solar System: guidance from meteoritic organic matter”, *Int. J. Astrobiol.* 4, 269-276 (2005).
  30. S. Pizzarello et al., “The organic content of the Tagish Lake meteorite”. *Science* 293, 2236-2239 (2001).



**Zita Martins** é *Research Fellow* da Royal Society no Imperial College London (Reino Unido). Licenciou-se em Química pelo Instituto Superior Técnico, e doutorou-se em Astrobiologia na Universidade de Leiden (Países Baixos). Foi Cientista Convidada da NASA Goddard e Professora Convidada na Universidade Nice-Sophia Antipolis (França). Em 2009 é galardoada com uma *University Research Fellowship* da Royal Society. O seu trabalho consiste na análise de moléculas orgânicas em meteoritos e na identificação de sinais de vida no Sistema Solar. É Co-Investigadora da missão espacial OREOcube, membro do Comité da Astrobiology Society of Britain, do Painel de Opinião Barómetro de Inovação da COTEC, e Editora do *International Journal of Astrobiology*. Participa activamente em actividades de comunicação de Ciência (mais detalhes em <http://www3.imperial.ac.uk/people/z.martins>). Foi seleccionada como *BBC's Expert Women Scientist*, e teve a honra do seu retrato ser pintado para a exposição da Royal Society sobre mulheres de sucesso em ciência.



# Modelando a poluição luminosa: a equação de Walker e as suas consequências

Guilherme de Almeida

g.almeida@vizzavi.pt

A poluição luminosa é um efeito conhecido de todos os que se dedicam, com maior ou menor aprofundamento, às observações astronómicas. O seu efeito perturbador da qualidade do céu acaba por se repercutir a quilómetros de distância das povoações. A poluição luminosa pode ser quantificada de diversas formas e neste artigo analisaremos algumas conclusões práticas interessantes, e até surpreendentes, que se podem extrair da equação acima referida.

## A equação de Walker

Esta equação pretende quantificar o impacto da poluição luminosa, em termos de degradação do céu num dado local em função da proximidade de povoações de população  $P$  e à distância  $d$  do local de apreciação do céu. Foi estabelecida pelo astrónomo norte-americano Merle Walker, em 1977.

$$I = 0,01 P d^{-2,5} \Leftrightarrow I = 0,01 \frac{P}{d^{2,5}} \quad (1)$$

onde  $I$  indica o impacto poluidor (acréscimo) no brilho do céu, provocado pelo clarão da proximidade de uma cidade<sup>1</sup>, em comparação com o brilho natural do céu,  $P$  é a popu-

lação da cidade (em habitantes) e  $d$  a distância em quilómetros entre a cidade e o local de observação.

Os valores de  $I$  representam incrementos de brilho: por exemplo  $I = 0,1$  indica um acréscimo de 10 % no brilho do céu, em relação ao que se teria sem poluição luminosa;  $I = 1$  indica um acréscimo de 100 % (duplicação de brilho);  $I = 6$  significa que o brilho foi multiplicado por 7. Se não existisse poluição luminosa seria  $I = 0$  (podendo abreviar-se para  $I_0$ ), por ser esse o valor de referência em ausência de poluição luminosa<sup>2</sup>. O valor  $I + 1$  indica o factor multiplicador do brilho do céu, ou seja, o quociente brilho artificial/brilho natural. Por comodidade, designaremos esse factor por  $f$  e chamemos-lhe arbitrariamente “factor aclarador do céu”. O valor  $I = 0,1$  (o que resulta em  $f = 1,1$ ) marca o limite em que os efeitos da poluição luminosa começam a tornar-se sensíveis. Veremos seguidamente as razões desta escolha.

## Implicações práticas da equação de Walker

Um factor multiplicador ( $I + 1$ ) igual a 1,1 (ou seja  $I = 0,1$ ) determina um aumento do brilho de uma

<sup>1</sup> A equação de Walker foi desenvolvida com base em observações realizadas na Califórnia e está otimizada para cidades ou povoações em que o fluxo luminoso utilizado por habitante se situa entre 500 lm e 1000 lm, o que é uma premissa realista. O impacto  $I$  poluidor é considerado no local de observação à distância  $d$ , no azimute da cidade e a cerca de 45° de altura.

<sup>2</sup> A indicação  $I = 0$ , referida como  $I_0$ , resulta imediatamente da equação de Walker considerando  $P = 0$  ou uma distância  $d$  infinitamente grande. Veremos mais adiante que a partir de uma dada distância de segurança (que não é enorme) o impacto poluidor pode desprezar-se. Não deverá considerar-se que  $I = 0$  significa um céu completamente negro, pois mesmo nos locais mais inóspitos existe sempre um brilho residual natural, muito fraco, proveniente de vários factores: excitação/desexcitação de átomos existentes na alta atmosfera terrestre, provocada pela radiação solar; reflexão e difusão da luz solar em poeiras existentes no plano do sistema solar; difusão, na nossa atmosfera, da luz das próprias estrelas. Os valores de  $I$  são acréscimos percentuais a essa referência residual natural. Nos arredores das cidades não é invulgar obter valores de  $I$  superiores a 6.

mesma pequena área aparente do céu traduzindo-se no *decréscimo* de magnitude  $\Delta m$  tal que  $1,1 = 2,512^{-\Delta m} \Leftrightarrow -\Delta m \log 2,512 = \log 1,1$  (onde  $\log$  designa o logaritmo de base 10), obtendo-se imediatamente  $\Delta m = -0,04139/0,400 = -0,103 \approx -0,1$  magnitude.

Ou seja, esse aclaramento do céu vai impedir a visão das estrelas que estariam 0,1 magnitude abaixo do limiar de visão a olho nu, num céu livre de poluição luminosa. Por outras palavras, a magnitude limite a olho nu *piora* em 0,1. Isto significa que se num local ideal ela valia (hipoteticamente) 6,5, neste local valerá  $6,5 + \Delta m = 6,4$ . Como uma variação de 0,1 magnitude é o limiar de detecção do olho humano treinado, justifica-se que  $l = 0,1$  seja considerado o limite da poluição luminosa sensível. No cálculo acima, utilizámos a equação de Pogson, que já foi objecto de um artigo anterior, onde agora a razão dos “factores aclaradores do céu” já referidos  $(l + 1)/(l_0 + 1)$  corresponde à razão entre os brilhos aparentes do céu com (2) e sem (1) impacto poluidor:

$$\frac{B_2}{B_1} = 2,512^{(m_1 - m_2)} = 2,512^{-(m_2 - m_1)} \quad (2)$$

onde  $B$  designa brilho por unidade de área e  $m$  a magnitude aparente respectiva dessa pequena área de céu; considerou-se  $B_2 > B_1$  (situação de aproximação gradual da cidade) e logo  $m_2 < m_1$ . Assim sendo,  $m_1 - m_2 = -\Delta m$ .

O mesmo tipo de cálculo aplicado para um factor multiplicador de 1,5 (ou seja  $l = 0,5$ ) determinará a perda de 0,44 na magnitude limite<sup>3</sup>. E se for

$l = 1,512$  (ou seja,  $l + 1 = 2,512$ ), os mesmos cálculos anteriores mostram que  $\Delta m = -1$ : a magnitude limite *piora* 1 unidade e passa por exemplo de 6,5 para 5,5. O leitor pode agora calcular, por exemplo, os valores de  $l$  necessários para a perda de 2 ou 3 magnitudes.

## Algumas conclusões e previsões utilizando a equação de Walker

### 1) Efeito da distância e da população

A equação de Walker mostra-nos que o efeito da distância é muito mais influente do que o tamanho (população) da cidade poluidora, como vamos mostrar.

Se uma cidade, a uma dada distância, duplicar de população, uma duplicação de  $P$  traduz-se directamente na duplicação de  $l$ , ou seja

Dado que  $l = 0,01 P d^{-2,5}$ ,  $P_2 = 2P_1 \Rightarrow l_2 = 2l_1$  (utilizando a equação 1)

Porém, se a mesma cidade, com população constante, estiver duas vezes mais próxima (metade da distância), o impacto poluidor não será o dobro, mas sim cerca de seis vezes, como se mostra seguidamente:

$$l_1 = 0,01 \frac{P}{d_1^{2,5}}, \quad l_2 = 0,01 \frac{P}{(0,5 d_1)^{2,5}} \Leftrightarrow l_2 = 0,01 \frac{P}{(0,5)^{2,5} d_1^{2,5}}$$

Ou ainda

$$l_2 = 0,01 \frac{P}{0,1768 d_1^{2,5}} \Leftrightarrow l_2 = 0,01 \frac{5,66 P}{d_1^{2,5}} \Leftrightarrow l_2 = 5,66 l_1 \approx l_1$$

O efeito é ainda mais dramático se ampliarmos o factor de desproporção. Por exemplo, para um factor 5, ou seja, comparando um aumento de cinco vezes para a população

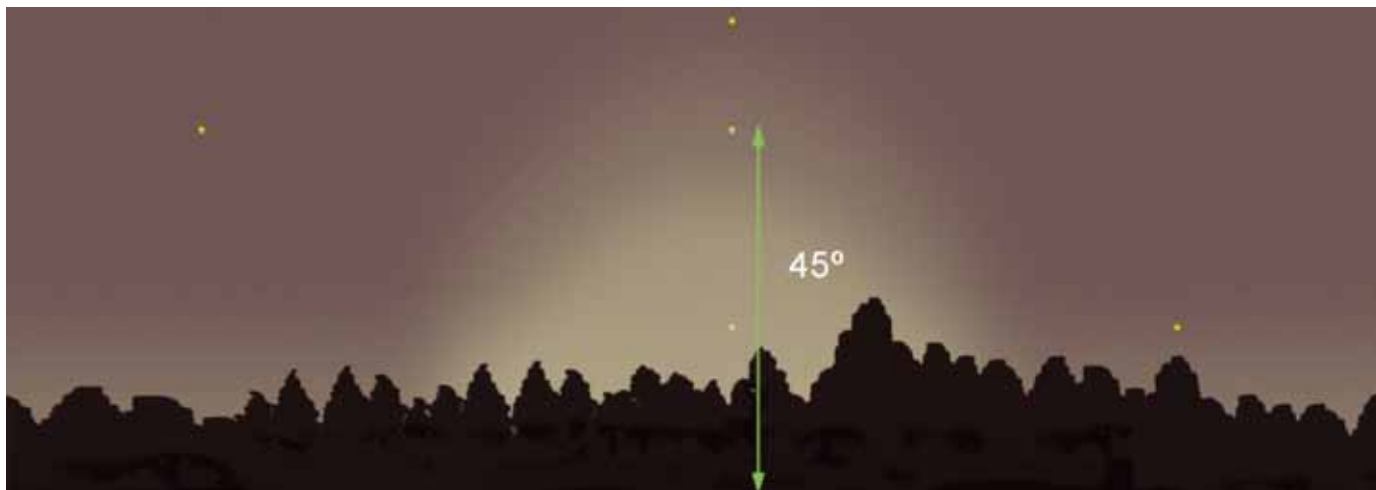


Fig. 1 - Simulação do clarão produzido por uma cidade distante. Uma dada estrela acima da direcção do clarão e a 45° de altura (topo da seta verde) é menos visível do que outra estrela de idêntico brilho, posicionada muito acima ou lateralmente desviada da direcção desse clarão. Se a estrela for pouco brilhante, já não será detectável, devido ao clarão. Na direcção do clarão, mas a menos de 45° de altura, o efeito poluidor é ainda maior.

<sup>3</sup> A magnitude limite é um conceito que traduz o brilho das estrelas mais fracas que ainda podem ser detectadas a olho nu, próximo do zénite, em noites de céu limpo e sem Lua. É um parâmetro utilizado frequentemente como um indicador da escuridão do céu e transparência do ar, no sentido em que as áreas com poluição luminosa e com ar húmido têm geralmente magnitudes limite mais baixas do que locais remotos e de ar seco, ou com altitudes elevadas. Há diferenças significativas de local para local, de acordo com a proximidade de cidades e povoações de dimensão considerável. Em alguns locais de Portugal, a magnitude limite ( $m_l$ ) é superior a 6,3. Nos subúrbios de uma cidade como Lisboa,  $m_l$  será aproximadamente 5, o que significa que só se verá a olho nu cerca de 600 estrelas (menos de 1/4 das que se podem ver de um local sem poluição luminosa significativa). Nos arredores próximos, ter-se-á um valor de  $m_l$  próximo de 3,5 e na melhor das hipóteses podem avistar-se umas 120 estrelas. E no coração lisboeta, será normal encontrar valores de magnitude limite próximos de 2,5, permitindo detectar, com dificuldade, cerca de 25 estrelas a olho nu, num dado momento.

(à mesma distância) contra a redução da distância para 1/5 (para igual população). Nesse caso, o factor população determinará um impacto cinco vezes maior e a redução da distância produzirá um impacto 56 vezes maior. Para um factor 10, o incremento do impacto já será de 10 para a população e de 316 para a proximidade!

## 2) Condição para igual efeito poluidor

Podemos ver o problema segundo outra perspectiva, procurando a razão que deverá existir entre as distâncias comparativamente com a correspondente razão entre populações, para que o impacto poluidor de duas cidades seja igual. Consideremos duas cidades, designadas por A e B, sendo a cidade A com população  $P_A$ , distância do local de observação  $d_A$  e impacto  $I_A$ ; a cidade B terá  $P_B$  e  $d_B$  e  $I_B$ . Considerando que elas produzem o mesmo impacto na poluição luminosa do local de observação (ou seja,  $I_A = I_B$ ) verificamos as seguintes conclusões

$$I_A = I_B \text{ significa } \frac{P_A}{P_B} = \frac{d_B^{-2.5}}{d_A^{-2.5}} \text{ ou ainda } \frac{P_A}{P_B} = \frac{d_A^{2.5}}{d_B^{2.5}}$$

A tabela 1 resume e compara diversas situações, onde  $P_A/P_B$  é o quociente das populações das cidades referidas por A e B.

É interessante e talvez inesperado verificar que, por exemplo, uma cidade de cem mil habitantes a cerca de 40 km produz tanta poluição luminosa como uma cidade de 1 milhão de habitantes a 100 km. Para comparação, a tabela 2 indica a população de algumas cidades portuguesas.

## 3) Deterioração do céu expressa como perda de magnitude limite

A conclusão 1 pode ser retrabalhada para dar uma resposta mais adequada à sensibilidade e aos

Tabela 1 - Exemplos de pares distância e população, para igual impacto na poluição luminosa

$P_A/P_B$	Exemplos de $P_A$ e $P_B$	$d_A/d_B$	Exemplos de $d_A$ e $d_B$
100	1 000 000 e 10 000	6,29	100 km e 15,9 km
10	1 000 000 e 100 000	2,51	100 km e 39,8 km
2	1 000 000 e 500 000	1,32	100 km e 75,8 km

Tabela 2 - Exemplos das populações de algumas cidades portuguesas, para apreciação de situações concretas

Lisboa*	Porto	Braga	Coimbra	Évora	Faro	Beja	Viseu
600 000	443 000	176 000	155 000	56 000	50 000	24 000	22 000

\* População apenas de Lisboa. População da Grande Lisboa  $\approx$  3 milhões de habitantes.

Tabela 3 - Impacto poluidor de uma cidade de 50 000 habitantes, a distâncias sucessivamente menores

Distância (km)	100	80	40	20	10	5
$f = (I + 1)/(I_0 + 1)^{**}$	1,005	1,009	1,05	1,28	2,58	9,94
Perda de magnitude $\Delta m$	- 0,0054	- 0,0097	- 0,053	- 0,27	- 1,029	- 2,49

\*\*  $I_0$  designa o impacto artificial nulo, ou seja o céu natural, livre de poluição luminosa.

Tabela 4 - Impacto poluidor de uma cidade de um milhão de habitantes, a distâncias sucessivamente menores

Distância (km)	100	80	40	20	10	5
$f = (I + 1)/(I_0 + 1)^{***}$	1,10	1,17	1,99	6,59	32,6	179***
Perda de magnitude $\Delta m$	- 0,10	- 0,17	- 0,75	- 2,05	- 3,78	- 5,63***

\*\*\* Estes valores seguidos não são confiáveis dado que já estaremos dentro da cidade, que nos envolve e rodeia, deixando de se situar primordialmente num dado azimute.

interesses e do observador típico: uma resposta em quebra de magnitude. Para calcular a quebra de magnitude, utilizaremos a equação de Pogson (a anterior equação 2).

Para esta pequena cidade, o efeito poluidor é insignificante a partir de cerca de 30 km de distância (para a qual se teria  $l = 0,10$ ).

#### 4) Determinação da distância de segurança em função da população

Por último, e dado que  $l = 0,1$  é o impacto para o qual a poluição luminosa começa a ser significativa ( $f = 1+l = 1,1$ ), dado que um  $\Delta m = -0,1$  corresponde ao limiar de detecção visual de variação de brilho, calculemos de forma generalizada a distância de segurança  $d_s$ , para a qual se alcança esta condição, em função da população  $P$  de uma cidade.

A partir de  $l = 0,01 \frac{P}{d_s^{2,5}}$  obtemos  $d_s^{2,5} = \frac{0,01P}{0,1}$  ou

$d_s^{2,5} = 0,1P$ . Aplicando logaritmos (de base 10) ao primeiro e segundo membros, virá

$2,5 \log d_s = -1 + \log P \Leftrightarrow \log d_s = \frac{-1 + \log P}{2,5}$ , e por uma

conhecida propriedade dos logaritmos

( $\log x = a \Leftrightarrow x = 10^a$ ), obtemos imediatamente

$$d_s = 10^{\left(\frac{-1 + \log P}{2,5}\right)}$$

Utilizando esta expressão para a chamada Grande Lisboa, de população estimada em 3 milhões de habitantes, obtemos

$$d_s = 10^{\left(\frac{-1 + \log 3000000}{2,5}\right)}$$

o que nos dará  $d_s = 155$  km.

Seria esta a distância de segurança se a Grande Lisboa fosse a *única* fonte de poluição luminosa. O grande problema é que, em Portugal, quando nos afastamos muito de uma cidade já nos estaremos a aproximar de outra, eventualmente menor. Há que procurar os melhores compromissos.

Existem refinamentos da equação de Walker que levam em conta a curvatura da Terra, visto que uma cidade muito afastada estará abaixo do horizonte do observador, o que ocultará parte do seu clarão de luz. Mas não nos entusiasmemos demasiado: a uma distância de 150 km, uma cidade estará apenas  $0,67^\circ$  abaixo do horizonte do observador, e a diferença a  $45^\circ$  de altura será muito pequena.

*Por decisão pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.*

#### Links de informação útil:

[http://www.ayton.id.au/gary/Science/Astronomy/Ast\\_light\\_pollution.htm](http://www.ayton.id.au/gary/Science/Astronomy/Ast_light_pollution.htm)

<http://www.bractf.com/documents/LightPollutionStudy.pdf>

<http://homepages.uwp.edu/frien001/nwlight.pdf>

#### Referências

Para informação sobre a equação de Pogson e cálculos comparativos de magnitudes e brilhos, veja-se:

Guilherme de Almeida— *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, 7.ª Ed., Plátano Editora, Lisboa, 2004.

Para informação sobre a génese quantitativa do conceito de magnitude estelar, veja-se:

Guilherme de Almeida, "Norman Robert Pogson e a escala de magnitudes estelares", *Gazeta de Física*, Vol. 34, Fasc. 3 & 4, 52-57 (2011), acessível na própria Gazeta ou em <http://gazetadefisica.spf.pt/magazine/108/pdf>



**Guilherme de Almeida** foi professor de Física e Química (até 2010) em cinco escolas secundárias e no Colégio Militar. Ensinou alunos de todos os níveis (8.º ao 12.º ano), principalmente 12.º ano. É autor de sete livros, entre os quais Sistema Internacional de Unidades (SI), Roteiro do Céu, Telescópios, Galileu Galilei e O Céu nas Pontas dos Dedos, além de mais de 90 artigos. Interessa-se pela divulgação das observações astronómicas e da Física.

[www.platanoeditora.pt/?q=N/AUTHORSHOW/92&maid=292](http://www.platanoeditora.pt/?q=N/AUTHORSHOW/92&maid=292)

# Peter Galison:

## o homem de inumeráveis subculturas

Manuel Baroso Xavier

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

mbxavier89@gmail.com

Peter Galison (n. 1955, Nova Iorque) é um dos historiadores da ciência mais reconhecidos e mediáticos da atualidade. Doutorado em física das altas energias e história da física pela Universidade de Harvard, e agora detentor da prestigiosa cátedra Joseph Pellegrino na mesma instituição, Galison é um *scholar* prolífico que trabalha sobretudo a história da física moderna e contemporânea. Apresenta-se aqui um curto perfil historiográfico deste autor que, para além de valer por si só, mostrará eventualmente como uma reflexão histórica sobre o passado recente da ciência – da física em particular – pode contribuir para um enriquecimento da visão do cientista, tanto na área da produção científica como no campo educativo.

### Introdução



Fig. 1 - Peter Galison, Harvard

A versatilidade de Galison como historiador e académico é notável. Se o trabalho científico de homens como Leonhard Euler ou Henri Poincaré é por vezes comparado à lida da abelha que poliniza de flor em flor, Galison surgirá como o exemplo homólogo na história da ciência e nos estudos sobre ciência em geral. Não obstante, é certo que Galison, um doutorado em física e história da física, tem focado as suas investigações sobre o passado recente desta disciplina. Em especial, a sua atenção dada à materialidade da ciência tem revelado novas subtilezas sobre o processo de construção e descoberta científicas, surgindo em oposição a relatos históricos mais típicos (e por vezes mais pobres) que relatam a marcha quasi-etérea do progresso científico de teoria em teoria, de génio em génio. Acredito que as relações trazidas à luz pelo seu trabalho possam enriquecer a visão que o cientista tem da ciência, da interface da ciência com outras áreas, enfim, a visão que o cientista tem do mundo. Não

sendo este o ponto central do artigo, argumentaria que o trabalho de Galison é um caso típico que evidencia como a história da ciência pode ajudar o cientista nas várias facetas do seu trabalho, da produção à educação científicas, através de um refinamento e enriquecimento da sua cultura física.

sendo este o ponto central do artigo, argumentaria que o trabalho de Galison é um caso típico que evidencia como a história da ciência pode ajudar o cientista nas várias facetas do seu trabalho, da produção à educação científicas, através de um refinamento e enriquecimento da sua cultura física.

### Três subculturas da física

Grande parte do trabalho de Galison pretende sobretudo esclarecer a complexidade da interface entre aquilo que o autor tem vindo a denominar como três subculturas da física: a experimental, a material e a teórica. No início da sua carreira, na década de 70 do século XX, a vertente teórica detinha ainda a primazia nos relatos dos historiadores e filósofos da ciência – a história da ciência continuava a ser maioritariamente uma “história de ideias”. Por essa altura, um grupo de outros historiadores, filósofos e sociólogos reagiu à metodologia vigente, pautada pela velha dicotomia experiência/teoria. A história da ciência seria enriquecida por uma nova corrente historiográfica que procuraria na tradição e cultura dos laboratórios e instrumentos novas pistas para compreender o processo de construção científica. Galison, com o seu trabalho inovador, foi precisamente um dos historiadores que mais contribuíram para uma compreensão sofisticada da cultura material e experimental da física do século XX.

O primeiro grande trabalho de Galison enceta uma trilogia (ainda incompleta) de livros, cada qual dedicado a uma das três subculturas acima mencionadas. Movido por uma questão singular, a saber – quando é que uma comunidade de cientistas dá uma experiência como fiável e concluída? – escreveu *How Experiments End* (1987) [1], um livro que se debruça sobre a subcultura experimental da física contemporânea. Durante os seus estudos doutorais (um híbrido entre física das altas energias e história da física), no início da década de 80, Galison beneficiou de inúmeras discussões com académicos de nomes tão sonantes

como os físicos e historiadores Gerald Holton e Silvan Schweber, o filósofo e historiador Thomas Kuhn, ou o físico Steven Weinberg, entre outros. Nesta obra, o autor relata-nos algumas das questões que resultaram destas conversas e das suas investigações: como é que um experimentalista apropria parte de uma teoria para creditar e reforçar um efeito físico observado?; como pode ele confiar numa determinada peça de um aparelho?; como é que a transição do pequeno laboratório para as experiências *big science* (por exemplo, nos aceleradores de partículas) afetou a construção de argumentos científicos durante o século XX?; como é que, enfim, se sintetizam dados, finalizam experiências, e se comunicam descobertas científicas à comunidade?

*How Experiments End* não é, portanto, uma “panorâmica da física de partículas nem uma coleção de resultados de ‘grandes experiências’ sumarizadas para ensinar física” mas sim um livro para historiadores, filósofos, sociólogos e físicos “interessados em saber como os argumentos emergem do laboratório moderno de física” [2]. Para elucidar este processo de argumentação científica, Galison procede a uma análise altamente contextualizada e microscópica de três estudos de caso: a determinação da razão giro-magnética (ou fator  $g$ ) do eletrão entre 1915 e 1925; a descoberta do muão por volta de 1937, depois de uma década de observações de raios cósmicos; e a descoberta das correntes fracas neutras em 1973, creditada a um grupo de experimentalistas da câmara de bolhas *Gargamelle* do CERN. É fascinante notar, por exemplo, como a hipótese da energia do ponto zero de Albert Einstein foi decerto inspirada pelo seu manuseamento de patentes de giroscópios na repartição de Berna, aquando da conceptualização, interpretação e medição da constante  $g$  do eletrão; ou como dois laboratórios com tradições muito diferentes – o Fermilab e o CERN – puderam, durante algum tempo, pugnar por resultados completamente opostos em relação à existência de correntes neutras.

Note-se que a narrativa de Galison não é a de uma história da “teoria vencedora” ou do “facto científico vencedor”, mas a de uma história de teorias e factos construídos num contexto sociocultural (leia-se: o laboratório de física) que competem pela aceitação científica. Em vista disso, Galison não só está interessado, com a sua inegável competência técnica, em esclarecer as dinâmicas científicas dos estudos de caso supracitados, mas também em esclarecer as dinâmicas sociológicas presentes, que são, aliás, inerentes a qualquer processo de argumentação (incluindo, naturalmente, a científica). Por fim, e parafraseando o próprio [3], uma comunidade de físicos decide dar a sua experiência como terminada ao render um veredito sobre instrumentos, experiências, teorias e modelos. Todos estes elementos díspares se interligam num reforço mútuo, apontan-

do para a existência de uma nova partícula ou de um novo efeito físico.

Poder-se-á dizer que a assinatura de Galison como historiador consiste numa atenção constante às relações entre o que há de mais abstrato e teórico na ciência e o que há de mais concreto e material. O fascínio pela materialidade científica brotou cedo, conta-nos [4], quando em pequeno acompanhou entusiasticamente o trabalho do bisavô, engenheiro eletrotécnico, no seu laboratório assaz “frankensteiniano”. As suas investidas pela história da ciência foram revelando esta admiração pelo instrumento e pela máquina, sendo o seu segundo livro – *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics* (1997) [5] – o culminar de anos de trabalho nesse sentido.



Fig. 2

*Image and Logic*, tal como indica o subtítulo, é uma obra que explora a subcultura material da (micro)física do século XX. Mais uma vez, Galison não pretende contar a história das grandes descobertas experimentais, nem tão pouco relatar a longa marcha das teorias de matéria do século passado. “Este é um livro sobre as máquinas da física”, diz-nos o prefácio [6]. Contudo, entenda-se: este livro não conta uma história típica da tecnologia; ele encerra, quanto muito, um relato altamente microscópico e contextualizado sobre a “cultura” da física tecnológica. Como nos diz algures [7], Galison está interessado em perceber que tipo de “filosofia” trazem consigo as máquinas utilizadas nas experiências da microfísica. Na encruzilhada entre teoria, experiência e instrumento não existe por vezes uma hierarquia bem definida; como é que, afinal, as máquinas, os aparelhos, os dispositivos que compõem o laboratório físico do século XX em permanente mutação, influenciaram a construção da teoria científica, a creditação da experiência física, ou até a própria imagem que o físico tem de si mesmo?

O tropo do título indicia aquilo que o autor identifica como duas tradições distintas: a tradição imagética, onde são utilizados aparelhos produtores de imagens na construção de um argumento visual, e a tradição da lógica, onde são utilizados aparelhos geradores de informação quantitativa e de argumentos estatísticos. Na primeira categoria estão incluídos aparelhos como câmaras de nuvens ou câmaras de bolhas, e na segunda contadores de Geiger ou câmaras de faíscas que registam uma contagem por passagem de partícula. Na opinião de Galison, existe uma diferença epistémica muito clara entre as duas. A primeira tradição tende, por exemplo, a atribuir muito mais importância à caça de *golden events*, enquanto a segunda procura destacar determinado efeito físico num fundo de ruído, através da análise estatística de dados. Existe uma tensão inerente entre estas duas tradições, já que, por terem mundividências distintas, apresentam um ceticismo mútuo. Por outro lado, visto que é

necessária a sua convivência, ambas procuram igualmente um patamar de compreensão comum [8].

Não será demais reiterar a importância do subtítulo deste livro. Uma das principais características da reação historiográfica da década de 70, mencionada no início desta seção, é a evolução da ideia de “ciência na cultura” para a ideia mais sofisticada de “ciência *como* cultura” [9]. Repare-se que não é inocentemente que Galison faz uso do jargão antropológico/sociológico, recorrendo aos termos “cultura”, “subcultura”, “tradição”, etc [10]. Efetivamente, este livro também visa chegar às pessoas e instituições presentes na prática laboratorial da microfísica. Como interagem as comunidades envolvidas? Como comunicam e trocam informação? Segundo o autor, físicos teóricos, experimentalistas, técnicos, engenheiros e informáticos “conversam” através da maturação de uma “interlinguagem” que pode começar por ser o *pidgin* ou chegar até ao crioulo totalmente desenvolvido [11]. Esta comunicação tem lugar num espaço cultural batizado de *trading zone*, onde certo tipo de informação pode ser basicamente negociada. Segundo Galison, é este tipo de “coordenação local” o que explica a força da ciência, e não a hegemonia de uma qualquer disciplina/tradição/metodologia em relação a outra (por exemplo, a experiência sobre a teoria, a física teórica sobre a engenharia, etc.).

Em construção encontra-se o volume final que encerrará a trilogia. Em *Building, Crashing, Thinking*, Galison acompanhará o desenvolvimento da física teórica pelo século XX, “à medida que ela é constituída – e reconstituída – entre o computador, a matemática, a física da matéria condensada e a cosmologia.” [12] Para além disso, o historiador tem escrito artigos de interesse sobre teoria, como por exemplo “Theory Bound and Unbound: Superstrings and Experiment” (1995) [13], ou “Mirror symmetry: persons, values, and objects” (2004) [14], onde explora as mutações e relações da cultura teórica entre a matemática, a física e a senda pelas teorias unificadoras.

Ainda no cruzamento com a teoria, Galison começou, no início deste século, a debruçar-se sobre esse personagem icónico da física: Albert Einstein. O seu terceiro livro, certamente o mais mediático, – *Einstein’s Clocks, Poincaré’s Maps: Empires of Time* (2003) [15] – é um estudo original que, em particular, muito contribuiu para uma compreensão mais profunda da génese da teoria da relatividade e, de uma perspectiva historiográfica, demonstrou indelevelmente como até a construção teórica se interliga de forma inexorável com o contexto sociocultural em que se insere. Discutamos, por isso, o que jaz de original e subtil nesta obra de Galison.

### **O berço da relatividade: um caso paradigmático da historiografia galisoniana**

A imagem que o mundo contemporâneo partilha de Einstein – a de um personagem solitário e distraído, alienado das questões práticas do mundo, convicto de que a ocupação ideal para o físico seria a do faroleiro quási-asceta, o pensador de ideias puras [16] – é fundamentalmente inspirada em alguns traços idiossincráticos exibidos durante os seus últimos anos de vida. Esta típica imagem do físico teórico

é muitas vezes projetada em retrospectiva no jovem Einstein. Dessa perspectiva, o seu trabalho como perito técnico na repartição de patentes de Berna, no início do século XX, é interpretado como uma mera necessidade, um emprego diário de importância secundária, e decerto ortogonal às investigações cerebrais que Einstein levava ferverosamente a cabo na solidão das horas vagas.

Ora, esta imagem do personagem Einstein muito intrigou Galison. Revelando as suas habituais preocupações com uma compreensão aturada do processo de construção científica no seu contexto histórico (social, cultural etc.), Galison perguntou-se como se poderia enquadrar o trabalho de Einstein – em especial os resultados do “ano milagroso” de 1905 – no momento histórico que se vivia. Efetivamente, o período de transição do século XIX para o XX foi marcado por transformações sócio-tecnológicas muito especiais. Foi a era da massificação das ferrovias, da implantação de linhas telegráficas continentais e transatlânticas, do fabrico de mapas detalhados do velho e novo mundos, enfim, do tecer de uma rede geotemporal sobre o planeta – a conquista tecnológica do mundo. Como o subtítulo de *Einstein’s Clocks* faz entrever, este novo império global era também um “império do tempo”. Preocupações muito técnicas e concretas urgiam sobre medições temporais: como se poderia, através da troca de sinais telegráficos, coordenar a circulação ferroviária para, por exemplo, evitar choques frontais de comboios ou medir a longitude de um lugar para fins cartográficos? As medições de tempo envolvidas dependiam da existência de relógios sincronizados muito precisos.

Efetivamente, Galison apercebeu-se da existência de uma enorme indústria à volta da construção de relógios sincronizados no final do século XIX, e de que, sem dúvida, as patentes destes dispositivos teriam passado pelas mãos de um jovem, diligente e entusiasta empregado da repartição de patentes de Berna, de nome Albert Einstein. Neste contexto, os exemplos que Einstein apresenta no seu famoso artigo “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” não se mostram tão peculiares quanto se possa pensar. Quando, procurando explicar o que se deve entender por simultaneidade, Einstein menciona a hora de chegada de um comboio à estação ou o processo de sincronização de relógios através da troca de um sinal luminoso, não está somente a propor experiências de pensamento abstratas ou metafóricas, está também a refletir sobre problemas colocados por cenários tecnológicos muito concretos, e com os quais estava familiarizado [17]. Einstein era, enfim, não mais do que um homem da sua época, de uma época em que preocupações filosóficas, científicas e tecnológicas se intersetavam na investigação dos conceitos de tempo, espaço e simultaneidade. Foi este o berço da teoria da relatividade.

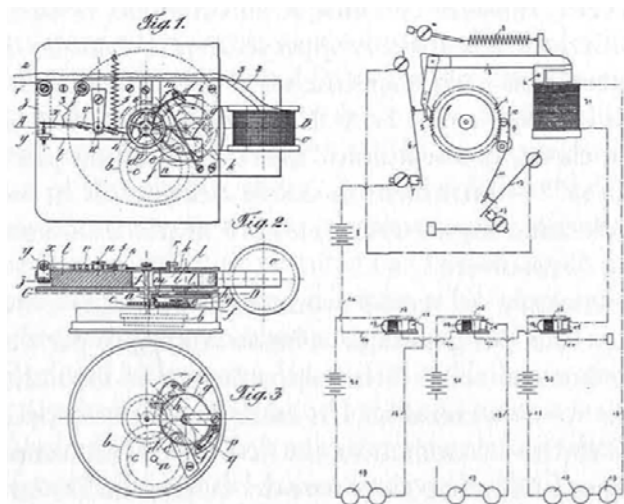


Fig. 3 - Patenteando o tempo coordenado. Mostram-se duas patentes (uma à esquerda e outra à direita) de máquinas cuja função era a transmissão e o reacerto elétricos do tempo para relógios à distância. Patentes desse gênero não devem ter escapado ao olhar crítico e atento de Einstein.

Depois de uma primeira fase de investigação, Galison procurou saber quem mais poderia estar interessado nas questões do tempo, da simultaneidade e da sincronização de relógios. Rapidamente encontrou o segundo personagem para a sua história: Henri Poincaré. Analogamente à imagem que temos de Einstein, a ideia largamente divulgada de um Poincaré filósofo-matemático não faz justiça às suas outras facetas. Poincaré havia completado a sua formação em engenharia, e durante a sua vida utilizou os seus conhecimentos ao serviço do Estado francês. Mesmo o seu trabalho em áreas mais abstratas, como a matemática e a filosofia, apresentava uma orientação muito pragmática (esse era na verdade o *ethos* da Polytechnique de Paris). Em particular, Galison relembra-nos que Poincaré foi eleito presidente do Bureau des Longitudes em 1889, liderando uma França na competição pela construção de uma rede horária sobre o globo (veja-se por exemplo a sua expedição geodésica a Quito). Poincaré encontrava-se, assim, no centro dos desafios tecnológicos da época. Neste mundo eletrotécnico, até o seu bem conhecido “convencionalismo” filosófico se encaixava perfeitamente: o tempo era uma convenção escolhida por qualquer coordenador de vias-férreas ou qualquer cartógrafo, calculado através da troca de sinais por telégrafo, tendo em conta atrasos do sinal.

Resumindo, Einstein e Poincaré eram, até certo ponto, dois homens com perfis bastante semelhantes: ambos lidaram com a tecnologia da sincronização de relógios, ambos abordaram o problema físico da eletrodinâmica dos corpos em movimento, e ambos, por consequência ou paralelamente, sentiram a necessidade de criticar os conceitos clássicos de tempo e simultaneidade absolutos. Contudo, eram também homens de gerações diferentes. Apesar de Poincaré nunca ter sido propriamente um conservador, preservou sempre o conceito de éter nas suas

reinterpretações da teoria de Hendrik Lorentz. Por sua vez, um Einstein jovem, *outsider* à academia, sem nada a perder, intuiu que esse conceito podia ser descartado, o que permitiu o desenvolvimento da sua teoria da relatividade.

Em todo o caso, a oposição Einstein-Poincaré desempenha um papel secundário neste livro. Evitando assim o que se poderia tornar apenas mais um relato positivista e unidimensional da história da física, o autor mostra-nos como um relato contextualista e micro-histórico – neste caso centrado em dois cientistas preponderantes no seu tempo – pode trazer à luz relações nunca antes compreendidas [18]. Recuperando uma metáfora central que Galison usa ao longo do livro, o tipo de trabalho científico de Einstein e Poincaré evidencia uma espécie de fenómeno de “opalescência crítica” onde os domínios isolados da física, tecnologia ou filosofia não são suficientes para descrever os acontecimentos históricos, da mesma forma que, ao atingir-se o ponto crítico da água, as flutuações infinitas não permitem a existência de uma fase ou escala bem definidas que caracterizem o seu estado. Nas palavras de Galison, estes momentos únicos “apontam para uma ciência em alturas e lugares onde começamos a pensar com e através de máquinas a escalas radicalmente diferentes – onde somos sacudidos tão intensamente para trás e para a frente entre o abstrato e o concreto, que ambos se iluminam de formas fundamentalmente novas, impossíveis de capturar por simples modelos de evaporação ou condensação. Quando vemos tal opalescência, devemos debruçar-nos profundamente sobre ela, pois estamos perante momentos transformadores das nossas culturas.” [19]

### O homem de inumeráveis subculturas

A conclusão que podemos retirar após este breve sobrevoo em jeito de recensão é que Galison é um investigador preocupado sobretudo com o que acontece nas fronteiras entre os vários domínios do conhecimento, e não tanto com o que se encontra em cada domínio isoladamente. Poderíamos dizer que Galison não está propriamente interessado em estudar a física pela física ou a tecnologia pela tecnologia, mas sim interessado em esclarecer como as várias disciplinas e (sub)culturas envolvidas interagem e, possivelmente, formam novos tipos de conhecimento. Em especial, o relato construído em *Einstein's Clocks* representa, de certa forma, o epítome da sua abordagem historiográfica, numa altura extrema da história da física em que fronteiras e domínios não se distinguem.

Igualmente interessante será reparar como esta preocupação com as interfaces do conhecimento espelha a maneira de ser do próprio personagem Peter Galison. Efetivamente, tendo a ciência como ponto de partida e centro de gravidade, o historiador tem-se dedicado a explorar as interfaces desta com a arte, a cultura, a filosofia e a política. Muito do seu trabalho parece quase extravasar o seu domínio profissional (a história da física), se bem que dele nunca se afaste totalmente. Se me for permitida a metáfora, Galison é um homem de inumeráveis subculturas que se entrelaçam e ligam em uno. Até certo ponto, estas subculturas não são independentes, já que se moldam mutuamente e muitas

vezes interagem em sinergia. É por isso que considero sobejamente relevante que figurem neste ensaio algumas considerações sobre outras vertentes de Galison, seja a do amante de arte, seja a do realizador, ou outras.

Um dos seus trabalhos que mais se desvia da tónica habitual da história da física contemporânea é o seu mais recente e unanimemente aclamado livro *Objectivity* (2007) [20], uma coautoria com a historiadora da ciência Lorraine Daston [21]. *Objectivity* não é um livro sobre história da física, nem sequer um livro típico de história da ciência. Resumidamente, Galison e Daston tentam perceber como é que a representação visual de objetos tem vindo a moldar o conceito de objetividade científica nos últimos séculos. Para isso, centram a sua atenção em atlas imagéticos científicos, estudando a sua evolução até aos nossos dias. Afinal de contas, o que tem vindo a contar como uma representação visual fidedigna e virtuosa? – em que consistia ser-se “objetivo” no estudo da anatomia no século XVIII?; como é que o aparecimento da fotografia alterou a forma como os então recentemente batizados “cientistas” viam a natureza “objetivamente”? [22]; ou como é que os astrónomos do século XX se treinaram para retirarem conclusões “objetivas” a partir do espectro luminoso de uma estrela? Num esforço conjunto extremamente ambicioso e proveitoso, os dois autores mostram como até o conceito de objetividade pode ser historicizado. É, sem dúvida, uma leitura importante a ter em conta.

Galison revela igualmente muito interesse pela interface entre arte, arquitetura e ciência. Neste domínio sobressaem dois volumes por si co-coordenados: *Picturing Science, Producing Art* (1998) [23] com a sua mulher, a historiadora de arte Caroline Jones, e *The Architecture of Science* (1999) [24] com Emily Thompson. *Picturing Science* é um volume composto por artigos de sociólogos, historiadores da ciência e da arte, que explora o lado mais ténue do limite que distingue ciência de arte. Por sua vez, o argumento central que os artigos de *The Architecture of Science* partilham consiste na afirmação de que a ciência e a arquitetura se podem moldar mutuamente – como é que determinados espaços moldam a prática da ciência e o cientista?; reciprocamente, como é que as ciências estruturam a identidade da arquitetura e a prática desta num determinado período?; e até que ponto a arquitetura de determinados espaços, como laboratórios, hospitais ou museus, afeta a forma como o público apreende e interage com a ciência? Estas são algumas das questões gerais abordadas pelos autores.

Galison é ainda um *scholar* preocupado com o cenário político e diplomático, em especial no que toca ao binómio ciência-guerra. Um artigo muito revelador é o intitulado “Feynman’s War: Modelling Weapons, Modelling Nature” (1999) [25], onde se defende que a abordagem de Richard Feynman à física teórica foi substancialmente influenciada pelo período em que este trabalhou em Los Alamos, em particular no que toca ao espírito assaz “engenheiral” dos seus famosos diagramas. Outros artigos de interesse na interface ciência-guerra são “In Any Light: Scientists and the decision to build the Superbomb, 1952-1954” (1989) [26] e “The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision” (1994) [27].

A curiosidade natural que Galison nutre pela influência da guerra sobre a ciência, em especial no que toca à Segunda Guerra Mundial, levou-o a explorar intensamente os arquivos de Los Alamos. Destas investigações, conjuntamente com uma paixão pela realização, nasceram dois documentários [28]. *The Ultimate Weapon: The H Bomb Dilemma*, co-realizado com Pamela Hogan, é um documentário que procura explorar os dilemas provenientes do fabrico da bomba de hidrogénio no pós-guerra. Estreado em 2000 no Canal História, tem sido amplamente procurado pela sua função pedagógica. Mais recentemente, em 2008, Galison e o cineasta Robb Moss [29] estrearam o galardadoo *Secrecy*, no prestigioso *Sundance Film Festival* nos Estados Unidos [30]. Ao vasculhar os arquivos de Los Alamos, Galison foi-se apercebendo das razões pelas quais a confidencialidade se tornou a megamáquina burocrática e bem oleada que é hoje. O documentário coloca constantemente o dilema do sigilo: se ele é necessário, por exemplo, na salvaguarda da privacidade dos cidadãos ou na proteção contra o terrorismo, em exagero pode pôr em causa os pilares mais fundacionais da democracia. Galison não deixa de impressionar com o seu estilo cuidado e profissional e com a sua apresentação inteligente e equilibrada dos factos.



Fig. 4

## Conclusão

É, enfim, difícil ser-se indiferente ao escopo e alcance das investigações de Galison. Há ensinamentos importantes que daí se podem retirar, úteis a qualquer cientista, amante de ciência, da história da ciência ou da história do conhecimento em geral. O trabalho de Galison evidencia como é por demais relevante ter-se em atenção processos de mudança e interação em ciência, de forma a evitar as velhas categorias estanques do conhecimento. Em especial, é de destacar a defesa que o historiador monta a favor da importância dos instrumentos na construção da mundividência científica, rejeitando assim o seu habitual estatuto menor. Finalizando em jeito de conclusão aforística, recupero aqui uma frase que Norton Wise escreveu na sua revisão de *Einstein’s Clocks* [31]: se há coisa que Galison nos ensinou

foi que, para pensar, são necessárias ferramentas pelas quais pensar. Esta parece ser uma consideração importante a ter em conta, especialmente na sociedade atual – a herdeira inquestionável do *ethos* tecnocientífico.

## Agradecimento

Agradeço à professora Ana Simões o incentivo e as sugestões prestadas.

### Referências

1. Peter Galison, *How Experiments End*, The University of Chicago Press, Chicago (1987).
2. *Ibid.*, p. ix, prefácio (todas as traduções do inglês serão realizadas livremente por mim).
3. *Ibid.*, p. 131.
4. Entrevista dada à edge.org em 2003, (<http://www.edge.org/conversation/einstein-and-poincare>).
5. Peter Galison, *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*, The University of Chicago Press, Chicago (1997).
6. *Ibid.*, p. xvii, prefácio.
7. Entrevista dada à edge.org em 2003.
8. Daqui se depreende, aliás como Galison faz notar amiúde, que estas tradições não denotam um conjunto de práticas estanques ou transtemporais, mas antes domínios com fronteiras muito plásticas.
9. O exemplo extremo desta nova abordagem são os estudos etnográficos de Bruno Latour, Steve Woolgar e outros. Ver por exemplo *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts* (1979), uma abordagem antropológica à cultura do cientista, baseada em trabalho de campo no laboratório de Roger Guillemin no Salk Institute.
10. A escolha do artigo indefinido “A” no subtítulo em vez do definido “The” também é reveladora, já que define cultura como uma possível entre várias em mudança. Ver nota 8.
11. O *pidgin* é uma língua primitiva desenvolvida aquando do contato entre duas culturas com línguas diferentes. O crioulo é a língua (estável e estruturada) que se segue, quando uma nova geração de nativos apropria e adapta o *pidgin* como sua língua materna.
12. *Image and Logic*, p. xx.
13. Peter Galison, “Theory Bound and Unbound: Superstrings and Experiment”, em *Functions and Uses of Disciplinary Histories*, de Loren Graham, Wolf Lepenies, e Peter Weingart (coord.), Kluwer (1983), pp. 35-51.
14. Peter Galison, “Mirror symmetry: persons, values, and objects”, em *Growing Theories: historical perspectives on recent science*, de M. Norton Wise (coord.), Duke University Press (2004).
15. Peter Galison, *Einstein’s Clocks, Poincaré’s Maps: Empires of Time*, W. W. Norton & Company, Nova Iorque Londres (2003). Edição portuguesa: *Os Relógios de Einstein e os Mapas de Poincaré: Impérios do Tempo*, traduzido por Nuno Garrido de Figueiredo, Gradiva, Lisboa (2005).

16. Ver, por exemplo, o discurso que Einstein deu em 1933 no Royal Albert Hall de Londres, durante um comício organizado para auxiliar refugiados e intelectuais desabrigados.
17. Este artigo de Einstein é também famoso por ter uma forma e estrutura atípicas para um artigo de física (inexistência de referências bibliográficas; linguagem simples e pouco técnica; ausência de aparato matemático denso). Com perspicácia, Galison nota como o artigo se assemelha mais a um relatório de patentes, tarefa habitual que pertencia ao quotidiano profissional de Einstein.
18. Este facto pode passar despercebido ao leitor mais distraído. Efetivamente, se é verdade que *Einstein’s Clocks* é globalmente elogiado pelo mundo académico, o mesmo não se pode dizer no que toca à esfera pública (consulte-se, por exemplo, a [amazon.com](http://amazon.com), onde em 25 críticas o livro tem a dececionante classificação de 3 estrelas em 5). De facto, este trabalho de Galison é importante exatamente por conseguir revelar novas dinâmicas sobre um período da história da física aparentemente esgotado. À parte a justeza de algumas críticas mais negativas, talvez a tese central do livro seja suscetível de passar despercebida ao leigo curioso que esperava encontrar em *Einstein’s Clocks* um livro típico de história da relatividade, ou mesmo um livro de divulgação.
19. Entrevista dada à edge.org em 2003.
20. Lorraine Daston, Peter Galison, *Objectivity*, Zone Books (2007).
21. O trabalho de Daston foca-se sobretudo sobre a filosofia natural (ciência natural) seiscentista e setecentista.
22. O termo “cientista” foi cunhado pelo polímato inglês William Whewell por volta de 1834.
23. Caroline A. Jones, Peter Galison (coord.), *Picturing Science, Producing Art*, Routledge, Nova Iorque (1998).
24. Peter Galison, Emily Thomson (coord.), *The Architecture of Science*, MIT Press (1999).
25. Peter Galison, “Feynman’s War: Modelling Weapons, Modelling Nature”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, Vol. 29, No. 3 (1994), pp. 391-434.
26. Peter Galison, Barton Bernstein, “In any light: Scientists and the decision to build the superbomb, 1952-1954”, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 19, No. 2, 267-347 (1989).
27. Peter Galison, “The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision”, *Critical Inquiry* 21, No. 1, 228-266 (1994).
28. Um terceiro sobre o drama do lixo nuclear - *Nuclear Underground* - está em fase de produção.
29. Galison e Moss são colegas na Universidade de Harvard e lecionam em conjunto o curso “Filming Science”.
30. Consultar <http://www.secretfilm.com>
31. M. Norton Wise, “Seeking Simultaneity”, *Science*, Vol. 302 (2003).



### Manuel Baroso Xavier (n. 1989)

é licenciado em física pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e mestrando em física na mesma casa. Os seus interesses centram-se na física teórica, na história e filosofia das ciências e nos estudos sobre ciência em geral, sendo o seu percurso académico pautado por um sério esforço em aproximar e estudar a interface entre estas áreas.

# Observatório do Instituto Dom Luiz: um século e meio de história

Josep Batlló<sup>1</sup>, Miguel Brito<sup>1</sup>, Fernando Alberto<sup>1</sup>, Cristina Catita<sup>1</sup>, Susana Custódio<sup>1</sup>,  
Cristina Domingues<sup>1</sup>, Ana Romão<sup>2,3</sup> e Antónia Valente<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa

<sup>2</sup> Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

<sup>3</sup> Museu Nacional de História Natural e da Ciência, Universidade de Lisboa

jobatllo@fc.ul.pt

No dia 24 de Outubro de 2013 passaram 150 anos exatos da inauguração, pelo Rei Dom Luís I, do edifício do Observatório do Instituto Dom Luiz (IDL), a atual torre meteorológica do edifício da Escola Politécnica ainda em uso. Para comemorar este aniversário, o IDL organizou uma pequena exposição com o título “160 anos do IDL: 150 anos do Observatório” que decorreu na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL). A exposição apresentou as linhas de investigação atualmente desenvolvidas no IDL e alguns elementos do seu património instrumental histórico.

O IDL é um Centro de Investigação dedicado às Ciências da Terra e da Atmosfera, acolhido pela Universidade de Lisboa, e só existe com este nome e o estatuto de Laboratório Associado desde 2004. Existe no entanto uma linha contínua

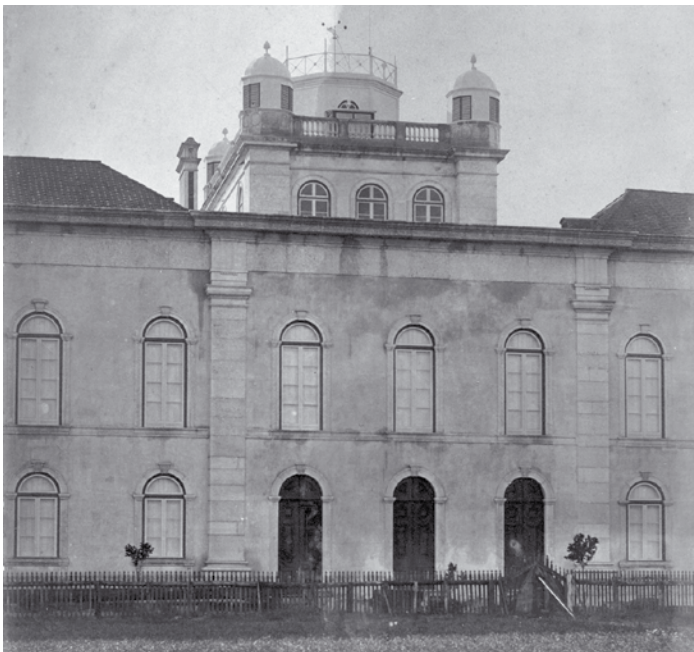


Fig. 1 - Torre meteorológica da Escola Politécnica na segunda metade do séc. XIX. Os que a conhecem na atualidade podem notar que ainda não existia o Jardim Botânico, com suas imensas árvores que não permitem a visão aqui apresentada.

desde o momento da criação do velho *Observatório Meteorológico da Escola Politécnica*, no ano de 1853, até ao presente IDL. Assim, ainda que com nomes diversos no tempo (*Observatório Meteorológico*, *Instituto Geofísico*) o IDL é o herdeiro de uma tradição de investigação sempre dirigida para a análise dos processos físicos da Terra, com um sucesso associado à sua capacidade de adaptação das linhas de investigação ao mudar dos tempos.

Até hoje o Instituto continua a operar a Estação Climática de Lisboa (desde 1853, sendo assim o registo climatológico contínuo mais antigo de Portugal) e incorpora uma série de redes internacionais relacionadas com Meteorologia, a Geofísica e a Geodesia (IRIS, AFREF, Orfeus, EMSC). No país, o IDL tem laços de cooperação forte com o Instituto Português do Mar e da Atmosfera, o Laboratório Nacional de Energia e Geologia e o Instituto Geográfico Português.

Como é natural, a situação presente é, em parte, resultado da história anterior, como descrito em publicações dos seus diretores [1, 2]. Vai ser bom lembrar e conhecer alguns dos momentos desta história.

## Um pouco de história

Se a data da inauguração da torre meteorológica é precisa, o momento exato da criação do *Observatório Meteorológico da Escola Politécnica* não está muito bem definido. É certo que numa reunião do dia 29 de Junho de 1853, o Conselho da Escola Politécnica, sob proposta do professor Guilherme Pegado (1803-1885), lente da cadeira de Física, aprovou construir um “mirante” para observações meteorológicas. Pegado foi o lente de Física do início da Escola e interessou-se já naquela data por observações meteorológicas [3]. A Escola Politécni-



Fig. 2 - Uma das funções do Observatório era a padronização de instrumentos a utilizar na rede meteorológica e nos navios militares e civis. O barómetro “padrão”, instrumento construído no acreditado atelier de Lerebours et Secretan, em Paris, no ano de 1854 foi o instrumento que se utilizou até ao início do século XX para calibrar todos os barómetros da rede meteorológica nacional, das colónias, dos navios e ainda os utilizados nas importantes viagens de exploração colonial de Serpa Pinto, Ivens e Capelo.

ca, fundada no ano de 1837, funcionava então em instalações provisórias porque o edifício fora destruído pelo grande incêndio de 1843. Assim, o primeiro Observatório começou a ser construído em 1853 sobre as ruínas do edifício no canto nordeste que dava para a cerca e, ainda que já tenhamos referências a observações meteorológicas efetuadas por Pegado no ano 1853, o observatório só começou a funcionar regularmente em 1 de Outubro de 1854. Em 1856 o Infante D. Luís tomava a instituição debaixo da sua proteção e o observatório tomava a denominação “do Infante D. Luís”, nome que com diferentes versões perdurou até hoje.

Mas o interesse de Pegado nas observações estava bem para além da sua função como prática de ensino. O seu objetivo era produzir “séries seguidas e ininterrompidas de observações comparáveis”, não só meteorológicas mas também de outras medições de “física terrestre”, nomeadamente de magnetismo terrestre e eletricidade atmosférica. São estas ideias, de vocação de investigação e serviço público, inscritas nas novas concepções de meados do século XIX e ultrapassando as práticas naturalistas de observação meteorológica de cariz individual e local, que fizeram convergir diversos países para o estudo do tempo atmosférico, numa perspetiva dinâmica e de cooperação internacional [4]. É também do ano de 1864 uma primeira tentativa, ainda que sem sucesso, de instalar instrumentos de registo sísmico em Lisboa.

Mas no ano de 1861, o então diretor do Observatório, o Prof. Fradesso da Silveira (1825-1875) expôs as condições precárias das instalações. A Escola Politécnica pediu então a construção de um novo

edifício mais apropriado aos fins do Observatório. D. Luís I (o infante já rei) determinou em 1862 que fossem aplicados seis mil réis da sua dotação para os melhoramentos do Observatório. Foi assim que o novo edifício do Observatório, que ainda é o atual, foi inaugurado com a presença do Senhor D. Luís I em 24 de Outubro de 1863, com toda a solenidade.

Os primeiros anos do novo observatório foram de constantes novidades. Em 1853 Pegado assistiu como representante de Portugal à primeira conferência meteorológica Internacional (a conferência de meteorologia marítima de Bruxelas) e no mesmo ano o observatório foi encarregado da direção das observações marítimas. Há certamente uma ligação direta entre a criação do observatório e a conferência internacional, mas não conhecemos os detalhes do assunto.

Nos anos seguintes, o Observatório responsabilizou-se pela organização da rede meteorológica portuguesa, não só no continente, mas também nos arquipélagos e nas colónias.

Com a instalação do telégrafo, no ano de 1857, o Observatório Meteorológico do Infante Dom Luís começou a enviar os seus dados, e os de outras estações portuguesas, para o observatório de Paris, onde eram utilizados para elaborar o *Bulletin internationale* e as primeiras previsões meteorológicas europeias. No ano de 1865 o Observatório começou a elaborar as suas previsões para Portugal, e em 1882 publicou os primeiros mapas da situação meteorológica para Portugal continental. Finalmente, em 1910 iniciaram-se as observações sísmicas.

E foi assim que o Observatório se tornou num dos centros científicos portugueses da época com maior projeção inter-

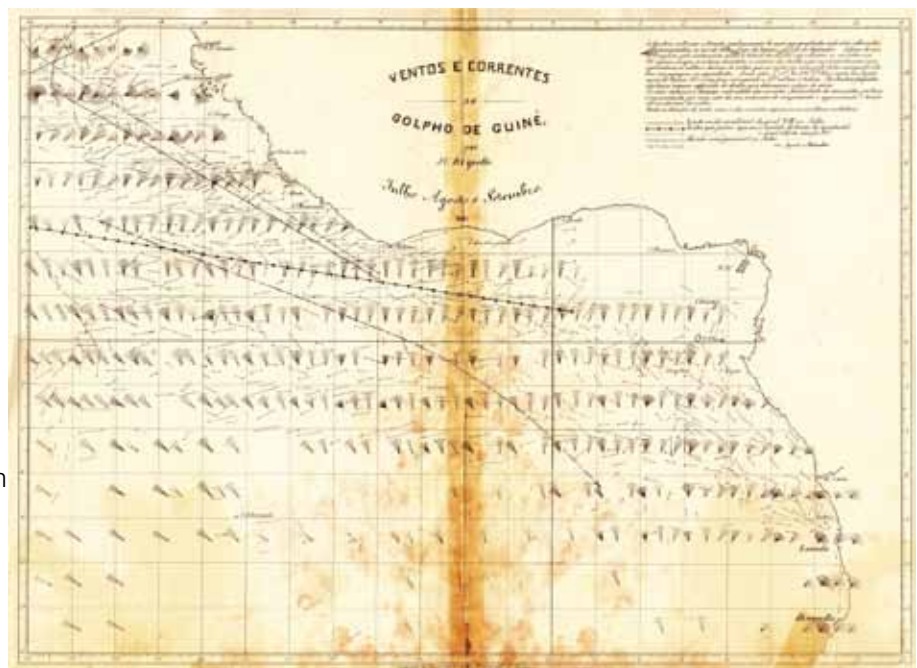


Fig. 3 - Folha das *Cartas dos ventos e correntes do golfo da Guiné* (Lisboa, Imprensa Nacional, 1861) publicada por João Carlos de Brito Capelo, depois diretor do Observatório. Antes, como agora, é importante conhecer a distribuição da direção e intensidade dos ventos. Se o nosso interesse agora está vocacionado para a utilização dos ventos para o aproveitamento de energia eólica para produção de eletricidade, na época o pretexto era a navegação. As cartas dos ventos do Golfo da Guiné foram na época uma contribuição de valor internacional.

nacional. Os seus diretores representaram Portugal nas diferentes reuniões da Organização Meteorológica Internacional no século XIX e, além da publicação regular dos *Annaes do Observatório* que eram trocados com as publicações de muitos outros institutos do mundo, publicaram-se trabalhos específicos de investigação nos conhecidos *Proceedings of the Royal Society* e outros jornais internacionais. O Observatório reunia ainda a característica quase única no continente de centro de docência, de investigação, e de serviço público.

Com a viragem do século a situação tornar-se-ia contudo mais desfavorável. O período desde o final da monarquia até à instauração do Estado Novo caracteriza-se, nas ciências geofísicas, por uma dispersão dos serviços (no início da década de trinta é possível identificar até sete serviços meteorológicos do estado a depender de diversos ministérios) e uma atomização e degradação das estações sísmicas do país. Também o nível do ensino de meteorologia e física da terra sofreu nessa época. É um período escuro e confuso para a geofísica em Portugal.

Se este era o panorama geral para todas as instituições do país, nomeadamente os observatórios meteorológicos da Universidade de Coimbra e do Porto, para o observatório do Infante D. Luís a primeira década do século XX foi um ponto de viragem. Por um lado, o centro de interesse da meteorologia portuguesa deslocou-se para o Atlântico, onde foi criado em 1901 o serviço meteorológico independente dos Açores. Por outro lado, interesses internos e externos confluíram para separar o Observatório da Escola Politécnica e fazer da instituição um serviço meteorológico ligado à Armada e com uma estrutura e funções muito mais perto dos modelos europeus da época. O Observatório manteve-se na Escola Politécnica com o seu perfil de investigação e ensino, mas perdeu a sua posição central na geofísica portuguesa, mantendo dentro de limites aceitáveis a prática de investigação e de publicação científica.

Com a reestruturação do ensino superior em Portugal, no ano 1911, a Escola Politécnica foi transformada na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e o Observatório do Infante D. Luís passou a ser um estabelecimento anexo à Faculdade, dependente da Reitoria da Universidade. Em

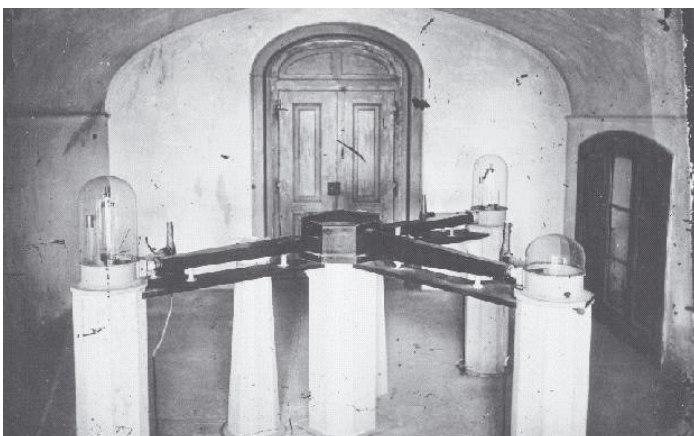


Fig. 4 - Registador do campo geomagnético, modelo ADIE. Estava instalado no rés-do-chão da torre meteorológica, na Escola Politécnica, e registou dados até 1908, quando a contaminação introduzida no registo pelos eléctricos da cidade impossibilitou a sua continuação (de [5], I. M. Peres).

1926 o Observatório passou a ter a designação de Observatório Central Meteorológico do Infante D. Luiz, sendo responsável pelo serviço nacional de climatologia. Mas, na prática, as consequências foram quase nulas.

A nomeação do prof. Herculano Amorim Ferreira (1895-1974) como diretor do observatório em 1937 foi um rebuliço interno e externo. Em poucos anos foram restabelecidos e ampliados todos os serviços do Observatório, como é o caso do forte desenvolvimento das observações de radiação solar, e a sua participação nas reuniões que conduziram a criação do Serviço Meteorológico Nacional (SMN) no ano de 1946 foi decisiva. Não é por acaso que Amorim Ferreira foi nomeado diretor do novo serviço.

No ano de 1946, e na continuação da reestruturação das ciências geofísicas ao nível nacional, o Observatório muda de novo a sua denominação, desta feita para *Instituto Geofísico do Infante D. Luís* (IGIDL), transfere muitas das suas responsabilidades no campo da observação e registo ao SMN, e responsabiliza-se pela inaugurada licenciatura de Meteorologia e Geofísica. O IGIDL organiza ainda inúmeros estágios de formação para o pessoal do SMN. A mudança é a concretização do sonho de Amorim Ferreira de instituir a profissão de meteorologista e geofísico e uma viragem decisiva para o ensino e investigação nestas áreas, que passa a ser desenvolvida com bases físico-matemáticas sólidas.

Nos anos cinquenta há novos desenvolvimentos na área da sismologia, com a atualização da instrumentação e novas linhas de estudo. Em 1972 instituem-se novas cadeiras nas áreas de Dinâmica da Atmosfera, Prospeção Geofísica, Oceanografia e Hidrologia. Já em 1976, e a par com as remodelações ocorridas noutras áreas científicas, foi criado o Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa (CGUL) onde a crescente comunidade investigadora



Fig. 5 - Sismógrafo submarino (*Ocean Bottom Seismograph - OBS*) desenhado e construído no IDL e utilizado em investigações no Golfo de Cádiz. Este modelo de instrumento foi utilizado nas campanhas BBMOMAR e ESPOR para o estudo da sismicidade no contacto das placas africana e europeia.

do IGIDL encontrou novas vias para o seu desenvolvimento. Como já foi dito, é no ano de 2004 que o IDL adquiriu o estatuto de Laboratório Associado da FCT, incorporando o CGUL e o LATTEX (Laboratório de Tectonofísica e Tectónica Experimental) no novo Instituto.

Através de todas estas mudanças e re-designações, o IDL manteve sempre um perfil muito diferenciado dentro da FCUL e uma grande projeção no exterior. Nos últimos anos o IDL tem vindo progressivamente a evoluir para um grupo de investigação mais abrangente, do Sistema Terra, com a incorporação de linhas de investigação nas energias renováveis e noutras áreas da geologia.

## Epílogo

Atualmente o IDL está integrado na estrutura da Universidade de Lisboa, mas os seus investigadores estão afiliados em seis universidades portuguesas. Na Universidade de Lisboa, o IDL contribui para o ensino pré e pós-graduado em Meteorologia, Geofísica, Oceanografia Física, Engenharia Geográfica, Engenharia da Energia e Ambiente e Geologia.

Passados 160 anos temos que prestar justiça à visão rasgada dos nossos antecessores que souberam construir o futuro e produzir obra de que ainda hoje nos orgulhamos. Mas não nos devemos deter na história. O futuro apresenta sempre novos desafios. Temas de investigação muito ativos e que deverão focar a nossa investigação nos próximos anos incluem a Mudança Climática, os Riscos Naturais, os Recursos Terrestres e Oceânicos, ou as Energias Renováveis.

Como escreveu o Prof. Peixoto no ano 1987 [2], mas de total atualidade: “Temos dificuldades e carência de meios; contamos com incompreensões; mas também temos alegrias. As lições que recebemos dos Mestres que nos precederam no Instituto Geofísico do Infante D. Luís, impõem-nos que continuemos a servir a Universidade com coragem e determinação”. E fiel à história do mais antigo grupo de investigação nacional em Geociências, o IDL entra nos 160 anos com o objetivo de continuar a centrar em Portugal um dos grupos relevantes nesta área do conhecimento.

## Bibliografia

1. H. Amorim Ferreira, “O Instituto Geofísico do Infante D. Luís”, IGIDL, Lisboa, 34 pp. (1962).
2. J. Pinto Peixoto, “O Instituto Geofísico do Infante D. Luís e a Ciência em Portugal”, em F. Gil e M. G. Canelhas (orgs.), “Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa: Passado/Presente, Perspectivas Futuras”, FCUL, Lisboa, 213-44 (1987).
3. E. Vaz Gomes e I. Malaquias, “Contributos oitocentistas na institucionalização da meteorologia em Portugal”, 3º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG, APMG, Lisboa, 13-18 (2004)
4. A. Simões, A. Carneiro, M. P. Diogo, L. M. Carolino e T. S. Mota, “Uma história da Faculdade de Ciências de Lisboa (1911-1974), cap. 6, FCUL, Lisboa (2013).
5. I. M. Peres, “Fotografia científica em Portugal, das origens ao séc. XX: investigação e ensino em química e instrumentação”, Tese de Doutoramento, UL, Lisboa (2013) (<http://repositorio.ul.pt/handle/10451/8692>).



**Josep Batlló** é doutorado em Ciências Físicas pela Universidade de Barcelona, e é investigador auxiliar no IDL. O seu campo de pesquisa é a geofísica, com especial atenção para a sismologia e a recuperação e análise de dados antigos. Os resultados de sua pesquisa apontam especificamente para as áreas da sismologia, meteorologia, história da ciência e dos instrumentos científicos. É co-presidente do *Working group on History of Seismology and Seismometry da European Seismological Commission*.

**Miguel Brito** é licenciado em Eng. Física Tecnológica pelo Inst. Sup. Técnico, e doutorado na Universidade de Oxford. É professor na FCUL, no Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, e investigador no Lab. Associado IDL desde 2007. As suas principais áreas de interesse são radiação e energia solar e o seu aproveitamento para produção de eletricidade, em meio urbano e zonas remotas.

**Fernando Alberto** é técnico de Informática do IDL desde 1998. Finalista do curso de Tecnologias de Informação e Comunicação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, é *Microsoft Certified Professional + Internet e Microsoft Certified System Engineer*. Responsável pela plataforma informática, comunicações e Web do IDL.

**Cristina Catita** é doutorada em Eng. Geográfica e Geoinformática pela UL (2008). Desde 1995 exerce a atividade de docente na FCUL, na área da Eng. Geográfica. É ainda investigadora do Lab. Associado IDL desde 2004. Os seus atuais interesses de investigação centram-se na modelação de dados geográficos espaço-temporais, nas técnicas geoestatísticas para a análise espacial e na exploração e desenvolvimento de ferramentas computacionais para a visualização, análise e modelação tridimensional de fenómenos geográficos.

**Susana Custódio** é Investigadora FCT no Lab. Associado IDL, FCUL. É licenciada em Eng. Física Tecnológica pelo Inst. Sup. Técnico e doutorada em Ciências Geológicas pela Univ. Califórnia, Santa Bárbara. Dedica-se à sismologia, com ênfase no estudo das fontes sísmicas, sismologia em tempo real, e educação e divulgação sobre riscos.

**Cristina Domingues** é licenciada em História pela Fac. Letras da Univ. Lisboa (1992) e Pós-Graduada em Ciências Documentais (2002). Desde 2004, bibliotecária responsável pela Biblioteca do IDL. Colaboradora do Centro de Estudos Clássicos da Fac. Letras da Univ. Lisboa no âmbito do projeto “Livros de Fronteira: tornar acessível uma coleção” financiado pela FCT.

**Ana Romão** é licenciada em História na Univ. Nova de Lisboa, Fac. Ciências Sociais e Humanas (2005) e Mestre em Museologia (2010) pela mesma Universidade. Desde 2007 é bolsista BGCT da FCT no Museu Nacional de História Natural e da Ciência. Em 2013 iniciou o Doutoramento em História da Ciência sobre a história do Observatório Meteorológico do IDL (1853).

**Maria Antónia Valente** é licenciada e Mestre em Ciências Geofísicas - Especialização em Meteorologia pela FCUL, e doutorada pela Univ. Reading (Reino Unido) em Meteorologia, e é atualmente responsável pela estação meteorológica do IDL. Foi investigadora no projeto FCT SIGN que recuperou para formato digital os dados do séc. XIX do IDL. É Investigadora Principal dos Projetos internacionais FP7 ERA-CLIM (2011-2013) e ERA-CLIM2 (2014-2016), que pretendem construir uma reanálise do séc. XX através da recuperação de dados históricos meteorológicos e marítimos.



## Nós e os extraterrestres

Carlos Fiolhais

A astrobióloga Zita Martins, do Imperial College de Londres, estuda a possibilidade de a vida na Terra ter surgido do espaço. Uma evidência para isso será a detecção de nucleótidos, os constituintes do ADN, em meteoritos caídos na Terra. Se tal vier a ser confirmado, seríamos todos extraterrestres no sentido em que a origem da vida estaria fora da Terra... Restaria saber se a origem da vida aqui foi acidental ou se se tratou de “panspermia dirigida”, como defendeu o físico tornado biólogo Francis Crick. E, claro, ficaria por resolver o enigma da origem da vida noutro lado.

A astrobiologia é um dos ramos mais excitantes da ciência contemporânea. O seu objectivo principal é a busca de vida, inteligente ou não, fora da Terra, o que se pode fazer quer com sondas, como as que neste momento exploram o solo de Marte (os robôs *Curiosity* e *Opportunity* da NASA) ou aquelas que poderão ser enviadas para as luas de Júpiter (como o *Juice* da ESA, a lançar em 2022), quer com telescópios na superfície terrestre, como os grandes radiotelescópios em cujos registos se procuram sinais de inteligibilidade, quer ainda em telescópios espaciais como o *Kepler* da NASA destinado a detectar exoplanetas.

A missão realizada pelo *Kepler* foi uma das mais produtivas na “caça” a exoplanetas, em particular aqueles com tamanhos e massas semelhantes ao da Terra. Permite encontrar 977 exoplanetas em mais de 400 sistemas estelares, alargando enormemente a lista de planetas desse tipo que, a 4 de Julho de 2014, incluía 1807 planetas em 1123 sistemas planetários (dos quais 465 têm comprovadamente mais do que um planeta). Em Abril passado foi anunciada, com base nos dados dessa missão, a descoberta do Kepler 186f, o primeiro planeta extra-solar com um tamanho semelhante ao da Terra (tem

1,1 vezes o raio da Terra) situado numa zona habitável à volta de uma anã vermelha a 500 anos-luz da Terra. E em Junho foi divulgada, com base em telescópios fixos na Terra, a descoberta do Gliese 832c, uma “super-Terra” (tem cerca de cinco vezes a massa da Terra), que também orbita uma anã vermelha, mas agora a apenas 16 anos-luz da Terra, e também numa zona favorável ao desenvolvimento de vida. Só com telescópios da próxima geração, com o telescópio espacial *James Webb*, que sucederá ao *Hubble* em 2018, será possível conhecer a atmosfera de planetas desse tipo, progredindo no estudo da hipótese de eles albergarem alguma forma, ainda que rudimentar, de vida.

Vivemos nas ciências do espaço tempos muito interessantes, pois pode acontecer que, com o aprofundamento da ligação da astronomia à biologia, estando a física bem no meio das duas, possamos avançar na resposta a uma das questões que mais tem atormentado os cientistas: “Estaremos sós no cosmos?” O físico italiano Enrico Fermi, nos anos 50, quando abundavam as notícias sobre discos voadores, falou do paradoxo que é o contraste entre a grande probabilidade de haver outros mundos habitados no Universo (fez um cálculo rápido nas costas de um envelope) e a inexistência até essa data de qualquer manifestação, por mínima que seja, de vida extraterrestre. Esse vazio de notícias do cosmos – o *silentium universalis* – prossegue nos dias de hoje. Se os extraterrestres existem, permanecem calados. O astrofísico norte-americano Frank Drake, tentou, em 1961, quantificar a nossa ignorância a respeito da vida inteligente fora da Terra ao escrever uma equação, hoje com o seu nome, que fornece o número de civilizações na nossa Galáxia que poderão estabelecer contacto rádio connosco. Mas as incertezas nas suas parcelas são tão grandes que o número dessas civilizações poderá ser zero ou cem milhões. As observações prosseguem, assim como a discussão. A nossa solidão aflige-nos: Tanto universo para tão pouca inteligência!

*Por decisão pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.*

# Construção de recetores rádio

## como introdução à Física das Telecomunicações - parte II

Alexandre Aibéo<sup>1</sup>, Nuno André<sup>2</sup>, Ricardo Gama<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Campus Politécnico de Repeses, 3504-510 Viseu

<sup>2</sup> VPIphotonics GmbH, Carnotstr. 6, 10587 Berlim, Alemanha

<sup>3</sup> Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Lamego, Av. Visconde Guedes Teixeira, 5100-074 Lamego  
rgama@estgl.ipv.pt

Colocar em funcionamento um sistema de receção de frequências ultra baixas (denominadas na sigla inglesa como VLF) de 0 a 96 kHz, suficientemente económico e de fácil construção é, atualmente, uma tarefa acessível a qualquer pessoa com acesso a um computador pessoal. Este é o segundo artigo de uma série dedicada à descrição de atividades destinadas a professores e alunos ensino secundário. Nele, iremos explorar algumas características da antena de campo magnético descrita no primeiro artigo, otimizando assim a sua utilização. Iremos também descrever um pequeno amplificador

de áudio que aumentará o potencial da nossa estação recetora na exploração do rico mundo das frequências ultra baixas.

### Introdução

No primeiro artigo desta série, começámos a nossa aventura na fascinante área do VLF. Nele aprendemos a construir um recetor muito elementar que permite a observação de frequências até 96 kHz. Como vimos, o circuito recetor pode ser entendido como um circuito ressonante LC, onde o elemen-

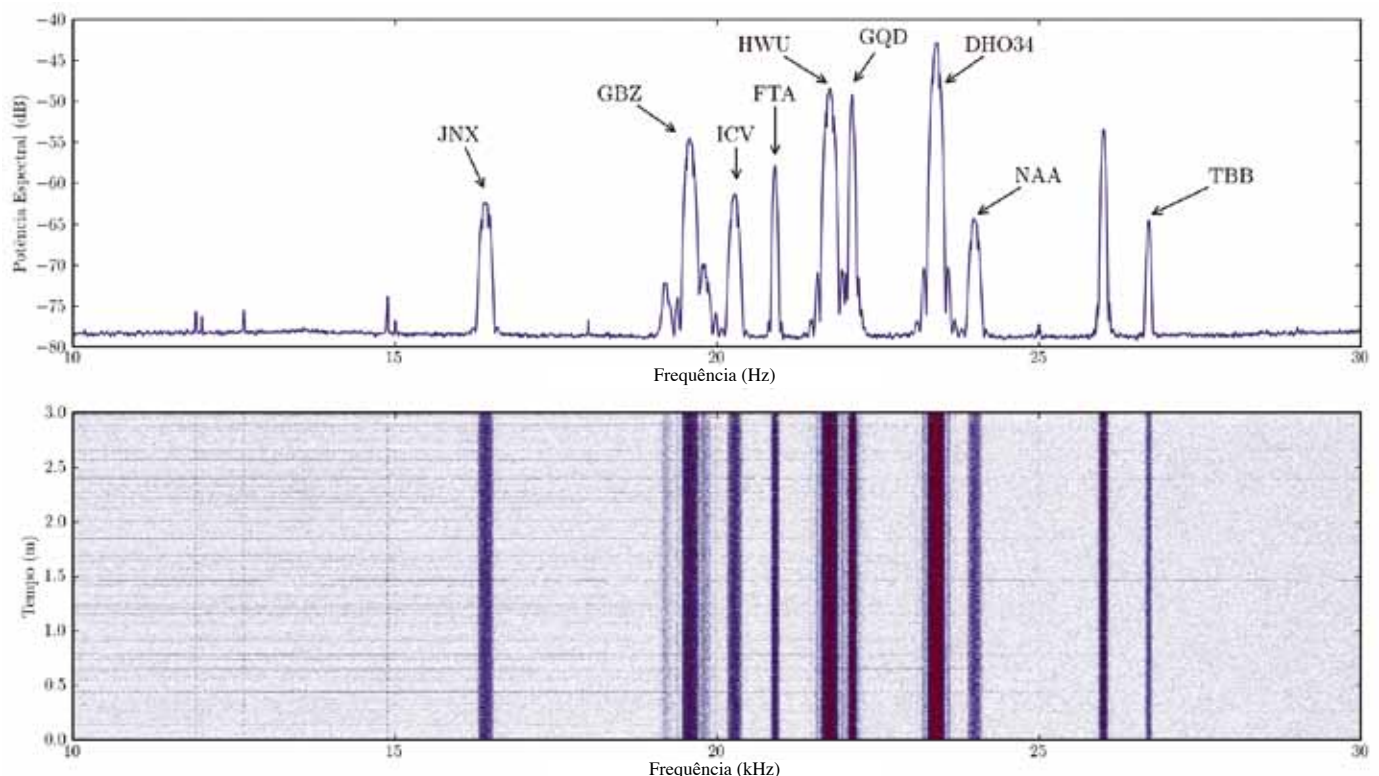


Fig. 1 - Espectro entre 10 kHz a 30 kHz, obtido no dia 2 de Fevereiro de 2011 no Miradouro de São Cristóvão, Serra do Montemuro (41.052°, -7.928°).

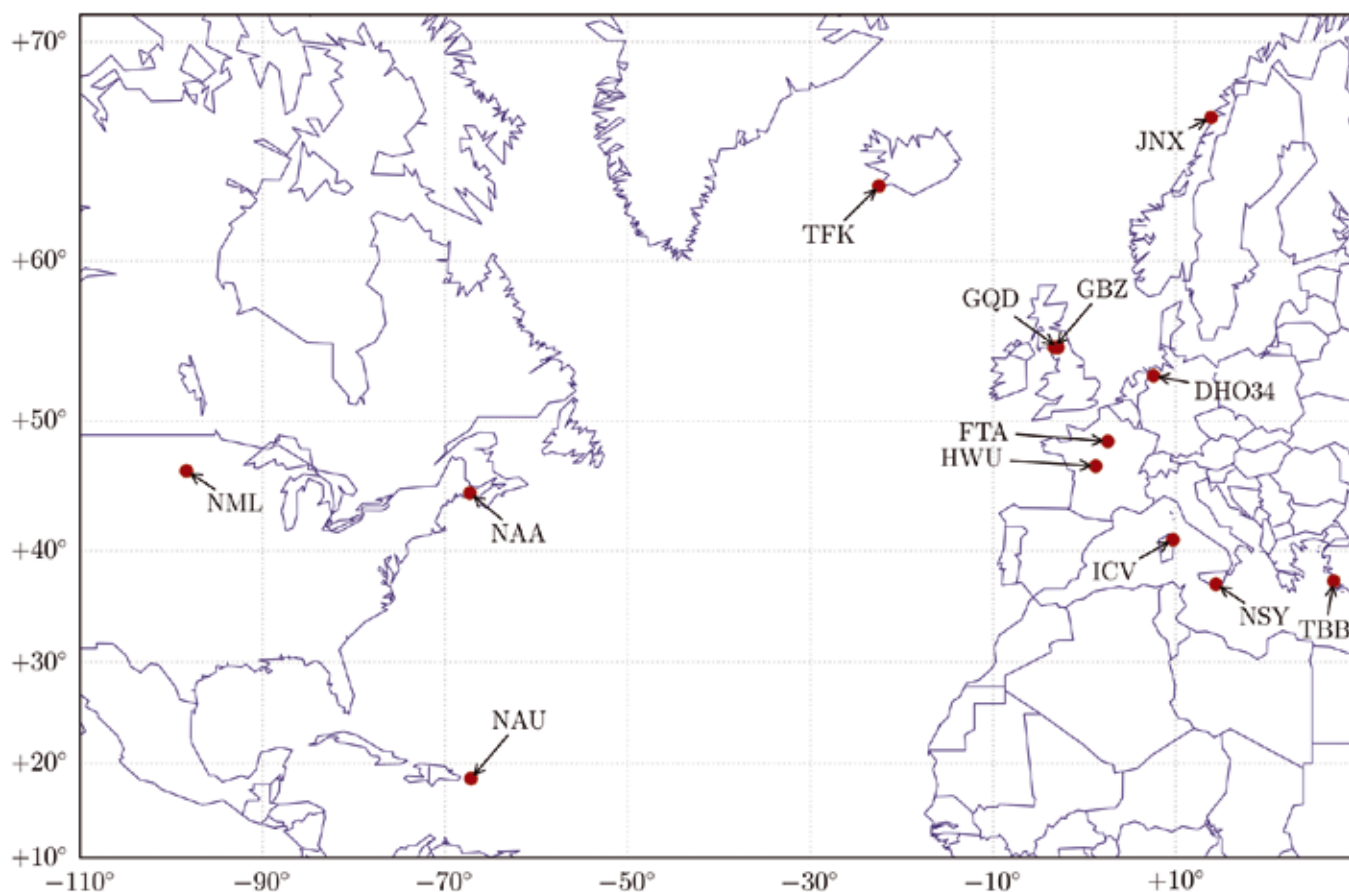


Fig. 2 - Mapa com a localização dos emissores.

to indutor é uma simples bobine de fio de cobre revestido, enrolado numa forma quadrangular, que assume o papel de antena.

Na banda de frequências que vamos receber, podemos encontrar sinais oriundos de estações emissoras de sinal horário, do sistema de rádio-posicionamento russo *ALFA* e, predominantemente, transmissões militares de emissores espalhados pela Europa e América do Norte (Figura 1).

A localização geográfica da grande parte destes emissores é conhecida (Figura 2). Consequentemente podemos tomar partido desta informação para melhorar a receção dos sinais emitidos por uma dada fonte particular.

A antena do nosso recetor pertence a uma classe de antenas conhecidas por antenas de campo magnético, uma vez que será esta componente das ondas eletromagnéticas emitidas pelas fontes de VLF, a principal responsável pela indução do sinal. Uma característica deste tipo de antenas é serem significativamente direccionáveis. Esta é uma propriedade muito vantajosa uma vez que, por um lado permite posicionar a antena para maximizar o ganho da receção de um dado sinal, por outro possibilita a redução do ruído indesejado de uma fonte pontual fixa.

Na primeira parte do presente artigo iremos explorar

a direcionalidade da antena construída. Veremos como na prática isto permite otimizar a utilização da mesma, melhorando consideravelmente as nossas observações. Posteriormente iremos apresentar e analisar um simples amplificador de áudio de fácil construção. Todo o material do pequeno circuito é de fácil aquisição e bastante económico, estando assim ao alcance de qualquer pessoa interessada. Este aperfeiçoamento ao nosso recetor permitirá aumentar a robustez e sensibilidade do nosso sistema, alargando consideravelmente o leque de atividades que podemos realizar com ele.

### Direccionalidade da antena

Como sabemos pela Lei de Faraday [1], a tensão induzida na antena é proporcional à variação do fluxo magnético, através da área da mesma. Como a componente do campo magnético da onda recebida, oscila perpendicularmente à direcção de propagação da mesma, o fluxo será máximo quando o plano da antena se encontrar na direcção de propagação da onda,  $\alpha=90^\circ$ . Assim, vamos obter um ganho máximo na direcção do plano da antena e um ganho nulo na direcção perpendicular ao plano da antena (Figuras 3 e 4).

De facto, todos os emissores de VLF emitem ondas polarizadas verticalmente, ou seja, ondas cujo campo magnético oscila horizontalmente. Esta escolha de polarização destina-se a evitar perdas de energia que ocorreriam caso o campo eléctrico fosse paralelo à superfície terrestre, originando a sua absorção. Podemos facilmente comprovar a polarização

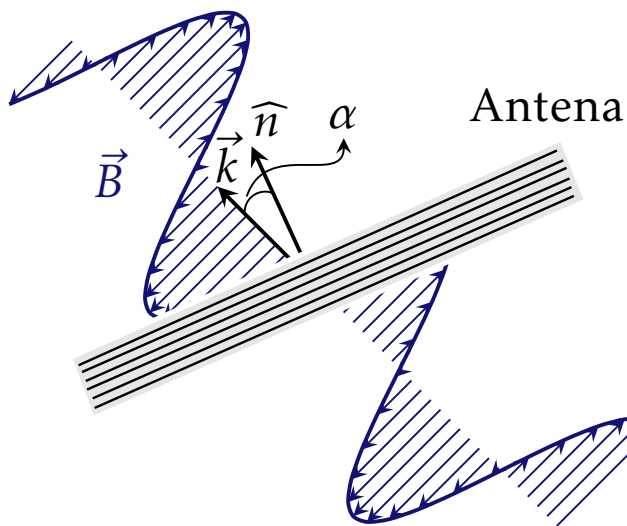


Fig. 3 - Onda eletromagnética incidente na antena.

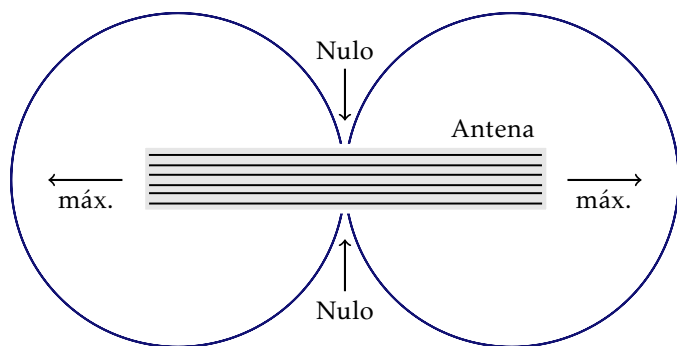


Fig. 4 - Diagrama de radiação da antena.

vertical das ondas de VLF colocando a nossa antena na posição horizontal e observando o que acontece ao espectro recebido.

Na prática, podemos usar esta característica de modo a maximizar o ganho de um sinal que se pretenda receber ou minimizar o ruído recebido das nossas observações, posicionando a antena de modo a que as fontes de ruído estejam na direção do ganho nulo da antena.

Considerando o exemplo da Figura 5, é fácil notar que mudando a direção da antena teremos variações de intensidade das riscas espectrais dos vários emissores. No caso particular do emissor ICV, é bem notório que atinge

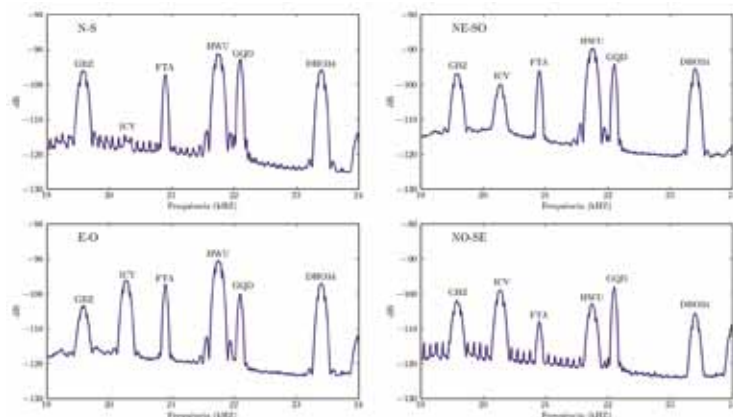


Fig. 5 - Espectro obtido com a antena direcionada em quatro posições.

um máximo quando a antena está na direção E-O e que praticamente desaparece do espectro quando rodamos a antena para a direção N-S. Este comportamento é fácil de compreender se repararmos que este emissor se encontra posicionado na Sardenha e a sua posição, relativamente a Portugal (ver Figura 1), faz com que o trajeto do sinal seja praticamente ao longo do paralelo.

### Amplificador

Os sinais que vamos receber são muito fracos. Se em locais mais elevados e isolados se consegue registar um bom espectro, em locais urbanos as interferências tornam praticamente impossível uma boa receção, especialmente se usarmos apenas um recetor com a configuração descrita no artigo anterior.

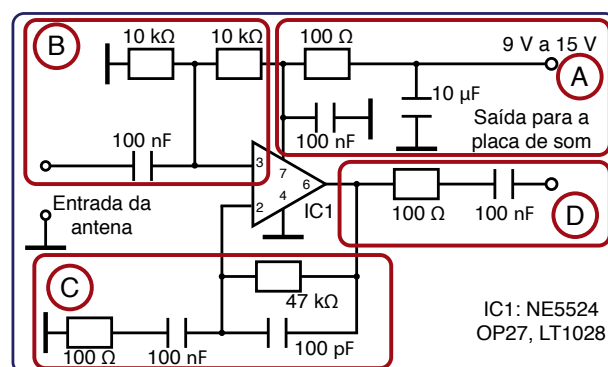


Fig. 6 - Plano esquemático do amplificador.

Para contornar este problema, podemos montar um pequeno circuito que irá amplificar o sinal recebido de modo a que possa ser registado e trabalhado convenientemente. Este circuito foi criado pelo rádio amador alemão Peter Schnoor, que mantém uma estação de VLF em funcionamento *online* [3]. Todas as componentes do circuito são facilmente encontradas em lojas de material de eletrónica e o preço total do circuito não custará mais que alguns euros.

Apesar de podermos sempre montar e usar o circuito como uma caixa negra, uma vez que o seu desenho é bastante simples, vamos tentar perceber os princípios básicos do seu funcionamento.

O circuito apresentado na Figura 6 é composto por quatro blocos, com diferentes funções, que vamos dividir e analisar separadamente para melhor compreensão.

A divisão é feita de modo a seguirmos o percurso do sinal, desde a captação pela antena até à entrada na placa de som do nosso computador:

- A. Filtragem da alimentação do circuito.
- B. Entrada de sinal e polarização do amplificador.
- C. Realimentação do amplificador.
- D. Saída de sinal.

## A – Filtragem da alimentação

Como qualquer circuito de amplificação, este gera na sua saída um sinal de maior amplitude que o da entrada, o que implica que seja um circuito ativo, por definição consumidor de energia. Um dos grandes problemas com a alimentação de energia é a sua filtragem. Qualquer variação da tensão de alimentação que não seja filtrada poderá aparecer no sinal de saída devido à capacidade limitada do amplificador a rejeitar. Logo, é de extrema importância uma filtragem adequada, especialmente se os sinais a amplificar forem muito pequenos.

A alimentação é filtrada pelos condensadores de 10  $\mu\text{F}$  e 100 nF e pela resistência de 100  $\Omega$ . A razão para utilizar dois condensadores é o facto a sua junção permitir a atenuação do ruído numa banda de frequências maior.

Estes componentes formam um filtro passa baixo, atenuando significativamente o ruído indesejado proveniente da fonte de alimentação.

## B – Entrada de sinal e polarização

Uma vez que temos apenas uma alimentação positiva entre 0 e 12 V, precisaremos centrar o sinal numa tensão intermédia, neste caso 6 V.

O sinal proveniente da antena passa por um condensador, eliminando a componente contínua (0 Hz) que o sinal possa ter, bem como as frequências muito baixas. Eliminada a componente contínua, o sinal passa a estar centrado em zero, oscilando entre valores positivos e negativos. Como o circuito apenas é alimentado com tensões positivas, metade do sinal seria eliminado. Assim, para garantir a excursão correta do sinal, temos de o centrar numa tensão positiva pelo menos superior ao módulo da amplitude do sinal. Normalmente, também pelas características da electrónica utilizada, escolhe-se uma polarização de metade da tensão de alimentação, o que permite o máximo de excursão do sinal para esta implementação. Tal pode ser conseguido através das resistências de 100 k $\Omega$ . O conjunto actua como divisor de Thevenin, que atenua o valor da tensão de alimentação para metade do seu valor, fornecendo uma componente contínua de polarização à entrada do circuito, e ao mesmo tempo resulta numa resistência de entrada suficientemente elevada para o circuito ressonante da antena manter a sua qualidade.

## C – Realimentação

A componente principal do circuito é o amplificador operacional que irá ampliar o sinal recebido. Como o ganho de um amplificador operacional é considerável, queremos que este seja controlado de modo a que o sinal na saída não seja demasiado elevado para a placa de som do computador. Isto é conseguido através da realimentação negativa. Este método

do fornece à entrada negativa do amplificador uma cópia da saída, fazendo com que o ganho seja menor.

A realimentação negativa é calculada através de [4]:

$$\frac{V_{\text{saída}}}{V_{\text{entrada}}} = \frac{100 + 47000}{100} = 1 + \frac{47000}{100} \quad (1)$$

garantindo um adequado fator de amplificação para sinais fracos. Uma alteração possível ao circuito será trocar a resistência de 47 k $\Omega$ , mudando assim o ganho, recordando sempre que o ganho será aproximadamente 100 vezes menor que o valor da resistência usada.

O condensador de 100 nF permite a passagem do sinal da antena para o amplificador, ao mesmo tempo evitando que uma corrente contínua, gerada pela polarização do amplificador, circule na direção da bobina da antena, por sua vez alterando o valor da polarização desejada. O condensador de 100 nF na zona (C) tem a mesma finalidade.

Finalmente temos o condensador de 100 pF, que é conhecido como a capacidade de Miller [2]. Este condensador tem a função de atenuar progressivamente as frequências mais elevadas. Isto é necessário porque diferentes frequências são amplificadas com diferentes alterações de fase, podendo originar oscilações indesejadas no circuito. Assim, é necessário atenuar progressivamente as diferentes frequências à medida que aumentam, garantindo que as frequências que possam ter a fase invertida, não tenham amplitude suficientemente elevada para causar instabilidades no sinal de saída.

## D – Saída de sinal

O sinal na saída passará por uma resistência de 100  $\Omega$  e por um condensador para eliminar a componente contínua do sinal (o sinal na saída do amplificador aparece somado a metade da tensão de alimentação), uma vez que a placa de som deve receber sinais sem componente contínua.

A resistência serve ainda para limitar correntes elevadas que possam destruir o amplificador operacional caso haja um curto-circuito accidental da saída de sinal à massa.

Percebidos os princípios gerais do funcionamento do circuito, estamos prontos para o construir. É desejável que a sua construção seja feita com material adequado e que no final, nos certifiquemos que todo o conjunto, antena/amplificador/

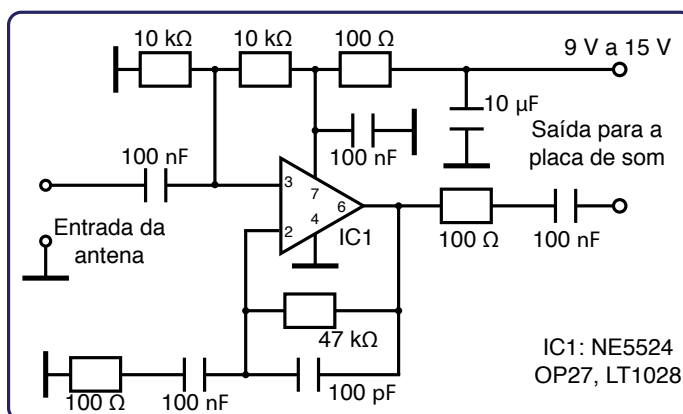


Fig. 7 - Plano esquemático do amplificador.

computador funciona em perfeitas condições. Será também desejável que o amplificador de sinal seja colocado dentro de uma caixa metálica que actuando como gaiola de Faraday reduzirá o efeito de possíveis interferências eletromagnéticas externas. Cuidado para que os componentes do circuito não toquem nas partes metálicas da caixa usando para tal suportes isolantes adequados.

### E depois...?

Depois de construído e testado o nosso recetor de VLF, vamos descobrir o que mais podemos fazer e aprender com ele. No terceiro artigo desta série vamos aprender a utilizar no nosso recetor para receber as emissões bi-anuais do mais antigo emissor do mundo ainda em funcionamento, o SAQ. Este emissor sueco é uma verdadeira relíquia da tecnologia e, em boas condições, vamos conseguir ouvir e registar as suas mensagens, emitidas em código Morse.

### Agradecimentos

Os autores agradecem os comentários e recomendações de melhoria feitas pelo revisor anónimo, as quais enriqueceram o documento final.

#### Referências

1. R. Serway e J. Jewett , *Physics for Scientists and Engineers*, Brooks Cole, 6 edition, 2003.
2. A. S. Sedra e K. C. Smith , *Micro-eletrónica*, 5ª edição, Pearson Education, 2007.
3. Kiel Longwave monitor - Peter Schnoor  
- [www.df3lp.de/](http://www.df3lp.de/)
4. R. Mancini, *Op Amps For Everyone*, Design Reference SLOD006B Texas Instruments, 2002.



**Nuno André** é licenciado e mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Desenvolve os seus trabalhos de doutoramento como engenheiro óptico na empresa VPIphotonics, onde investiga tecnologias para redes de acesso ópticas. Nos tempos livres dedica-se, entre outras coisas, a atividades de rádio amadorismo.



**Ricardo Gama** é licenciado em Astronomia, Mestre e Doutoramento em Matemática Aplicada pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. É docente na Escola Superior de Tecnologia de Lamego e desenvolve projetos de divulgação científica/tecnológica, através da realização de *workshops* de construção de rádios de cristal e observações de sinais em VLF.

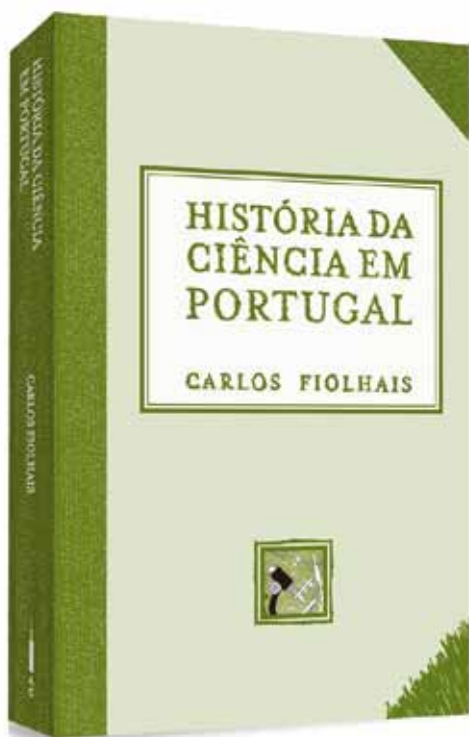
**Alexandre Aibéo** é licenciado em Astronomia, Mestre em Fundamentos e Aplicações da Mecânica de Fluidos e doutorado em Astronomia pela Universidade do Porto. É docente na Escola Superior de Tecnologia de Viseu e desenvolve trabalhos na área da Magneto-Hidrodinâmica aplicada ao Vento Solar. Dedicou-se à promoção da cultura científica desde 1996 com palestras, tertúlias, sessões de observação, exposições, etc. Foi vencedor da primeira edição nacional do "FAMELAB – Comunicar Ciência - 2010" e em 2012 publicou o livro de divulgação "Isto não é (só) Matemática".

# História da Ciência em Portugal

por Carlos Fiolhais

José Braga

josebcosta@portugalmail.com



Carlos Fiolhais, professor de Física da universidade de Coimbra, é autor do primeiro trabalho sobre este tema no nosso país. Nele esboça pistas explicativas e define fases no desenvolvimento da Ciência em Portugal. Além do Prefácio e Introdução, o livro divide-se em oito capítulos com diversas figuras e quadros informativos, cruzando uma perspetiva cronológica e temática que agradará ao público culto mas não especialista. Possui ainda uma Cronologia, um Dicionário de Cientistas e Bibliografia.

«Este livro apresenta uma síntese da História da Ciência em Portugal (...) prolongamento do livro *Breve História da Ciência em Portugal* (...) [com] algum

desequilíbrio em favor de disciplinas e temas que conheço melhor» (p. 9). É um trabalho de divulgação, interpretativo e ilustrado. O dicionário é útil pois de facto «(...) os cientistas portugueses não são suficientemente conhecidos (...) [existindo] um critério necessariamente subjetivo de relevância» (p. 10). A obra atinge a finalidade de divulgação que se propõe.

O autor sustenta que «Sempre houve ciência em Portugal. Mas só raramente se criou ciência neste canto ocidental da Europa.» (p. 13) indicando quatro causas para essa situação: o isolamento do país, as restrições à liberdade dentro de fronteiras, a falta de meios materiais e a continuada iliteracia. São fatores fundamentais e constantes ao longo do tempo, ainda que com períodos de maior e menor vigor, como transmite.

Distingue três períodos de luz no desenvolvimento científico em Portugal aos quais contrapõe momentos de sombra correspondentes ao período medieval, à União Ibérica e ao século XIX. O primeiro período de luz definido pelo autor corresponde aos séculos XV-XVI, precedendo a Revolução científica. Aí distingue Pedro Nunes, Garcia de Orta, Amato Lusitano e D. João de Castro como personalidades marcantes e sublinha a criação de uma nova atitude face ao Mundo que contribuiu para a emergência da Ciência moderna: «O florescimento da Ciência em Portugal nesse tempo, associado ao progressivo conhecimento empírico de novos mundos, foi uma antecâmara da Revolução científica.» (p. 15).

O século XVIII corresponde ao segundo momento. Acompanha o Iluminismo Europeu e a reforma pombalina da Universidade de Coimbra (1772). Usa como balizas temporais a construção da biblioteca joanina em 1728 e a entrada das ideias de Newton na Universidade. Destaca os oratorianos Teodoro de Almeida e João Jacinto Magalhães; cristãos novos como Ribeiro Sanches ou Castro Sarmento; estrangeiros que estiveram no nosso país como Dalla Bella ou Vandelli. Nas instituições releva o Colégio dos Nobres. A propósito da criação de sociedades científicas no século

XVIII e para sustentar a posição periférica do país nota que «Só algumas pessoas com mais posses e mais esclarecidas viajavam, tomando contacto com as novas realidades europeias. A maior parte dos membros portugueses daquelas sociedades científicas mantinham ligação com elas apenas pela lenta via epistolar.» (p. 21). Relativamente ao Marquês de Pombal realça um paradoxo no Iluminismo pois apesar do apoio ao ensino experimental e atração de mestres estrangeiros, ocorre o encerramento da rede de estabelecimentos jesuítas e a perseguição aos oratorianos.

O terceiro período de luz coincide com a entrada na União Europeia e o crescimento do número de cientistas, projetos e laboratórios, apesar de reconhecer ser cedo para um balanço. No que toca ao século XX, sustenta que «(...) Portugal não soube aproveitar alguns cientistas estrangeiros, em geral judeus, que aqui procuraram refúgio (...)» (p. 19). Se em relação à primeira república sublinha as novas universidades, os nomes de Egas Moniz e Abel Salazar, associa o Estado Novo a um período de sombra e isolamento intelectual: «Para dar exemplo do nosso isolamento científico note-se que, em 1925, Einstein há poucos anos prémio Nobel e, por isso, mundialmente famoso, passou despercebido por Lisboa (...)» (p. 19).

A associação à sombra decorre da falta de liberdade, prejudicial à Ciência, o que já não era novo: «(...) dos quatro grandes nomes quinhentistas, só D. João de Castro não era de origem judaica. A perseguição aos judeus (...) não foi obviamente e de modo algum, favorável ao florescimento da ciência neste sítio da Europa (...) Os períodos de luz da ciência em Portugal estiveram sempre associados à circulação de pessoas e, portanto de ideias e ações.» (p. 22). Relativamente a falta de meios, chama-se atenção para o facto de «No início do século XIX, Portugal era ainda um dos países mais ricos do mundo (...)» (p. 25) e a relação entre atraso científico e de desenvolvimento. No que respeita à iliteracia, o autor indica que no século XX «A riqueza deixou de se centrar na exploração de meios naturais, para passar a vir do conhecimento a respeito da Natureza, quer dizer, da Ciência.» (p. 27-28).

Os capítulos do livro são desiguais refletindo os períodos de luz e sombra mas lêem-se com prazer. No período Iluminista refere-se Teodoro de Almeida e ao seu papel enquanto divulgador do conhecimento natural. No que respeita às escolas Politécnicas do Porto e de Lisboa no século XIX refere no corpo do texto vários professores e algumas das suas ações desenvolvendo muito bem o trabalho e vida de Gomes Teixeira. Na p. 111 retrata um episódio curioso: um descendente de portugueses na Alemanha, Johann Reis, terá construído o primeiro telefone que funcionava, antecipando-se a Bell. Passa-se em revista as causas para a falta de impacto da inovação. Sobre a receção de Darwin, dá conta do impacto do Darwinismo na literatura e nota-se o papel de Júlio Henriques que traz essa teoria para o país. Relativamente às Ciências da Terra e do Espaço (pp. 139-155), nota-se a ausência da oceanografia e aquariofilia que a elas estava associada. Seguidamente, o papel do sexo feminino não é esquecido: Carolina Michaelis, Matilde Bensaúde e Branca Edmée Marques são referidas (p. 158).

Finalmente, no capítulo 7 dá-se relevo a Mário Silva e Aniceto Monteiro e como a sobreposição dos planos científico e político pode ser prejudicial aos investigadores.

Apesar da secundarização das «ciências sociais» e de faltar uma conclusão explícita expondo grandes linhas de evolução histórica, o livro divulga a Ciência nacional e serve para refletir sobre a sua utilidade num país que atravessa momentos de crise e busca soluções.

**José Braga** é geógrafo, professor do Ensino Secundário e Mestre em História e Filosofia da Ciência.

### “História da Ciência em Portugal”

Carlos Fiolhais  
Arranha Céus, 2013  
ISBN 978-989-980564-4“



### Cultura Científica em Portugal – Uma Perspectiva Histórica”

Luís Miguel Bernardo  
U. Porto Editorial, 2013  
ISBN 978-989-746020-3

Numa perspectiva histórica e em contexto internacional, este livro descreve o estado da cultura científica portuguesa desde o aparecimento da ciência moderna até aos nossos dias. Desde o século XVIII, algumas elites nacionais pugnaram pelo estabelecimento pleno da ciência em Portugal. Porém, a nação não acompanhou esse movimento, não prezou a ciência nem reconheceu os seus valores culturais. Recorrendo a uma perspetiva histórica, em contexto internacional, Luís Miguel Bernardo descreve neste livro as atitudes dos portugueses perante ciência, revelando que esta é um meio importante de transformação social e um alicerce indispensável da nossa civilização.

Luís Miguel Bernardo é professor catedrático aposentado do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e diretor do Museu de Ciência desta Universidade. Nos últimos anos dedicou-se à história da ciência e à divulgação científica. Publicou, também com a editora da Universidade do Porto (U. Porto Editorial), a trilogia “Histórias da Luz e das Cores”.



**“The rehearsal of space and the poetic impossibility to manage the infinite”**

Sérgio Mah, João Seixas, John Gribbin, Edgar Martins  
La Fábrica / The Moth House, 2014  
ISBN 978-841-569168-6



**“O Início do Infinito: Explicações que transformam o mundo”**

David Deutsch  
Gradiva, 2013  
ISBN 978-989-616554-3



**“Uma Teoria Perfeita: um século de génios e o debate sobre a relatividade geral”**

Pedro Gil Ferreira  
Editorial Presença, 2014  
ISBN 978-972-235226-0



**“Memórias para a História de um Laboratório de Estado”**

Jaime da Costa Oliveira  
O Mirante Editora, 2014  
ISBN 978-989-98799-0-4



**“A Partícula no Fim do Universo: Como a caça ao bóson de Higgs nos levou ao limiar de um mundo novo”**

Sean Carroll, prefácio de José Mariano Gago  
Editor: Gradiva Publicações, 2014  
ISBN 978-989-616586-4

Em 2012, o fotógrafo português Edgar Martins obteve um acesso privilegiado sem precedentes aos programas da Agência Espacial Europeia (ESA) e dos seus parceiros, incluindo programas em micro-gravidade, telecomunicações, voo espacial tripulado, e exploração da Lua e de Marte. Ao longo dos últimos dois anos, viajou pelo Reino Unido, Holanda, França, Alemanha, Espanha, Rússia, Cazaquistão e Guiana Francesa, fotografando em instalações de acesso restrito, tais como centros de teste, departamentos de robótica, simuladores espaciais, laboratórios, plataformas de lançamento, centros de formação de astronautas e salas de montagem de satélites. O resultado é apresentado neste livro, que constitui o levantamento fotográfico mais completo já produzido sobre uma organização de exploração científica espacial. A criteriosa selecção de mais de 80 fotografias permite-nos espreitar por trás dos bastidores desta organização, revelando uma realidade científica que poucos conhecem, desde o macro – foguetes, satélites, módulos de formação, salas limpas – a micro-componentes quase invisíveis a olho humano. Acompanhando as imagens encontramos ensaios dos físicos João Seixas e John Gribbin. O livro dá também origem a uma série de exposições que percorre vários países, passando pela Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa, a partir de 28 de Junho de 2014.

# Petnica

**Marija Vranic**

marija.vranic@ist.utl.pt

O meu nome é Marija e sou uma estudante de doutoramento em física dos lasers e plasmas no Instituto Superior Técnico (IST), em Lisboa. Venho da Sérvia e vou contar uma história dum sítio mágico, sempre cheio de entusiasmo, mesmo em tempos difíceis de crise ou de guerra... Chama-se “Centro Científico Petnica”. Em Petnica, jovens alunos podem sentir o que é verdadeiramente a ciência e como é o dia-a-dia dum investigador.

Como acontece com muitas pessoas, o meu primeiro encontro com a física não resultou em amor à primeira vista. Eu gostava muito de matemática e não ficava nada contente com a ideia de memorizar fórmulas e utilizá-las para resolver os problemas sem pensar muito. Para mim, isso parecia uma receita feita para as pessoas que não percebem o suficiente de matemática, mas a verdade é que trabalhar em física não tem nada a ver com seguir uma determinada receita – é mesmo o contrário! Um bom cientista tem que ser criativo, tem que pensar nas perguntas certas, e reconhecer quando uma descoberta vai ter um grande impacto na sociedade. Fazer cálculos faz parte do trabalho, sim, mas o caminho é sempre novo e aqui não importa se os cálculos demoram uma hora ou dois dias – o mais importante é trabalhar num problema interessante, que resulte num aumento considerável do nosso conhecimento.

Na primeira vez que estive em Petnica, fiquei entusiasmadíssima. Foi um seminário sobre a computação quântica que



mudou as minhas ideias sobre física para sempre. Na altura, eu tinha 16 anos e claro que não percebia tudo, mas um mundo vibrante abriu-se à minha frente e fez com que eu percebesse que havia tantas coisas à espera de serem descobertas. A mesma sensação às vezes ainda se repete hoje em dia nas conferências, quando estou a ouvir algo de novo e fascinante.

Éramos um grupo de 22 alunos vindos de várias cidades da Sérvia, e passámos uma semana a ouvir professores e estudantes universitários falarem de física, astronomia, matemática, computação e teoria dos jogos. O horário era bastante cheio (o tempo livre só começava depois das 10 da noite) e nós acabávamos por dormir poucas horas porque era mais interessante falar, tocar guitarra ou cantar. Petnica encontra-se numa colina sobranceira à cidade de Valjevo, que fica a cerca de 100 quilómetros de Belgrado. Sair à noite era quase impossível porque chegar a pé até ao centro de Valjevo não era nada fácil – são oito quilómetros de distância. Os alunos ficavam normalmente a falar nos bancos em frente do centro científico, por vezes até ao nascer do sol. Muitas amizades começaram lá, que depois resultaram em colaborações científicas ou até casamentos!

## Como é que tudo começou?

Petnica assenta no conceito “dos alunos para os



alunos”. Foi fundado em 1982 por investigadores jovens, docentes e estudantes universitários que queriam fazer algo de diferente pela educação científica. O centro científico Petnica foi o primeiro estabelecimento educativo independente da antiga Jugoslávia. A motivação das pessoas envolvidas fez com que este sítio sobrevivesse os tempos difíceis e se tornasse um centro para a educação criativa muito respeitado quer dentro do país quer internacionalmente. Mesmo depois da guerra e da separação da Jugoslávia, o centro conseguiu manter boas relações com os outros países e ter alunos e colaboradores de lá.

Durante três décadas de desenvolvimento em Petnica foram organizados 2500 cursos e seminários diferentes, com 40 mil participantes e cerca de 6000 docentes.

### Um seminário de física visto por dentro

A pessoa que dirige o seminário de física chama-se o “chefe”. O chefe é responsável pelo plano anual do seminário e trata de toda a organização em conjunto com os “colaboradores jovens” – estudantes universitários que passam todos os dias com os alunos em Petnica e que ficam disponíveis para responder a qualquer pergunta 24 horas por dia. São estes jovens voluntários que fazem a maioria do trabalho para o seminário. Esta equipa está sempre a renovar-se pois, quando acabam os estudos, tornam-se “colaboradores profissionais” – como os professores deles. Os profissionais estão sempre convidados a dar aulas, seminários, propor projectos e muito mais. Muitos dos físicos mais conhecidos da Sérvia vêm de Petnica, e estão sempre contentes por lá voltar e falar da investigação que fazem actualmente, na Sérvia ou em qualquer outro canto do mundo. A grande e forte rede informal dos alumni contribui para que os temas apresentados no seminário de física sejam sempre novos, interessantes e *cutting edge*. Muitos dos laboratórios do Instituto de Física em Belgrado dão acesso às suas instalações e equipamentos aos alunos de Petnica para aí fazerem os seus projectos e, por vezes, os investigadores de lá tornam-se orientadores dos projectos individuais. O mesmo acontece com os laboratórios de várias universidades do país.

A primeira estadia dos alunos em Petnica é no Inverno quando durante uma semana ouvem muitas apresentações de vários temas de investigação em física. O objectivo dessa parte é dar-lhes uma ideia do que se passa na ciência hoje em dia e perceber o que é que interessa mais a cada aluno. A maioria das apresentações é feita por “colaboradores profissionais” - professores e investigadores convidados vindos de vários sítios do país.

A segunda estadia decorre na Primavera quando ficam lá 4-5 dias a ouvir coisas práticas (como se faz uma experiência, como processar os dados) e a fazer exercícios de laboratório parecidos com os que são feitos na universidade para acompanhar cadeiras de mecânica, óptica, física nuclear, electrónica e mecânica quântica. Eles passam pelo processo inteiro – têm que avaliar os resultados e os erros da experiência, escrever um relatório e defendê-lo em frente do grupo. O objectivo dessa parte é ensinar-lhes o método científico e como trabalhar com os vários tipos de equipamento.



No verão ficam lá mais tempo, duas semanas inteiras. Durante esse tempo os alunos fazem um projecto científico individual. Cada aluno tem um tema escolhido conforme o próprio interesse e o equipamento disponível. Os colaboradores jovens aqui ajudam muito: eles passam o tempo com os alunos a planear os projectos, a esclarecer dúvidas e a construir o equipamento para as experiências. Às vezes, os projectos podem ser bastante complicados para o nível de conhecimento escolar dos alunos do secundário – por exemplo, é muito comum que um aluno decida explorar uma ideia baseada numa tese de doutoramento. É claro, no início pode ter muitas dificuldades em perceber tudo o que lá está escrito, mas no final consegue. O processo de aprendizagem aqui torna-se parecido com o de um investigador que entra numa nova área de investigação, com uma diferença – há sempre alguém a quem perguntar se tiver dúvidas. Os alunos aqui percebem como é que é a vida dum investigador: às vezes a experiência não funciona, às vezes não percebemos o que se passa, às vezes temos de passar muito tempo na biblioteca para esclarecer certas perguntas... e quase sempre acontece alguma coisa fora do plano inicial. O mais importante é não desistir diante do primeiro obstáculo, ter vontade de seguir em frente e no final o resultado será bom.

A lição mais importante desta fase é não ficar com medo perante um desafio intelectual – os alunos vindos da Petnica demonstram depois na universidade uma grande facilidade em aprender e aplicar conceitos novos porque já “quebraram o gelo”. Penso que o facto de uma vez se ter feito algo muito acima das expectativas para a própria idade e nível escolar faz com que as pessoas fiquem menos impressionadas perante um problema complicado à primeira vista.

Os melhores trabalhos são escolhidos todos os anos para participar na conferência interdisciplinar “um passo dentro da ciência”, onde os alunos fazem uma apresentação oral ou um poster. Muitas pessoas da comunidade científica são convidadas a assistir à conferência, onde a atmosfera informal permite discussões abertas entre os alunos e os especialistas das diferentes áreas. Este contacto ao vivo possibilita aos alunos fazerem todas as perguntas que quiserem, e ajuda-os a formar uma imagem realista da vida em investigação.

Os projectos bem sucedidos são escritos na forma de artigos científicos e publicados no livro anual dos trabalhos, o *Petnica almanac*. Este não é uma revista com revisão por pares, e não tem uma contribuição enorme para a ciência, mas mostra bem a qualidade dos seminários e as capacidades dos alunos autores. Os artigos são escritos em sérvio, com um sumário em inglês.



### Que programas existem? Como entrar?

Os programas estão divididos por áreas. Para além da física, existem seminários de matemática, astronomia, eletrotécnica, informática, biologia, geologia, química, bioquímica, arqueologia, psicologia, antropologia, linguística e história.

Nenhum destes seminários tem programação fixa. Ali não existem notas e certificados – os alunos estão lá para aprender coisas interessantes e a única fonte de satisfação é a própria descoberta. Isso implica que o essencial para manter o programa vivo é que os alunos estejam motivados e tenham uma mente aberta e criativa.

Para entrar num programa do Petnica, os alunos devem preencher um questionário, escrever uma autobiografia e uma dissertação. A selecção é baseada nos seus interesses e na criatividade demonstrada no texto escrito. As notas da escola não têm grande influência aqui. Como todos os

alunos têm ideias e desejos diferentes, são tratados individualmente e o seu currículo é feito de acordo com os seus interesses.



### Programas internacionais (PI)

Petnica tem também um programa para alunos universitários estrangeiros – é um projecto que começou há uns anos atrás. Trata-se de um programa interdisciplinar onde não é obrigatório entrar na mesma área em que se está a estudar – os estudantes de física podem, por exemplo, fazer um projecto em biologia. Este seminário tem um pouco de tudo – apresentações, projectos individuais ou em grupo, muitas vezes interdisciplinares. Este ano, o programa PI decorre de 1 a 14 de Agosto.

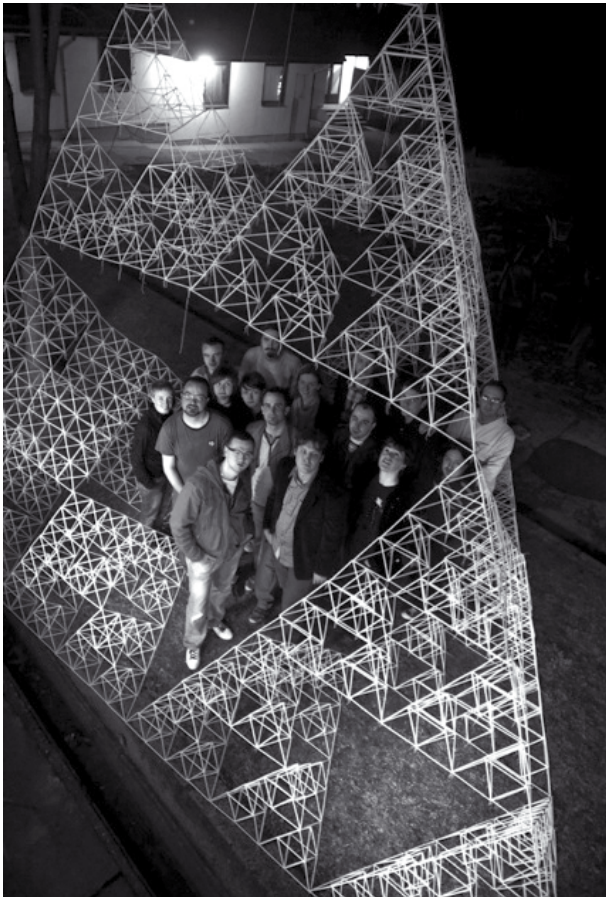
A escola de verão *Petnica international* decorre ao mesmo tempo que os seminários onde os alunos do ciclo anual fazem os seus projectos. A mistura dos diferentes interesses, das culturas e origens diversas tornam a experiência cheia de descobertas – não exclusivamente científicas. Durante a estadia, as actividades podem incluir a visita dum gruta local perto do centro, uma caminhada até o rio Gradac, natação em piscina aberta ou no lago ao lado... O centro encontra-se numa zona verde e bonita, o que permite muitas actividades ao ar livre.

### O CERN em Petnica

A escola tradicional de verão TESHEP decorreu em Julho de 2012, logo depois da descoberta da partícula com algumas das propriedades do bóson de Higgs. Várias apresentações de física de partículas feitas por cientistas do CERN estavam completamente cheias – os alunos do seminário de biologia que estavam no Petnica ao mesmo tempo “infiltraram-se” entre os 50 participantes internacionais para perceber melhor a grande notícia.

O tempo estava muito quente e havia várias actividades ao ar livre. Para refrescar, os participantes passaram algumas horas nas piscinas do Petnica e no campo de futebol ao lado, onde também decorreu o jogo tradicional deste *workshop* entre os professores e os estudantes de doutoramento – os professores ganharam nos penáltis. O banquete final foi um churrasco ao lado da cave.

Sergio Bertolucci, director de investigação e compu-



tação científica no CERN, gostou muito do Petnica – disse que o lugar era espectacular, o espaço lindo, os laboratórios bons e o ambiente agradável. O que mais lhe agradou foi conversar com os alunos do secundário, os participantes dos seminários regulares. Ele convidou os representantes da gestão do Petnica para visitar o CERN onde irão fazer um plano estratégico de colaboração entre as duas instituições para os próximos anos.

### Uma palavra final

Petnica teve um grande impacto na minha vida e na minha escolha de carreira. Ser aluna lá permitiu-me entrar no mundo da ciência e perceber melhor o que me interessava. Acho que aprendi ainda mais como colaboradora jovem. O nosso desafio era explicar coisas complicadas de uma forma que não fosse assustadora para alguém sem preparação formal. Era sempre fascinante ver a rapidez de aprendizagem dos alunos ultrapassar todas as minhas expectativas. Por vezes, os alunos faziam perguntas a que não conseguia responder facilmente – nessas situações fui eu que tive de aprender mais para lhes explicar. Às vezes, na universidade aprendemos a matéria muito rapidamente para acabar a cadeira com notas boas, e há certas coisas que encaramos como “dadas”, sem questionar – acontece que nem notamos por falta de tempo que haja qualquer coisa que não foi bem entendida. Ter alunos do Petnica a fazerem muitas perguntas faz com que também

nós pensemos mais e fiquemos com um entendimento mais profundo.

No ano passado, fui contactada por um aluno de física que quis fazer um projecto na minha área. Tornei-me sua orientadora. Esta colaboração fez com que eu percebesse porque todos os professores voltam sempre a doar tempo precioso aos alunos do Petnica – mesmo que isso não represente um grande resultado científico. É porque o entusiasmo é contagiante! Os bons alunos podem motivar os professores tanto como os bons professores motivam os alunos. Acompanhar alguém no início do seu percurso e ver o seu rápido progresso dá energia para enfrentar as outras tarefas do dia-a-dia, às vezes muito menos interessantes.

Quem quer trabalhar em ciência tem que ter muita curiosidade e paixão pelo conhecimento. Partilhar essa paixão com outros dá um grande prazer, e o centro científico Petnica é isso mesmo – um sítio para partilhar a paixão pela ciência sem limites e sem as estruturas tradicionais.



## Olimpíadas regionais da física na Madeira Carla Quintão



Tiveram lugar na Madeira, no passado dia 3 de Maio, as Olimpíadas Regionais de Física. O evento, que decorreu simultaneamente em todas as regiões do país, contou neste arquipélago com um número recorde de participantes. Seis grupos de estudantes do escalão A, num total de 18 alunos, e 20 estudantes do escalão B, estiveram presentes nas provas, que se realizaram nas instalações da Universidade da Madeira.

O investimento na promoção das Olimpíadas de Física, que a delegação Sul e Ilhas da SPF tem vindo a fazer junto das regiões autónomas da Madeira e dos Açores, tem sido premiado com um crescente número de jovens que, devido ao seu entusiasmo por esta ciência, trocaram o descanso de sábado pela participação nesta competição.

A delegação Sul e Ilhas da SPF aproveita a ocasião para agradecer à Universidade da Madeira e, em particular, aos colegas do Centro de Ciências Exactas e da Engenharia desta universidade o inestimável apoio que prestaram na realização das provas. Um obrigado também a todos os colegas das escolas básicas e secundárias que, por um lado, motivam e acompanham os seus alunos a estas iniciativas, e por outro as publicitam juntos dos colegas. Finalmente, uma palavra especial a todos os alunos que se juntaram a nós e, claro... os nossos parabéns ao Carlos Vasconcelos, ao José Henriques e ao Victor Narciso do Colégio Salesianos Funchal, o grupo que ganhou no escalão A, e ao João Coelho da Escola Secundária Jaime Moniz, ao João Silva da Escola Básica e Secundária Bispo D.M.F. Cabral e ao Pedro Silva da Escola Básica e Secundária da Calheta – Madeira, que ocuparam os três primeiros lugares do escalão B.

## Prémios para toda a equipa nas Olimpíadas Internacionais de Física Fernando Nogueira

As XLV Olimpíadas Internacionais de Física decorreram em Astana, a nova capital do Cazaquistão, de 13 a 21 de julho. Participaram 374 estudantes finalistas do ensino secundário de 85 países. Nesta competição anual, jovens estudantes pré-universitários são convidados a demonstrar a sua preparação em Física em dois longos e difíceis exames – um teórico e um experimental. O nível de conhecimentos requeridos vai muito para além do programa do secundário de Física, envolvendo

por parte dos estudantes imenso esforço e dedicação durante a fase de preparação. O vencedor absoluto deste ano, que obteve a melhor classificação no conjunto dos dois testes, foi um estudante da República Popular da China, Xiaoyu Xu. Os prémios para melhor prova teórica, melhor prova experimental e vencedor absoluto foram todos atribuídos a alunos diferentes, o que atesta o grau de dificuldade da prova.

Os *team-leaders* que acompanharam a delegação, Fernando Nogueira e Rui Travasso, fazem um balanço muito positivo da prestação portuguesa: “A prestação global dos nossos estudantes foi melhor do que nos anos anteriores, havendo desta vez um bom equilíbrio entre as classificações na prova teórica e na prova experimental.”

Os docentes da Universidade de Coimbra salientam que “as questões da prova teórica foram muito difíceis, exigindo muito à vontade em tópicos de Física a que os estudantes só foram expostos no processo, curto, de preparação para a IPhO. A prova experimental foi muito longa, e era necessário ter grande destreza experimental para conseguir recolher e analisar todos os dados em tempo útil. Aliás, as classificações gerais foram, de longe, as mais baixas de sempre. Foi o árduo trabalho individual de preparação ao longo do ano, para além da escola, que foi aqui posto em evidência. Os professores destes alunos tiveram também um papel de extrema importância, visto que a preparação experimental foi feita com eles, nas escolas e fora do horário normal. A deficiente preparação experimental ministrada no nosso ensino teria sido claramente insuficiente para realizar esta prova.”

A lista dos estudantes portugueses foi a seguinte: João Moreira (Colégio Luso-Francês, Porto), medalha de bronze; Duarte Magano (Colégio Luso-Francês, Porto), menção honrosa; Diogo Cruz (E.S. Domingues Sequeira, Leiria), menção honrosa; António Carneiro (E.S. c/ 3º ciclo de S. Maria da Feira), menção honrosa; Afonso Santos (Colégio de Santa Doroteia, Lisboa), menção honrosa.



Equipa portuguesa na XLV Olimpíada Internacional de Física IPhO'2014. Da esquerda para a direita: Rui Travasso (team-leader, Univ. Coimbra), Carlos Azevedo (observador, Colégio Luso-Francês), Diogo Cruz, Duarte Magano, João Moreira, António Carneiro, Afonso Santos e Fernando Nogueira (team-leader, Univ. Coimbra).

# TABELA DE PUBLICIDADE 2014



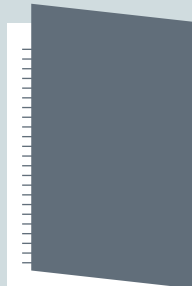
A) verso da capa



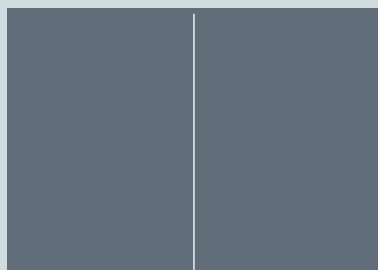
B) destacável/folha



C) verso da contracapa



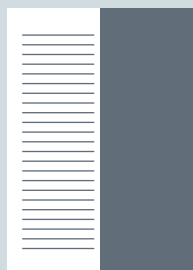
D) contracapa



E) página dupla



F) página inteira



G)  
coluna ou  
1/2 página

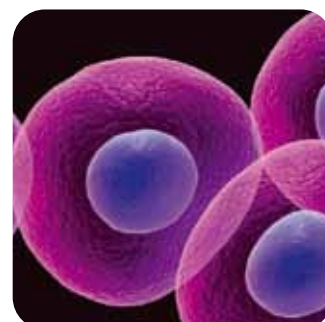
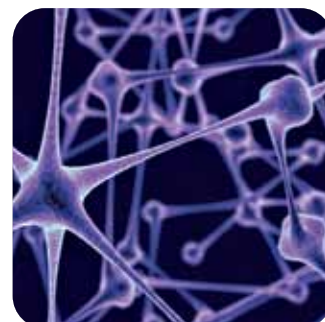
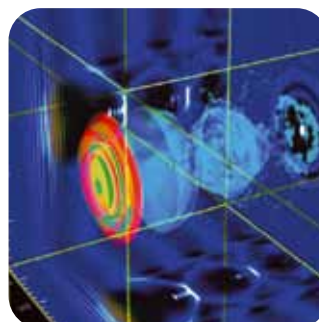
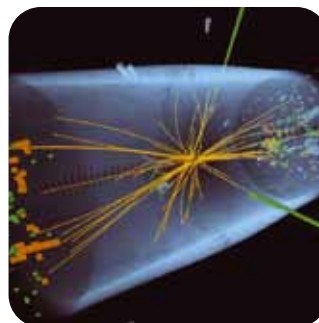


H)  
1/4 página  
ou faixa

Posição	Preço (Euros)	
	Ímpar	Par
A	900	
B	900	
C	900	
D	1200	
E	1000	
F	600	550
G	400	350
H	250	200
banner website	100/mês	



Para os físicos e amigos da física.  
WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT



Aos preços da tabela acresce o IVA à taxa em vigor

Descontos de quantidade:

2X: -20%      3X: -25%      4X: -30%

Tiragem anual 2013:

5400 exemplares

Contactos:

Sociedade Portuguesa de Física

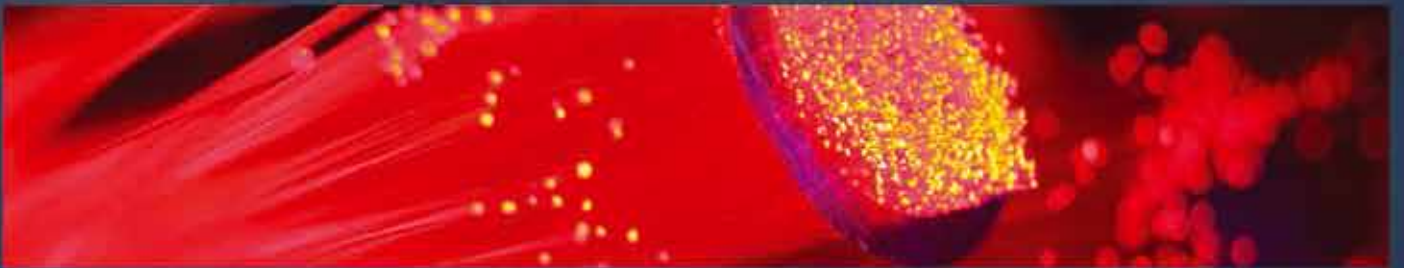
Av. República 45 3ª eq. · 1050-187 Lisboa

Tel: 351 21 799 36 65 · spf@spf.pt



# INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT 2015

[www.light2015.org](http://www.light2015.org)



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015

