

23

Outubro 2004

NÚCLEO  
DE FÍSICA

# PULSAR

REVISTA DO NÚCLEO DE FÍSICA DO I.S.T.

## LEFT 20 anos

http://nfist.ist.utl.pt/~pulsar • pulsar@nfist.ist.utl.pt

### ENTREVISTA

Engenheiro  
Paulo Silva  
-Renova



### E-LAB

um laboratório inovador



2ª ESCOLA DE  
ASTROFÍSICA  
E GRAVITAÇÃO



## Apoios:



# Departamento de Física

Esta edição da Pulsar tem o apoio de:

[www.e-escola.UTL.pt](http://www.e-escola.UTL.pt)



Formar a escola de amanhã



## FICHA TÉCNICA

Pulsar é uma publicação do NFIST de distribuição gratuita.

**Tiragem:** 1700 exemplares

**Site:** <http://pulsar.nfist.ist.utl.pt>

**Morada:** Instituto Superior Técnico, Edifício Ciência,  
Piso 2 - Secretaria de Física.  
Av. Rovisco Pais, 1096 LISBOA Codex

**Telefone:** 218419075

**Fax:** 218419013

**e-mail:** [pulsar@nfist.ist.utl.pt](mailto:pulsar@nfist.ist.utl.pt)

### DIRECÇÃO:

Ricardo Figueira

### COORDENAÇÃO:

Raquel Pinto

### GABINETE DE IMAGEM:

Gonçalo Pereira - Montagem  
Pedro Miguel Cruz - Capa

### GABINETE DE ARTIGOS:

Francisco Burnay  
João Cardoso  
João Mendes Lopes  
Maria João Rosa  
Raquel Pinto

### SECÇÃO CULTURAL:

João Mendes Lopes  
João Seco

# ÍNDICE

<b>Editorial</b>	<b>3</b>
<b>Secção de Instantâneos</b>	<b>4</b>
<i>As novidades do mundo científico</i>	
<b>Local</b>	
<i>Diário de um caloiro da LEFT</i>	<b>5</b>
<b>NFIST</b>	
<i>O NFIST na Festa do Avante</i>	<b>6</b>
<i>Circo da Física</i>	<b>7</b>
<b>Entrevista</b>	
<i>ao Engenheiro Paulo Silva</i>	<b>8</b>
<b>Comemorações dos 20 Anos da LEFT</b>	
<i>Left: O Começo</i>	<b>11</b>
<i>Os 10 primeiros Licenciados</i>	<b>12</b>
<b>elab: um laboratório inovador</b>	<b>14</b>
<b>2ª Escola de Astrofísica e Gravitação</b>	<b>16</b>
<b>Ondas-Fonte Inesgotável de Energia</b>	<b>18</b>
<b>Astromodelismo</b>	<b>20</b>
<b>Prémio António da Silveira</b>	<b>22</b>
<b>Secção Cultural</b>	<b>23</b>

## Editorial

A VIII Semana da Física está aí e com ela uma nova Pulsar. À semelhança da exposição, que tem vindo a atrair milhares de alunos do ensino secundário ao Instituto Superior Técnico para ficarem a saber um pouco mais sobre Física, também esta edição da Pulsar se vai debruçar sobre as Comemorações do Vigésimo Aniversário da Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica (LEFT). O objectivo é simples: descobrir um pouco mais sobre o percurso que os primeiros licenciados da LEFT fizeram ao longo destas duas décadas.

Num período em que se fala, cada vez mais insistentemente, da crise no ensino da Física, é importante fazer ver à sociedade em geral que existe um grupo de estudantes, cientistas e engenheiros nacionais que se dedicam ao estudo, desenvolvimento e aplicação desta disciplina e que têm vindo a alcançar um sucesso assinalável. No entanto, apesar do panorama negro, é reconfortante ver que ainda existem uns quantos corajosos que ingressam nesta vida de trabalho e sacrifício por forma a que ao fim de alguns anos possam dizer que compreendem um

bocadinho melhor (ou desconhecem um pouco menos???) o Universo. Foi um destes corajosos alunos do primeiro ano que desafiámos para nos contar a experiência de entrar na LEFT.

Na busca incessante pelo saber que, supostamente, “não ocupa lugar”, surgem iniciativas como a II Escola de Verão de Astrofísica para a qual a Pulsar se encarregou de enviar um “repórter” para acompanhar de perto e posteriormente testemunhar esta iniciativa promovida pelo CENTRA que contou com a participação de estudantes de todo o país e que se deslocaram até ao IST – Alameda vindos de todo o país.

É para evitar que qualquer pessoa que queira saber um pouco mais sobre Física tenha de percorrer grandes distâncias para o fazer, que surge um projecto como o e-lab que promete tornar as experiências basilares do conhecimento científico acessíveis a qualquer pessoa com uma ligação à Internet e um computador.

Para além destes temas, há muito mais para ler nesta edição da Pulsar. Espero que gostem!

Ricardo Figueira ■

## Dome C – melhor local de observação terrestre

Nova descoberta sugere que a região central da planície Antártica (Dome C) é o melhor local na Terra para observar as estrelas, e pode ser uma opção melhor do que o espaço para os novos telescópios, desenhados para procurar vestígios de vida noutros planetas.

Entre as vantagens em contruir um observatório neste local destacam-se o facto de ser extremamente barato e poder ser actualizado regularmente.

<http://www.phys.unsw.edu.au/nature/>



## ESA verifica o primeiro satélite experimental do sistema Galileo

O modelo estrutural dos dois primeiros satélites experimentais da constelação Galileo está actualmente a ser testado pela Agência Espacial Europeia, com o objectivo de orbitar de modo a assegurar as frequências atribuídas a este mesmo projecto, medir a radiação ambiente e ainda fornecer informações indispensáveis para o desenvolvimento desta constelação.

[http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC_index_0.html)

## Missão WISE

Foi aprovada uma nova missão da NASA (Wide-field Infrared Survey Explorer) que poderá detectar as Anãs-Castanhas (estrelas próximas do Sistema Solar que ainda não foram descobertas por serem muito pequenas e “frias”) e colisões de galáxias, graças ao varrimento integral do céu no infravermelho.

<http://ds9.ssl.berkeley.edu/wise/>

## Tempestade Cósmica

Foi observada uma violenta colisão entre dois enxames de galáxias próximas por uma equipa internacional de cientistas da ESA, com a ajuda do telescópio XMN-Newton. O choque deu-se com duas frentes meteorológicas de alta-pressão, criando condições para a criação de “furacões”, atirando, desta forma, galáxias para longe do seu percurso.

<http://www.cosmovisions.com/Abell754.htm>

## LOFAR já está a ser construído

O LOFAR mede 350 km, não tem partes móveis e é “a menina dos olhos” dos radioastrónomos. Este rádio-telescópio pode ser apontado em muitas direcções ao mesmo tempo podendo tirar fotos, quase interruptamente, a todo o céu; está a ser construído na Holanda e vai ser constituído por 15000 pequenas antenas de rádio ligadas por fibra óptica a um supercomputador.

<http://www.lofar.org/>

## Mais duas luas para Saturno

A sonda Cassini descobriu duas novas e pequenas luas em Saturno. A S/2004 S1 e a S/2004 S2 encontram-se entre Mimas e Encelado, e têm cerca de 3 quilómetros. Na realidade, a S/2004 S1 pode ser o S/1981 S14 avistado pela sonda da Nasa Voyager.

<http://saturn.jpl.nasa.gov>

## Asteróide Toutatis aproximou-se da Terra

No passado mês de Setembro, dia 29, o asteróide Toutatis fez a maior aproximação do planeta Terra desde 1353, passando a cerca de 1 550 000 km (cerca de 4 vezes a distância à Lua).

Em 2562, o asteróide de grandes dimensões voltará a aproximar-se de nós.

<http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2004/>

## Cinquentenário do CERN

No âmbito do cinquentenário do CERN, o LIP está a organizar um conjunto de palestras para o público, nomeadamente jovens estudantes do secundário ou da faculdade, assim como professores do secundário ou curiosos em geral. As palestras realizar-se-ão no IST entre Novembro e Dezembro.

A inspiração dessas palestras baseia-se nas páginas da web do CERN:

“The historical milestones in 50 years of science”:

[http://intranet.cern.ch/Chronological/2004/CERN50/50ansSciences/1954\\_en.html](http://intranet.cern.ch/Chronological/2004/CERN50/50ansSciences/1954_en.html)

(v. p.: <http://www.lip.pt/~bordalo/cern50/hm1954.htm>),

É necessário ter em conta que os físicos experimentalistas de partículas portugueses participaram(rão) em cerca de metade desses marcos (1968, 1976, 1989, 1990, 1999, 2000, 2007).

As palestras estão divididas em 4 sessões de 1 hora e terão o título geral de:

**“50 Anos do CERN - Participação portuguesa nos marcos históricos do CERN”.**

Para mais informações devem contactar a Prof.ª Paula Bordalo no LIP.



# Diário de um caloiro da LEFT

por Daniel Mendes 1º ano

O dia é o décimo quarto no nono mês do duomilésimo quarto ano da graça de nosso senhor.

E há um certo frio, um tiritar. Há um certo céu plúmbeo e opressivo que agoira males indizíveis. Nada é coincidência nesta sequência de presságios. E há um quê de titubear em todo o movimento.

Este é o cenário do preâmbulo para a nossa condenação. O IST a dez, nove, oito, sete, seis passos. Este é o ponto de não retorno.

Ainda podes desistir. Pensa bem.

Como queiras, eu avisei.

Senhores e senhoras, ladies and germs, please fasten your seatbelts - this will be one hell of a ride. Bem-vindos à LEFT!

Uma, duas, três, quatro, cinco horas depois e as matrículas são favas contadas. E depois tentar – só tentar! - conhecer o IST, o NFIST e toda a gente com quem vamos partilhar, pelo menos, os próximos cinco anos.

Segunda-feira. Segunda aula: Física Experimental. Três seguranças na sala de aula e nós, “hum?”. Um professor completamente surreal e nós, “o quê?”. Uma apoplexia fulminante, o prof. no chão, e é o auge, toda a gente a rir! Os veteranos a entrar e a rir connosco – “aula de praxe, pessoal!”. Mas desengane-se quem julgou que era finda a brincadeira: uma professora russa, piões e paraquedistas de plástico em miniatura... Sim, mais uma aula à guisa de praxe. Agora sim, fomos apanhados desprevenidos – já nem queríamos acreditar que não havia nenhuma professora Anna Mourvna, que o sotaque refinadíssimo era, isso sim, um sofisticado logro.

Por esta altura eram já horas de almoço e o local escolhido foi a (muito justamente) aviltada cantina da AEIST. Dissabores culinários à parte, estávamos prontos para um FotoPaper por Lisboa e arredores. Claro que não chegámos a conhecer metade do que podíamos, muito menos ainda do que queríamos, mas todos se tiveram por contentes.

Com tudo isto passaram 2 dias e já é quinta-feira, noite de festa! Por infelicidade, a má fama da zona adjacente ao IST concretizou-se nesta noite de tertúlia e na pessoa de uma colega: um assalto violento que, por sorte, não teve consequências mais graves. Serviu para nos avisar, suponho.

Já não era cedo quando os Pentaquark abriram as hostilidades; confesso que me faltam superlativos que façam jus a este portento de quinteto jazz-rock-punk-metal-grunge-e-eu-sei-lá-mais-o-quê. Entre a Karma Police e A Minha



Casinha ia-se convivendo, com algum mosh pelo meio e muita cerveja pelo chão. Mas o que é bom dura pouco e, depois de apresentados os caloiros um a um, deu-se por terminada a sessão.



Por esta altura ainda nem toda a gente se conhece. Provavelmente são menos os nomes que sei do que os que desconheço. De certo ainda não me oriento bem no campus e com algum azar perco-me nos corredores labirínticos de um qualquer pavilhão. Mas hoje, duas semanas passadas desde o dia das matrículas, ainda não se esgotaram todas as maquinações dos veteranos para nos ambientar a esta nova realidade – o IST, a LEFT e a grande parte da nossa vida que lhes vamos dedicar.





# O NFIST na Festa do Avante

De certo já ouviram a expressão “O NFIST não pára!”... Duvidam? Ainda as férias tinham algo para dar e já os colaboradores do NFIST se encontravam prontos para fazer aquilo que tanto gostam... divulgar a Física! Desta vez o objectivo encontrava-se do outro lado do Tejo, na já famosa Quinta da Atalaia. Foram três dias de árduo trabalho mas também de muita diversão: estamos a falar, evidentemente, da presença do NFIST na Festa do Avante nos dias 3, 4 e 5 de Setembro. No “Espaço da Astronomia e das Experiências de Física”, espaço quase totalmente destinado ao NFIST, estavam disponíveis muitas experiências do Circo, o telescópio da Astro e ainda o telescópio do Professor Máximo Ferreira, que mais uma vez nos acompanhou nesta nossa missão de divulgação da Ciência, em geral, e da Física, em particular.

Apesar da imensidão do recinto da Festa e da qualidade da maioria dos espaços (como o Pavilhão Central ou a Cidade da Juventude), a zona preferida dos colaboradores era, obviamente, a enorme tenda do Circo que, para além de ser o local onde montámos toda a exposição, acabou por também nos servir de “acampamento”... Na sexta-feira, quando chegámos ao recinto começámos logo a trabalhar, preparando de imediato toda a exposição e abrindo-a ao público o mais depressa possível, e esquecemo-nos de montar as tendas onde iríamos dormir. Quando chegou a hora de fecharmos, a única opção viável foi mesmo a “arrecadação” do nosso espaço. Inicialmente até pareceu bastante divertido dormir no local de trabalho, mas só até sabermos que o nosso segurança era um lindo e carinhoso dobberman...



Temos de confessar que após o primeiro dia, ao fim de um interminável fluxo “camarada vem, camarada vai”, quando muitos de nós já nem sequer tinham voz devido às inúmeras horas seguidas de

explicações, pensámos: “Amanhã vai estar mais calmo. Já todos viram e ouviram o que aqui existe.”. Enganámo-nos, (in)felizmente enganámo-nos... No segundo dia abrimos as portas da tenda ainda mais cedo e, de facto, mesmo antes de aberto o espaço, já havia procura do telescópio, de uma experiência que ficou por explicar na véspera, do *Cosmos* de Carl Sagan que ficou a meio... É espantoso e extremamente gratificante, ver que, apesar de estarmos numa Festa conhecida pela diversão, pelos concertos e pelas barraquinhas de bebida, continuam a existir pessoas interessadas em Ciência. E é ainda mais extraordinário ver que no meio do nosso imenso público encontramos pessoas de todas as idades, de todas as classes sociais, com níveis de formação completamente distintos, mas igualmente interessadas naquilo que tínhamos para lhes mostrar. Numa época em que as



que torna o nosso trabalho tão gratificante!

Mas apesar de tudo (da humidade que não ajudava ao bom funcionamento do Van Der Graff, do calor que se fazia sentir na tenda, dos palpites de vários apreciadores de ficção científica...), alguns ainda tinham forças para a festa, para escapar e ver um concerto, para tomar uma boa refeição em qualquer uma das barraquinhas disponíveis, para conviver com as diferentes pessoas que por ali andavam...

Quando chegou o último dia da festa, mesmo extremamente cansados como estávamos todos, continuámos o nosso trabalho, apoiados ora pelos pães com chouriço da padaria de Leiria e pela carrinha da Delta, ora pela mais recente inovação do NFIST - cartazes criados por alguns colaboradores destinados a auxiliarem a explicação dos fenómenos físicos por detrás de algumas das experiências do Circo.

Escolhas partidárias à parte, o ambiente que se viveu era bastante agradável e o balanço final foi extremamente positivo. Também mais não seria de esperar quando um grupo de pessoas se junta pela mesma causa. E é por o NFIST ser feito de pessoas como estas, empenhadas na sua “missão” de divulgação científica, que acreditamos na continuidade do nosso Núcleo, quer enquanto dinamizador de projectos já existentes, quer como sede de projectos ainda mais inovadores.



Por fim, restam-nos os agradecimentos: ao Professor Máximo Ferreira, pela preciosa ajuda na área da Astronomia; à Sílvia Silva, da organização da Festa do Avante; a todos os colaboradores que acompanharam o Circo e a Astro, em especial aqueles que se estrearam nestas “andanças”; a todos os que nos visitaram e nos deram, directa ou indirectamente, ânimo para os projectos que se seguem; a quem colabora no Núcleo e não pôde estar presente na Festa; a quem acredita no nosso funcionamento e nos apoia em todas as nossas actividades; e por fim um agradecimento muito especial aos nossos colegas que desde sempre acompanharam o NFIST, e que esperamos continuar a ver nas actividades do Núcleo com o seu novo estatuto de Engenheiros. ■



# Circo da Física

Olá meninos e meninas!

O “Circo da Física” está de volta nesta nova edição da Pulsar para vos mostrar mais uma experiência que podem realizar em casa.

Agora que toda a direcção do Circo está no segundo ano, inspirámo-nos na cadeira de Termodinâmica para vos trazer uma experiência sobre “Processos de Transferência de Calor”.

Divirtam-se!

A transmissão de calor ocorre aquando da passagem de energia térmica de um local para outro (ou de um corpo para o outro, ou de uma parte para outra do mesmo corpo). A transmissão pode processar-se através de condução, convecção e irradiação.

Para esta experiência é apenas necessário explicar a condução...

Este processo de transmissão de calor, em que a energia passa de um local para outro, ocorre através das partículas que separam este mesmos locais. Na região mais quente as partículas têm mais energia, logo vibram com mais intensidade, ao vibrarem transmitem esta energia para as partículas vizinhas e assim sucessivamente. Desta forma, a condução não pode ocorrer no vácuo porque é necessário um meio material de propagação.

A expressão do fluxo de calor é dada por  $\dot{Q} = (c \cdot A \cdot \Delta T) / L$ , em que “c” é o coeficiente de condução térmica; este valor é grande para bons condutores como o metal e pequeno para maus condutores como a madeira.

Agora que já temos noções básicas de condução, vamos construir um barco...

O material necessário é o seguinte:

- uma garrafa plástica de água (33cl);
- uma tesoura;
- um tubo de cobre com cerca de 30 cm de comprimento;
- uma vela (das redondas pequeninas);
- cola ou silicone;



Começamos por cortar a garrafa longitudinalmente pelo meio com a ajuda da tesoura (o gargalo da garrafa também pode ser cortado, embora não seja necessário). O nosso barquinho vai funcionar com um tubo de cobre macio que temos de dobrar em duas espiras (as espiras devem ser feitas no meio do tubo para que as pontas do mesmo tenham o mesmo comprimento) como mostra a figura:



Voltando à garrafa, é necessário fazer dois furos no fundo já cortado em que forçaremos as duas extremidades do tubo a passar; para haver boa retenção de água aplicamos silicone à volta dos furos.

Montagem final:

A garrafa cortada ao meio deve ser deitada, do lado do gargalo aplica-se a vela com a ajuda do silicone; depois

temos o tubo com as espiras já com as extremidades fora do barquinho através dos furos já feitos. Neste momento é necessário encher o tubo com água, ou com um conta gotas ou com a ajuda da palhinha, neste último caso, coloca-se uma extremidade dentro de água e a palhinha na outra extremidade (vedando-se com os dedos) de modo a sugar e a água entrar no tubo.

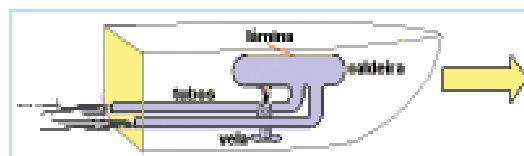
O barco está pronto para ser posto na água, a vela é



acesa e quando o tubo de cobre estiver suficientemente quente para aquecer a água que contem, o barco começa a andar, inicialmente dará um “solavanco” mas depois vai andar suavemente.

Este é o esquema dos barcos que se vendem com este funcionamento... (a caldeira são as duas espiras que fizemos)

Até aqui tudo bem, a vela aquece o cobre, a água entra



em ebulição e o vapor formado obriga a água a sair pelos tubos fazendo com que o barco ande para a frente. De acordo com esta explicação, o barco deveria parar quando se esgotasse a água no tubo, mas o que acontece é que os tubos aspiram mais água e o processo repete-se!!!!

Então vamos perceber porque é que a água é aspirada e porque é que quando isso acontece o barco não percorre a mesma distância mas no sentido contrário?

1º - o calor transferido pela vela converte parte da água em vapor; a pressão exercida por esse vapor desenvolve forças sobre a superfície da água que resta no tubo e impulsiona as colunas de água pelo mesmo fazendo-as emergir, juntamente com o vapor, em jacto pela traseira do nosso barco. Quando água e vapor saem do tubo, parte do vapor restante condensa-se na parte do tubo que está mais fria, e contrai, diminuindo a pressão, logo aspira água fria para dentro do tubo fazendo com que o ciclo recomece.

2º - quando a água é aspirada, entra segundo todas as direcções o que juntamente com a assimetria na emissão do jacto para trás resulta numa propulsão para a frente.

Vamos pensar na nossa respiração, se pusermos a mão à frente do nariz e expirarmos, sentimos o jacto de ar a sair, mas se inspirarmos não sentimos, ou seja, na expiração o ar sai numa direcção, na inspiração o ar é “sugado” de todas as direcções; é isto que se passa com o nosso barco.

Agora que já somos “cromos” em condução, mãos ao trabalho! ■

# ENTREVISTA AO ENGENHEIRO PAULO SILVA

por Joana Loureiro

Foi com simpatia que o Engenheiro Paulo Silva e alguns ex-colegas da LEFT me receberam na RENOVA, num peculiar gabinete, de onde sobressai um enorme quadro de ardósia, em que são visíveis a equação de Schrödinger e as equações de Maxwell! Seguiu-se uma agradável conversa, que desde o início misturou a paixão pela Física e o mundo dos negócios.

O Engenheiro Paulo Silva formou-se em Engenharia Física, na Escola Politécnica Federal de Lausanne, na Suíça (uma vez que, na altura, não havia este curso em Portugal), tendo terminado o curso em 1983.

Trabalha para a RENOVA há 20 anos e, até chegar ao actual cargo de Presidente do Conselho de Administração, que ocupa há já 10 anos, desempenhou diversas funções dentro da empresa: foi assistente de director da transformação de papel, director de transformação, director de produção, tendo depois começado a ocupar-se das áreas comerciais e administrativas.

## Enquanto estudante, o que o levou a optar pelo curso de Engenharia Física?

Enquanto estudante do Liceu, diria que foi uma procura do absoluto, de compreender o mundo. Foi essa procura que me serviu de referência e de motivação, foi o querer compreender o infinitamente grande e o infinitamente pequenino. Esta enorme vontade de conhecer vem desde sempre e desde muito cedo que fiquei fascinado com a matemática e com a física.

## O curso correspondeu às suas expectativas, ou durante o mesmo sentiu algumas dúvidas sobre a sua vocação ou sobre a estrutura do próprio curso?

Eu fui para a Suíça com 17 anos e eu tinha estado em Portugal na altura do 25 Abril, pelo que a mudança de entrar para uma Universidade com um elevado rigor foi um choque muito grande. Enquanto que em Portugal se tinha um ensino que tentava nivelar as pessoas pelo nível médio, eu, de repente, choquei com um ensino de elevada exigência e encontrava-me no meio dos melhores. Por isso foi logo uma mudança brutal. Durante o curso, cedo me apercebi que gostava muito da física teórica, embora estivesse em Engenharia. Gostava de física das partículas, apesar de não gostar do nome “física das partículas” (risos), gostaria de lhe chamar “física dos princípios”! Por outro lado, para mim, a física quântica foi uma das minhas grandes paixões, ou seja, durante o meu curso fui-me afastando da engenharia e fui mais para a física teórica pelo gosto de conhecer, de compreender. De facto, a física quântica ainda hoje me apaixona!

## Ao longo do curso quais eram as suas expectativas profissionais, no que é que se imaginava a trabalhar?

Investigação, investigação e investigação! Talvez fazer um Doutoramento (risos)! Como a minha vida foi diferente! A vida, às vezes, dá uma volta que não é aquela que uma pessoa espera. Quando eu acabei o curso queria vir para Portugal, era um desejo mais forte por razões pessoais, e na altura não havia física no Técnico. Foi então que fui à Faculdade de Ciências ver o que se fazia de investigação na área de física em Portugal. Foi de tal maneira decepcionante que achei que era melhor passar para a indústria! Mas enganei-me, afinal também havia possibilidade de fazer boa investigação em Portugal.



## Fale-nos um pouco do seu percurso até conseguir o seu 1º emprego (oportunidades que foram surgindo, dificuldades, opções que acabou por fazer, etc.).

Antes de ter o meu primeiro emprego passei por três meses complicados. Não foi tanto as dificuldades de ter ou não ter um emprego, era só dentro da minha cabeça, pois foi uma mudança radical ter decidido ir para a indústria, tendo passado uma vida inteira a julgar que me iria dedicar à investigação em física teórica. Não foi mesmo nada fácil, não em relação aos outros, foi em relação a mim, comecei a achar que todos os colegas engenheiros que eu conhecia, que não físicos, não tinham muitas dúvidas quanto aos seus interesses na indústria, uns queriam construir o melhor carro ou o mais rápido, e nada disso tinha a ver com os meus interesses nem com os dos meus colegas físicos. Mas era este o mundo “real”, e o aterrar no mundo real, onde se andava de fato e gravata e em que os objectivos de vida eram ter um BMW, um jipe e um cavalo e uma casa no campo, não tinham nada a ver com a minha vida e isso foi a parte mais difícil.

Depois surgiu a oportunidade de começar a trabalhar na RENOVA e aceitei, sendo que, de início, tinha muitas dúvidas e achava-me tolo e idiota. Todo o meu curso me tinha ensinado a questionar e a duvidar e talvez o trabalho de um engenheiro não fosse bem assim.

O que me levou a vir para a RENOVA foi o facto de haver uma ligação familiar com a empresa, pois o meu avô foi um dos accionistas, apesar de nunca ninguém da minha família ter trabalhado na RENOVA, e surgiu então o convite. A RENOVA era uma empresa grande e uma empresa onde eu achei que tinha a possibilidade de, estando em Portugal, ter um contacto com técnicos estrangeiros todos os dias, e isso era positivo. Este aspecto internacional de estar a ver pessoas de todo o mundo, todos os dias, para mim era um desafio que era interessante e resolvi experimentar!



**Uma vez inserido no mundo do trabalho, sentiu que o seu curso o tinha preparado para fazer face a essa nova realidade?**

Eu acho que sim, porque tinha-me ensinado a duvidar, a pensar, a pôr as coisas em causa, a conhecer o mundo, a ter vontade de aprender e, por outro lado, tinha-me dado uma capacidade de trabalho espectacular e um grande rigor de raciocínio. No entanto, não me tinha ensinado a trabalhar com pessoas, coisa em que eu me achava nulo, e se calhar aquilo em que eu tive mais prazer em trabalhar foi com pessoas, quando mais tarde descobri a gestão. Aí faço uma crítica em relação ao curso que fiz.

Nos primeiros tempos na Renova, cada dia era quase como um trabalho prático de física como os que fazia na Universidade, em que me diziam, por exemplo, que medisse a constante de Boltzmann e eu sabia que tinha 8h para me preparar, ir para a biblioteca e aprender o que era a constante de Boltzmann para que pudesse estar preparado quando chegasse ao laboratório. Na RENOVA passava-se o mesmo. Quando eu chegava ao laboratório e me deparava com um problema diferente todos os dias, em que não sabia o que ia fazer, tinha de ir pesquisar nos livros, informar-me junto de algumas pessoas, pegar no telefone. Sentia-me nas aulas práticas de física.

**Alguma vez se arrependeu de ter optado pela área da Engenharia Física ou, pelo contrário, acha que foi uma formação com um peso significativo na sua vida pessoal e profissional?**

Voltaria a fazer o mesmo curso! Teve um peso muito grande na minha vida pessoal e profissional...em momento algum me arrependi. Se me perguntar se, por algum instante, me arrependi de entrar para a indústria, eu diria que sim, agora do curso que fiz não. Eu quero é mais físicos à minha volta!

**Apesar de exercer funções na área empresarial, sente que aplicou/aplica os conhecimentos adquiridos ao longo da sua formação académica?**

É uma pergunta difícil. O meu curso foi cinco anos e já estou aqui há 20 anos, o tempo académico começa a ser muito pouco na minha vida, uma vez que não faço investigação...mas do ponto de vista da metodologia, de rigor, de raciocínio, a minha formação académica ajuda e muito. Eu acho que os físicos gostam de conceptualizar as coisas, de encontrar princípios que possam explicar as coisas e eu acho isso extremamente importante na minha vida. Ser-se curioso, tentar perceber o mundo, medi-lo, ter noção das dimensões, é importante para o dia a dia. Eu, hoje em dia, tento pegar num assunto que seja posterior à altura em que me formei e já sinto que está num mundo à parte, por exemplo, no outro dia quis estudar a Teoria das Super Cordas e não consegui avançar muito nos livros que comprei, o que me custa muito...gostava de entrar nesse mundo outra vez.

Eu tenho sempre, aqui, no meu gabinete, as Equações de Schrödinger e as Equações de Maxwell, porque acho que são obras-primas, apesar de não as usar no meu dia a dia, infelizmente (risos). Ainda hoje eu me obrigo a uma disciplina férrea que é estudar física. É um prazer que ninguém me pode tirar. Eu tenho pena que a maioria da Humanidade não tenha capacidade de perceber o poder que é a equação de Schrödinger.

**Fale-nos um pouco do seu percurso na empresa onde actualmente trabalha, a RENOVA.**

Eu acho que gostei de todas as funções que desempenhei na RENOVA. Eu costumo dizer que o meu recreio é o Marketing. Eu gosto muito das coisas que estão ligadas à inovação e a física ajudou-me, por exemplo, a ter físicos a trabalhar comigo e gostava de ter mais físicos na RENOVA (risos).

**Há outros Engenheiros Físicos a trabalhar na Renova?**

Temos quatro engenheiros físicos a trabalhar connosco. Mas como já lhe disse, gostava de ter mais!

**Quando admitem Engenheiros Físicos, quais as expectativas que têm em relação ao seu desempenho?**

Inteligência. São criativos, inteligentes, com uma capacidade muito grande de, ao mesmo tempo, imaginar e matematizar, são duas coisas em que eu acho que os físicos são muito bons. E depois há físicos com interesses completamente diferentes...uns gostam de jogos de estratégias, outros já gostam de astronomia e isso também é interessante para uma empresa.



**Quais poderão ser as funções de um Engenheiro Físico dentro de uma empresa como a RENOVA?**

Pode estar ligado à inovação, pode estar ligado ao marketing, pode estar ligado à gestão, à administração (risos) ...pode ser tudo, fazendo uma boa universidade e tendo vontade, pode desempenhar qualquer função.

**Quais os conselhos que pode dar a um estudante de Engenharia Física?**

Eu, no outro dia, falei com um grupo de portugueses que fazem parte de uma associação que está em Aveiro. Estão a estudar nos Estados Unidos em Pós-Graduações e estavam cheios de dúvidas, e isto porque eram pessoas inteligentes e a dúvida está ligada à inteligência. Quanto mais lúcida é uma pessoa mais infeliz é. O que vos posso dizer é que duvidar é normal e é bom, é talvez o aspecto mais positivo que posso deixar aos estudantes de física. Não se deve ter muitas certezas sobre as coisas, pois o mundo é muito mais complexo do que parece. Digo-vos que são privilegiados, pois vão ter mais hipóteses de

escolha quer sigam uma vida mais académica ou uma vida mais ligada à indústria, ao contrário da maioria dos alunos que só têm uma via e que são mais felizes porque têm de fazer menos escolhas, mas acreditam que é bem pior terem menos escolhas! Em relação a mim, eu tentei sempre fazer aquilo que me deu mais prazer. Imaginava-me a passar a vida inteira a tentar resumir todas as coisas numa equação única e não foi no que trabalhei! As coisas não são irreversíveis...devem ter prazer em aprender e fazer aquilo que gostam enquanto têm a idade que têm. Tenham sempre em mente que é possível mudar e eu ficaria preocupado se não tivessem dúvidas, seria sinal que algo de errado se passava. Façam o que gostam e sem angústia!

### **Que conselhos daria a um recém-licenciado em Engenharia Física?**

Mais uma vez diria para fazer o que gosta! Se acha que deve continuar numa carreira académica, então lute muito para alcançar a vida académica; se, por outro lado, acha que deve mudar, então lute, mas trabalhe, procure, pois as coisas não caem do céu aos trambolhões. E eu sei que vocês são capazes, até porque acredito que os cursos antigamente eram muito mais fáceis, havia algumas noites mal dormidas mas as coisas agora também não são nada fáceis!

### **Até que ponto lhe parece importante e necessária uma formação pós-licenciatura (MBA, Mestrado, Doutoramento) para um jovem licenciado que opte por uma área que não a de investigação?**

Eu acho que a formação é sempre importante, mas acho que em Portugal se criou uma certa necessidade de fazer Pós-graduações, e para quem não quer seguir a carreira académica pode não ser muito importante. Ou seja, para mim é um pouco irrelevante. Agora estou a falar como uma pessoa que quer recrutar pessoas e aí acho que no limite pode mesmo ser negativo. Acho que é preferível fazer coisas e não ficar a vida inteira a investir em formações, doutoramentos, pois podem cair num certo erro, já que a vida numa indústria é um bocadinho diferente da vida académica. São precisos resultados num curto espaço de tempo e, por vezes, não são essas formações que nos dão essa capacidade. Mas não quero dizer com isto que a formação não seja boa, só não acho que seja essencial. Se tiver de escolher entre um aluno licenciado em Engenharia Física no IST com média de 20 e um aluno com um Doutoramento numa universidade nova com média de 14, para mim a escolha está feita.

### **Acha que há em Portugal oportunidades de trabalho para Engenheiros Físicos?**

Há! Eu ofereço lugares. Acho que, agora, o curso de Engenharia Física é bastante mais reconhecido do que aquilo que foi. Quando eu decidi fazer Engenharia Física, se calhar a maioria das pessoas não sabia o que era, não era química nem electricidade. E hoje em dia isso já não é bem assim, apesar de agora se chamar Engenharia Física Tecnológica (eu não percebo o que está aí a fazer o "tecnológica", acho completamente redundante, eu chamava-lhe só física!). Por outro lado, não percebo por que é que não são reconhecidos pela Ordem dos

Engenheiros. Acho, isso sim, que os Engenheiros Físicos deveriam fazer o favor de deixar a Ordem dos Engenheiros acreditá-los (risos)!

### **Qual a sua opinião sobre os Engº Físicos formados pelo IST?**

Eu conheço dois ou três que trabalham comigo, não conheço mais, mas eles são tão diferentes uns dos outros que não sei se há uma "marca" de engenheiros físicos do Técnico. São inteligentes e senti o mesmo rigor que tive na minha formação. São pessoas com quem se tem um relacionamento muito fácil, pela maneira de pensar, de falar, temos uma linguagem comum, entendemo-nos muito bem, há uma maneira de dizer as coisas que nos permite comunicar muito facilmente e, por vezes, com outros engenheiros não se passa o mesmo. O facto de matematizarem facilmente os problemas, permite criar uma certa cumplicidade, um certo código. Eu, por exemplo, tenho muitas dificuldades quando tenho de falar com pessoas ligadas às Ciências Sociais, é outro código completamente distinto!

### **Pelo contacto que tem com engenheiros físicos, acha que o curso de Engenharia Física deveria abordar outros temas que seriam importantes para o mundo empresarial, ou essa aprendizagem pode ser feita uma vez inseridos na indústria?**

Acho que não tenho nada a apontar, não notei nada. Também não conheço muito bem a componente curricular do curso, mas vendo os resultados não tenho nada a criticar, a não ser uma coisa. No meu tempo, nós tínhamos muitos exames orais, ou seja, ensinavam-nos muito a falar, a apresentar coisas, talvez tenha notado no Técnico uma falta de preparação oral. No princípio, notei talvez uma certa timidez das pessoas em falarem em público, mas pode ser característica dos que trabalham aqui e não do técnico. ■



*A equipa da Pulsar agradece ao Engenheiro Paulo Silva a sua disponibilidade e simpatia.*

A LEFT, em minha opinião, nasceu de uma tentativa do Departamento de Física resolver dois problemas. Por um lado, responder ao “ataque” dos outros departamentos do IST que achavam que havia física a mais; por outro, a percepção que havia alunos que não ficavam satisfeitos com as perspectivas abertas com as saídas profissionais oferecidas com as licenciaturas tradicionais do IST. A partir daí, foi a aventura!

Tanto quanto me lembro, a licenciatura começou a ser “cozinhada” em Janeiro de 1981, passando a ser discutida no departamento a partir de meados desse ano. A discussão durou algum tempo: embora a maioria estivesse de acordo com a ideia, havia alguns medos. Por exemplo: não estaremos a ser levados pelos outros departamentos que o que querem é tirar-nos as cadeiras em troca duma inexistente licenciatura? Ou ainda: se nós damos uma licenciatura em física, não passará a faculdade de ciências também a querer dar licenciaturas em engenharia? Vendo à distancia estes problemas são, no mínimo, ridículos. Julgo que a LEFT respondeu da melhor maneira aos dois problemas que se punham ao departamento. Com a LEFT o departamento ganhou prestígio e peso na escola.

Uma das ideias, que se revelou brilhante, foi a de começar a LEFT não a partir do primeiro ano, mas a partir do terceiro, com alunos vindos de qualquer licenciatura. Isso permitiu a desnatação dos melhores cursos do IST, em particular Electricidade e Química. O primeiro curso foi excelente, mas, o que ainda é mais difícil, os que se seguiram, também o foram.

Desde sempre se colocou a questão de saber se eram mesmo engenheiros. Ou, o que é isso da Engenharia em Física Tecnológica? Num país conservador, as coisas boas são aquelas que já existiam antes. É (ainda) assim em Portugal. E portanto não é de admirar que, numa uma Ordem dos Engenheiros cheia de licenciaturas que são verdadeiras e estimáveis relíquias, haja dificuldade em entender uma licenciatura que está na margem entre a ciência e a tecnologia, e que só se interessa, no essencial, com o futuro. A seu (dela) tempo a Ordem há-de entender...

Julgo que o que faz falta é trazer mais gente, criar uma estrutura de apoio e de defesa da Engenharia Física Tecnológica, juntando os antigos alunos e avançando com uma rede de cumplicidades e de interesses em que haja capacidade, inclusivamente financeira, para explicar o papel inovador que a Engenharia Física Tecnológica tem na sociedade portuguesa. ■

## Programa das Comemorações dos 20 anos da LEFT

[http://galileu.fisica.ist.utl.pt/20anos\\_left.htm](http://galileu.fisica.ist.utl.pt/20anos_left.htm)

**18 de Outubro 2004, 10h, Salão Nobre do IST**

**SESSÃO SOLENE INAUGURAL**

[http://galileu.fisica.ist.utl.pt/Sessao\\_20anos.htm](http://galileu.fisica.ist.utl.pt/Sessao_20anos.htm)

Actos Solenes:

- Alocução do Presidente do Departamento de Física
- Atribuição do título de Sócio Honorífico do Núcleo de Física do IST ao Professor Lopes da Silva
- Assinatura de protocolo IST/DF – Fundação Calouste Gulbenkian, relativo ao Prémio Professor António da Silveira  
<http://galileu.fisica.ist.utl.pt/premioProfSilveira.htm>
- Assinatura de protocolo IST/DF – Banco Barclays, relativo ao Prémio Barclays para o Melhor Licenciado da LEFT  
[http://galileu.fisica.ist.utl.pt/Premios\\_left.htm](http://galileu.fisica.ist.utl.pt/Premios_left.htm)
- Entrega de Prémios a alunos
- Entrega ao IST de parte do espólio bibliográfico do Professor António da Silveira

**Durante o ano lectivo 2004/2005:**

**SEMINÁRIOS LEFT – 20 ANOS**

4 sessões com 3 seminários por sessão, distribuídas da seguinte forma:

- 2 sessões com participação de empresários / engenheiros exteriores ao DF



- 2 sessões com participação de ex-alunos da LEFT: empresários / cientistas

**NOVA SEPARATA DE DIVULGAÇÃO DA LEFT**

Actualização dos conteúdos da actual separata, incluindo um curto historial da LEFT, informações sobre os seus antigos alunos e uma referência à nova estrutura curricular da licenciatura após criação dos ramos de Física e de Tecnologia.

**REDE DE LICENCIADOS DA LEFT**

[http://galileu.fisica.ist.utl.pt/rede\\_left.htm](http://galileu.fisica.ist.utl.pt/rede_left.htm)

Objectivo: promover uma aproximação entre a licenciatura e os seus antigos alunos, permitindo um reforço do contacto entre o DF e o tecido empresarial, de produção e de I&D.

**No final do ano lectivo 2004/2005**

**ALMOÇO CONVÍVIO** (Alunos da LEFT, Ex-alunos da LEFT e Professores do DF) ■



No âmbito das Comemorações dos 20 anos da LEFT, a Pulsar decidiu procurar os 10 primeiros licenciados deste curso. De Portugal até à Bélgica, da Física à Gestão Empresarial, encontrámos 10 pessoas muito distintas mas com uma paixão comum: a Física.

No entanto, devido ao extenso tamanho de todas as entrevistas que realizámos, optámos por seleccionar apenas as respostas que nos pareceram mais relevantes. As entrevistas podem ser consultadas na íntegra em:

<http://pulsar.nfist.ist.utl.pt>

## Quem são?

António Ferraz - Dep. de Física do IST

Fernando Barão - Dep. de Física do IST

João Bizarro - Dep. de Física do IST

Luís Lemos Alves - Dep. de Física do IST

Luís Melo - Dep. de Física do IST

Paulo Fonte - LIP Coimbra

Pedro Resende - Dep. de Matemática do IST

Pedro Sebastião - Dep. de Física do IST

Rui Ferreira - IBM Bélgica

Rui Pires - Fac. de Ciências da UCP

*Quais considera terem sido as maiores dificuldades que a LEFT enfrentou nos seus primeiros anos? Entretanto foram ultrapassadas?*

Sobretudo falta de meios laboratoriais. Neste momento parece-me melhor deste ponto de vista, mas não tenho a certeza de a preparação dos alunos também ser melhor (se calhar porque há o dobro dos alunos...).

Luís Melo

*O curso correspondeu às suas expectativas?*

Essencialmente sim. Eu sempre tive vocação para Físico e de facto gostei de aprender Física a sério. Só acho que no Curso se identificou demasiado a Física com a Física Teórica, enquanto eu sou um experimentalista por vocação.

*Qual foi o seu projecto de fim de curso? Após concluir a licenciatura ficou a trabalhar nessa mesma área?*

Fui para o CERN com uma bolsa de Estudante Técnico do próprio CERN (fomos seis do LEFT, incluindo o Rui Ferreira). Fiz algum R&D em novas ideias (hoje reconheço que eram um bocado mirabolantes) para detectores de seguimento de trajectórias baseados em líquidos fotocrómicos (que mudam de cor com a radiação). Estive ainda 5 semanas na Universidade René Descartes, em Paris, no âmbito desse projecto. Enquanto investigador continuo de facto a trabalhar em detectores, mas agora gasosos.

Paulo Fonte

*Quais considera terem sido as maiores dificuldades que a LEFT enfrentou nos seus primeiros anos? Entretanto foram ultrapassadas?*

A LEFT começou por ser uma “semi-licenciatura”, que se iniciava no 3º ano do IST com alunos provenientes dos restantes cursos da Escola. Esse quadro de existência justificou-se durante alguns (poucos) anos, logo após o arranque da LEFT, durante um período de transição para a total maturidade da licenciatura. Essa situação criou dificuldades na captação de alunos, decorrentes das limitações na divulgação quer interna quer externa da LEFT, e acabou por quase comprometer a continuidade do projecto. Este foi seguramente o primeiro grande problema que a LEFT teve que enfrentar, e que felizmente se ultrapassou com o alargamento do curriculum da licenciatura aos dois primeiros anos curriculares.

Outra dificuldade que acompanhou a licenciatura desde a sua criação foi a da clarificação dos seus objectivos, o que rapidamente se reflectiu numa incapacidade de definição do público alvo a que se destina. Sem querer aqui analisar os motivos que conduziram a esta falta de transparência, é um facto que ela gerou alguma insatisfação em muitos dos alunos que ingressaram na LEFT ao longo destes 20 anos. Para paliar este problema, a LEFT foi modificando o seu plano de estudos, saltando de reforma curricular em reforma curricular, oscilando entre uma oferta de cariz mais tecnológico e uma formação de ponta em matérias teóricas. Esta estratégia de modificações curriculares em tempo (quase) real viria a revelar-se pouco duradoura e eficaz, e acabaria por contribuir para uma maior descaracterização dos conteúdos da licenciatura.

Na minha opinião, o primeiro passo sério no sentido de resolver este problema só muito recentemente foi dado, com a criação na LEFT de dois ramos (de Física e de Tecnologia), a partir do seu 4º ano curricular. No entanto, o problema da clarificação da missão da LEFT não está ainda totalmente ultrapassado, devendo agora prosseguir-se o trabalho ao nível da divulgação (interna e externa) da licenciatura, da consolidação.

Luís Lemos Alves

*Como descobriu a LEFT e porque escolheu mudar para este curso?*

O gosto da Física e a percepção de que era na engenharia uma ciência fundamental.

*Quais considera terem sido as maiores dificuldades que a LEFT enfrentou nos seus primeiros anos? Entretanto foram ultrapassadas?*

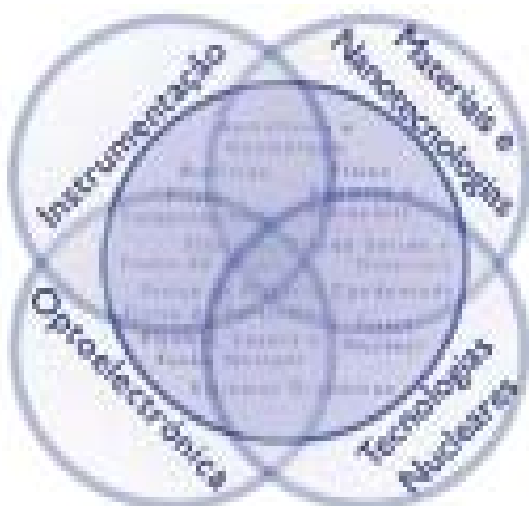
A LEFT dos primeiros foi feita com uma dezena e meia de alunos, motivados...as dificuldades eram as matérias! Algumas delas eventualmente a ultrapassar...

Fernando Barão

*Quais considera terem sido as maiores dificuldades que a LEFT enfrentou nos seus primeiros anos? Entretanto foram ultrapassadas?*

Algumas dificuldades foram mesmo do início e até aludi a elas a propósito do ponto 3. A maior dificuldade da LEFT foi sempre, do meu ponto de vista, conseguir transmitir uma ideia clara do que se pretendia ser o “perfil do engenheiro físico” e, conseqüentemente, o papel que um licenciado em engenharia física deveria vir a ter no plano profissional. Por um lado pretendia-se que a LEFT fosse um bom curso de física, mas por outro, um curso que munisse os seus licenciados de uma bagagem prática capaz de lhes permitir resolver problemas nas mais variadas circunstâncias. Metaforicamente a imagem seria a de jovens Feynmans (ou McGyvers) singrando na indústria ao resolver problemas de tecnologia de ponta não cobertos pelas engenharias clássicas. Infelizmente esta ideia, certamente pelo menos de início, teve tendência para falhar na prática, na medida em que tanto quanto pude perceber, os licenciados da LEFT quase nunca encetaram uma actividade que encaixasse neste perfil. Um exemplo que gosto de citar é o do meu colega Rui Pádua, que fundou uma empresa muito interessante e foi, diria eu, o único verdadeiro “engenheiro físico” da LEFT do meu tempo. Foi a chamada excepção que confirma a regra, pois em grande parte os licenciados do meu ano foram absorvidos pela própria universidade. Uns anos mais tarde vim a participar num grande jantar de licenciados da LEFT e pude constatar que em grande medida eles estavam a trabalhar em assuntos em nada relacionados com a formação específica que haviam tido no IST, por exemplo fazendo consultadoria em empresas. Actualmente tenho estado mais desligado deste assunto e por isso não posso afirmar que a situação não esteja a mudar. Mas, independentemente disso, é obviamente justo mencionar que tais problemas, que afectam outras licenciaturas em física, matemática e não só, se devem em muito grande parte à enorme incapacidade da indústria portuguesa em absorver licenciados deste tipo, visto que pouca investigação é feita, ainda hoje, na nossa indústria. Este é um problema de fundo que carece ser resolvido e para o qual licenciaturas como a LEFT podem e devem ter um papel importante.

Pedro Resende



*Quais considera terem sido as maiores dificuldades que a LEFT enfrentou nos seus primeiros anos? Entretanto foram ultrapassadas?*

Um ou outro professor que não se adaptaram ao novo espírito da Licenciatura ... Tais dificuldades foram ultrapassadas, mas creio que a estrutura inicial da LEFT era superior à actual ...

João Bizarro

*Como descobriu a LEFT e porque escolheu mudar para este curso?*

Descobri a LEFT porque já estava no Técnico e fui aluno de alguns dos professores que a criaram. Mudei porque já me interessava muito pela Física e pela investigação científica em geral e agradou-me bastante o formato e o conteúdo inovador do novo curso.

*O curso correspondeu às suas expectativas?*

O curso correspondeu perfeitamente às minhas expectativas da altura. Certamente que houve bastantes problemas e limitações, que devem ser vistas à luz das condicionantes de ter sido a primeira “fornada”. O mesmo já não posso dizer quanto àquilo em que o curso se transformou.

Rui Pires

*Acha que a LEFT foi preponderante para o seu futuro profissional?*

Enquanto professor, obviamente. Enquanto engenheiro, poderia ter seguido eng. electrotécnica e estaria a trabalhar numa empresa. Penso que nesse caso não teria seguido a carreira académica. Enquanto engenheiro LEFT, diria que sim uma vez que tive mesmo com um “pé” (eu diria mesmo o “corpo todo”) dentro desse tipo de actividade.

Pedro Sebastião

*Quais considera terem sido as maiores dificuldades que a LEFT enfrentou nos seus primeiros anos? Entretanto foram ultrapassadas?*

A LEFT partiu do nada, enfrentando os desafios típicos associados ao lançamento de uma nova licenciatura e de um novo programa. Não sei se entretanto foram ultrapassados. Um aspecto importante da LEFT é o alinhamento do curso com as necessidades do mercado de trabalho de hoje, exterior ao meio universitário. Em particular, no domínio de gestão de empresas nas áreas de novas tecnologias, incluindo as tecnologias de informação.

*O curso correspondeu às suas expectativas?*

Penso que o curso respondeu às minhas expectativas de carreira universitária da altura. Agora, em retrospectiva, penso que o curso responde em parte às necessidades do mercado de trabalho moderno.

Rui Ferreira

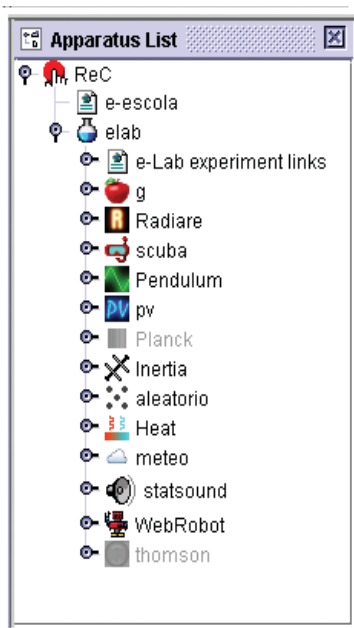
# elab: um laboratório inovador

por Professor João Matos

O elab é um novo conceito de laboratórios interactivos reais controlados remotamente através da Internet. Tendo sido implementado no decorrer de 2001 a 2004 no IST, atingiu em 2004 a completa operacionalidade, começando a servir disciplinas de física básica do Instituto Superior Técnico como 'Física Experimental' e 'Termodinâmica e Estrutura da Matéria'. Actualmente está aberto a toda a comunidade escolar, com um conjunto significativo de experiências disponíveis quer de grau universitário quer do secundário. É interessante notar que a generalidade das experiências têm um protocolo experimental proposto de nível básico mas também houve a preocupação de separar as matérias mais difíceis num protocolo avançado. Deste modo uma experiência pode servir vários graus de ensino.

## Ao vivo

Para além do facto das experiências serem reais, ou seja estarem a acontecer à vista dos internautas a elas ligados através da transmissão de vídeo em directo, outro facto que pretendemos realçar é essas pessoas poderem comunicar entre elas através de um "chat" integrado na própria plataforma. Ou seja, as experiências podem ser realizadas por um grupo de alunos que mantêm o contacto entre si podendo estar em pontos distintos do planeta ou um professor poderá demonstrar uma experiência para uma comunidade de seus alunos que se encontrem ligados através da Internet.



## Tecnologia

Se bem que seja necessário um "download" algo moroso (cerca de 6Mbytes) a plataforma escolhida pelos autores do elab demonstra ser bastante potente: por um lado as actualizações que surjam do software de suporte às várias experiências são automáticas e transparentes para o utilizador; por outro é executado numa JAVA Virtual Machine correndo em qualquer sistema operativo a partir dum qualquer

"browser", o que deve agradar bastante aos utilizadores de Linux e de Macintosh. Isto fica-se a dever ao emprego da tecnologia baseada no JAVA Web Start da Sun. Aliás a SUN distingue no seu portal ([www.sun.com](http://www.sun.com)) o IST e a empresa portuguesa Linkare que colaborou na realização do software, como um exemplo bem conseguido do emprego da sua tecnologia!

## 24x7x52 horas/ano

Estando as experiências disponíveis em permanência 24 horas por dia, sete dias por semana, o portal faculta aos alunos uma maior liberdade de escolherem a data da execução das experiências. A figura 1 demonstra a utilização diária das experiências, com uma grande parte das experiências a serem realizadas num período nocturno (20h-8h), sendo de salientar a fraca utilização no período da manhã. Em termos semanais saliente-se a razoável utilização ao fim-de-semana (15% dos acessos).

Certamente o que irá desequilibrar este histograma será a introdução para breve de um telescópio de observação astronómica que logicamente irá incrementar a utilização nocturna do elab...

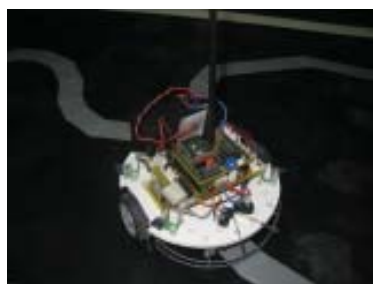
## Transporte da informação

Enquanto são executadas as experiências, cada utilizador obtém automaticamente os seus dados numa tabela (que por vezes são imagens!) e os gráficos mais significativos, pré-seleccionados na árvore do laboratório. Com um simples "clik" consegue-se importar os dados para a área de transferência do sistema operativo ("Clipboard") e deste modo passá-los para qualquer outra aplicação onde se poderá realizar o processamento dos dados, como seja ajustes a funções teóricas ou sujeitá-los a outros cálculos numéricos.

Apesar dos protocolos experimentais fornecerem algumas "pistas" teóricas, grande parte deste trabalho de pós-processamento exige alguma pesquisa em lições do próprio portal ou na Internet sobre a matéria a quem queira elaborar um estudo mais exaustivo com toda a informação colhida.

## As experiências disponíveis

A generalidade das experiências do elab são de física, embora algumas entonquem em matérias abordadas na química (por exemplo a lei de Boyle-Mariotte) ou na matemática (Probabilidades e Estatística – lançamento de dados). Até existe um robot programável remotamente com uma interface semelhante à do Lego MindStrom.



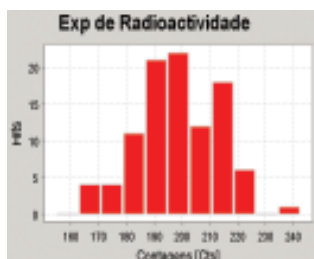
[www.e-escola.utl.pt](http://www.e-escola.utl.pt)



Mas o que se repara neste laboratório é facto de grande parte das experiências serem realizadas com material reciclado de tecnologia moderna como seja a experiência da conservação do momento de inércia, realizada com um disco duro dum PC. Os motores e sensores utilizados na generalidade das experiências resultam de mecanismos das antigas impressoras de agulhas, há sistemas ópticos adoptados de CD-ROMs e muita imaginação dos alunos da licenciatura em engenharia física que foram colaborando com este projecto. É interessante notar que alguns destes trabalhos são projectos finais de curso deles.

Não vale a pena listar exaustivamente as experiências, basta aceder ao site, mas importa referir que a maioria delas pode ser executada em escassos segundos, se bem que outras sejam morosas devido ao fenómeno físico em jogo (por exemplo a propagação do calor). Isto demonstra que o tempo dispendido nos laboratórios não é tanto a obtenção dos dados mas sobretudo montar a experiência e a recolha manual dos dados experimentais.

Boas experiências.



## Uma experiência pedagógica

### Achou o elab motivador?

*"ideia bastante oportuna"*

*"superou as expectativas"*

*"perspectiva nova do trabalho de laboratório"*

*"representa um passo em frente no ensino de cadeiras fundamentalmente práticas"*

### Como compara o elab aos laboratórios "clássicos"?

*"acaba por ser mais prático devido ao facto de se poder realizar os trabalhos a partir de casa"*

*"inovador"*

*"bastante cómodo"*

### Teve dificuldades na utilização da interface gráfica? Quais?

*"mínimo de espírito explorador e consegue-se tudo"*

*"está muito bem conseguida"*

*"tudo bastante claro"*

### Teve dificuldades no cumprimento/execução do protocolo experimental proposto ou na obtenção do controlo da experiência?

*"quando estava tudo a funcionar normalmente, estava eficiente e rápido"*

*"ultrapassadas algumas dificuldades iniciais, consegui realizar a experiência sem dificuldades"*

### Acha oportuno o elab numa cadeira como FEX? E noutra cadeira do seu curso?

*"penso que é uma grande ideia"*

*"outras cadeiras também seria agradável realizar experiências e outros trabalhos desta maneira"*

### Gostaria de ter realizado mais experiências via WWW?

*"Gostava, apesar de achar que a componente do laboratório clássico é bastante importante"*

### O que melhoraria no elab?

*"melhoraria o vídeo de acompanhamento"*

*"o aspecto gráfico"*

*"adicionar-lhe mais funcionalidades"*

*"por vezes quando há várias pessoas a fazer mesma experiência ao mesmo tempo, torna-se demorado"*

*"a estabilidade do sistema"*

### Teve entusiasmo em realizar a experiência ou "deixou para o fim" das suas tarefas académicas?

*"alguma curiosidade na execução da mesma uma vez que era a primeira vez que fazia uma experiência via Internet"*

*"Devo confessar que deixei para o fim, pois a principio não estava com grande entusiasmo, talvez por nunca ter feito uma experiência via www. Mas depois disso fi-la com entusiasmo" ■*

## e-escola.utl

O Portal das Ciências Básicas e-escola.utl é um repositório de conteúdos dirigido para alunos, professores e cidadãos que pretendam estudar várias matérias, nomeadamente Física, Química, Matemática e Biologia. Em produção desde o ano de 2000, o portal pretende em primeiro lugar suprir diversas lacunas de formação pré-universitária e, desta forma, proporcionar as condições de sucesso escolar nos primeiros anos da universidade. É um complemento ao ensino tradicional permitindo, por exemplo, que estudantes com mais dificuldades possam aprender a um ritmo próprio em casa e, também, permitindo que estudantes mais dotados e insatisfeitos com o que aprendem possam satisfazer a sua curiosidade. É importante referir também o facto de os conteúdos disponibilizados em portal serem úteis para estudantes com necessidades especiais.

É ainda de utilidade também nos países de língua portuguesa que tenham um sistema de ensino estruturalmente semelhante ao sistema português como é o caso dos países africanos de língua portuguesa e de Timor, sendo também de adaptação relativamente simples ao caso do Brasil.

Por último refira-se que os seus conteúdos poderão ser empregues pela generalidade dos agentes formativos como forma de melhorar a atractividade de matérias e aulas, uma vez que as suas lições dispõem de elementos multimédia, eficazes na transmissão de ideias e raciocínios mais elaborados. ■

# 2ª ESCOLA DE ASTROFÍSICA E GRAVITAÇÃO

por Tiago Marques, 2º ano

Durante o Verão, muitas universidades realizam cursos intensivos de um determinado tema para apresentarem os trabalhos de investigação que têm vindo a desenvolver ou darem a oportunidade aos estudantes de aprofundarem os seus conhecimentos dentro da área. Nos passados dias 2 a 7 de Setembro de 2004, o reconhecido centro de investigação CENTRA (Centro Multidisciplinar de Astrofísica), dentro deste espírito, realizou no Instituto Superior Técnico a 2ª Escola de Astrofísica e Gravitação (EAG).

A EAG destinava-se a estudantes universitários de Física, Matemática ou Engenharia, a professores do Ensino Secundário de Física ou Matemática e a alunos do 12º que frequentassem estas mesmas disciplinas com excelente aproveitamento. Como o número de inscrições foi muito elevado, foi necessário efectuar-se uma criteriosa selecção para que fosse assegurado o bom funcionamento das palestras e das observações astronómicas. Foram seleccionados dois alunos do 12º (um dos quais novo caloiro de LEFT), três professores do Secundário e vinte e seis alunos universitários que vieram de todos os cantos do país (Faculdade de Ciências de Lisboa, do Porto e do Minho e, claro, do Instituto Superior Técnico).

A duração da escola foi de cinco dias com seis horas diárias de cursos, fora as observações astronómicas à noite. As palestras foram dadas no Edifício Ciência no IST e as observações astronómicas realizaram-se no IGeoE (Instituto Geográfico do Exército).



As palestras foram dadas por professores investigadores no CENTRA mas também por professores convidados de outras universidades em Portugal e no estrangeiro, tendo abordado vários temas dentro da Astrofísica e da Cosmologia. Nos primeiros três dias realizaram-se os cursos tendo estes a duração de três horas. Os cursos leccionados foram: "Astrofísica do Sistema Solar" dado pela Professora Daniela Lazzaro, "Astrofísica Estelar" dado pelo Professor Antares Kleber,

"Astronomia Extragaláctica" dado pelo professor Domingos Barbosa, "Cosmologia Observacional e Teórica" dado pelo Professor Alfredo Barbosa Henriques, "Interações Fundamentais no Universo" dado pelo Professor Jorge Dias de Deus e por fim "Gravitação Newtoniana, Relatividade Geral e Teoria de Cordas" dado pelo Professor José Sande Lemos. Todos estes professores são investigadores do CENTRA à excepção dos dois primeiros que trabalham no Observatório Nacional do Rio de Janeiro. À noite realizou-se o curso de "Astronomia Observacional" no IGeoE, dado pela professora Ana Mourão que chegou a durar até às três da manhã.

Os últimos dois dias ficaram reservados para os cursos avançados "Princípios Variacionais em Física e Astrofísica", dado pelo Professor Takeshi Kodama da Universidade Federal do Rio de Janeiro, "Cosmologia Quântica", dado pelo professor Carlos Herdeiro da Faculdade de Ciências do Porto e para os mini-cursos "O Sol e a sua Estrutura", dado pelo Professor Ilídio Lopes, "Astrofísica Relativista", dado pelo Doutor Vítor Cardoso e "Buracos Negros", dado pelo Doutor Óscar Dias sendo estes últimos investigadores do CENTRA. Realizaram-se ainda duas palestras, uma sobre "Teoria das Máquinas do Tempo", uma outra "A Física dos Filmes de Ficção Científica" e ainda um Curso Especial sobre "Exobiologia: A Vida no exterior da Terra" dado pelo Professor Manuel Paiva da Universidade Livre de Bruxelas. Todos os cursos foram dados com o máximo rigor científico e dotados de uma excelente qualidade no que toca ao conteúdo e à forma.

É importante ainda salientar o bom ambiente com que se realizou a EAG que abrangeu quer os participantes quer os oradores. Foi uma experiência fantástica que penso que muito contribuiu para a minha formação científica e que me deu a conhecer colegas de outras universidades com interesses semelhantes aos meus.

Se temas como Astrofísica e Cosmologia te interessam, não percas a oportunidade de participares na próxima EAG a realizar-se em 2006. ■



## BURACOS NEGROS

Em 1916, quando o astrofísico alemão Karl Schwarzschild resolveu as equações da Relatividade Geral de Einstein aplicadas aos campos gravitacionais de estrelas perfeitamente esféricas e sem rotação, descobriu aquilo a que chamou de singularidade. Esta singularidade consiste numa região em que a curvatura do Espaço-Tempo é infinita. Mais tarde, em meados dos anos 60's, John Wheeler deu o nome bem mais apelativo de Buraco Negro a uma singularidade e o seu horizonte de eventos. Mas em que consiste um Buraco Negro???

### O que é um Buraco Negro?

Para compreender o que é um Buraco Negro, vamos primeiro ver o seu conceito segundo a mecânica

Newtoniana. Bem, consideremos um pequeno corpo de massa  $m_c$  num campo gravitacional de uma grande massa  $M_s$ . Existe um conceito chamado de velocidade de escape, que nos dá a velocidade mínima que um corpo tem de ter para se conseguir libertar do campo gravítico de outro. Para tal consideremos a energia do sistema:

$$T = \frac{1}{2} \cdot m_c \cdot v_{esc}^2 \quad U = -\frac{G \cdot M_s \cdot m_c}{r}$$

Como o nosso objectivo é calcular a velocidade mínima, vamos igualar a energia do sistema no infinito a zero (energia potencial é nula pois  $\frac{1}{r} \rightarrow 0$  e energia cinética nula pois velocidade do corpo = 0). Pela conservação de

energia:  $E_\infty = E_0 = T + U = 0$ ;

donde vem que inicialmente a velocidade tinha de ser:

$$\Rightarrow v_{esc} = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_s}{r}}$$

Vamos agora considerar a velocidade de escape a velocidade da luz e resolver em ordem ao  $r$ ;

$$r = \frac{2 \cdot G \cdot M_s}{c^2}$$

Esta equação dá-nos o raio crítico (raio de Schwarzschild), no qual tinha de estar concentrada uma massa  $M_s$  para que qualquer corpo que se aproximasse deste não se conseguisse libertar do seu campo gravitacional, qualquer que fosse a sua velocidade (velocidade esta inferior a  $c$ , obviamente). Por outras palavras, para que um corpo com a massa do Sol apresentasse esta característica a sua massa teria de se encontrar numa esfera de um raio não superior a 3 Km. Esta definição de Buraco Negro é válida na mecânica Newtoniana, embora em Relatividade Geral o conceito seja um pouco mais complicado.

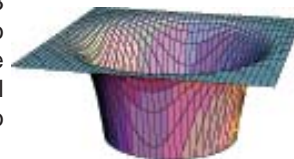
A Relatividade Geral de Einstein descreve a gravidade não como uma força, mas como a curvatura do Espaço-Tempo causada pela presença de matéria. Se esta curvatura não for muito acentuada, as leis da gravidade de Newton descrevem com bastante exactidão a maioria do que é observado. No entanto, corpos muito massivos e muito densos, em Relatividade Geral, podem gerar uma gravidade tal, que nem a luz consiga escapar. O “ $r$ ” calculado anteriormente designa-se, então, horizonte de eventos e dá-nos a separação entre o Buraco Negro e o seu exterior. Ele não indica que a matéria que constitui o Buraco Negro ocupa todo aquele espaço. Ele indica a superfície que, uma vez em contacto com ela, se torna impossível sair do Buraco Negro.

### Como se forma um Buraco Negro?

A formação de um Buraco Negro fica a dever-se ao colapso gravitacional de uma estrela. Durante todo o período de vida de uma estrela, dá-se um jogo de forças no seu interior. Por um lado, temos a energia resultante das reacções termonucleares no seu interior que “querem” expandir a estrela, enquanto a opor-se a este efeito existe uma grande força gravítica que a “tenta” comprimir. Diz-se que uma estrela está em equilíbrio estático quando estas forças se compensam perfeitamente. Mas há medida que a estrela envelhece, ela vai começando a perder o combustível das reacções termonucleares, ( $H^1$  e  $H^2$ ) compactando-se progressivamente, devido à gravidade.

Dependendo da massa da estrela, vamos ter três possíveis soluções. Se a estrela tiver uma massa menor que 1,4 vezes a massa solar (este limite foi descoberto no anos 20 pelo astrofísico Subrahmanyan Chandrasekhar e deu-lhe o prémio Nobel em 1983), ao esgotar-se o seu combustível, a estrela vai arrefecer e sofrer um colapso gravitacional, até chegar a um ponto onde os electrões resistem à compressão, ao exercerem uma pressão que se opõe à gravidade. A este objecto celeste dá-se o nome de Anã Branca. Se, por sua vez, a estrela tiver uma massa superior a 1,4 vezes a massa solar, dá-se uma explosão imensa de energia e matéria chamada supernova. No centro da explosão fica uma grande quantidade de matéria que continua a sofrer um colapso gravitacional. Se essa matéria for menor que três vezes a massa do sol, os

electrões e os protões vão se combinar originando neutrões que degeneram por não terem espaço para se moverem, ficando muitíssimo contraídos. A contracção pára, formando-se uma Estrela de Neutrões. Esta estrela de neutrões é um objecto tão denso que uma colher de chá dos seus neutrões pesaria 100 milhões de toneladas ( $1 \times 10^{11}$  kg)! Se, por sua vez, a matéria no centro da supernova for maior que 3 massas solares, o colapso gravitacional é tão grande que a estrela ultrapassa o tal raio de Schwarzschild, dando origem a um buraco negro.



### Detectar Buracos Negros

A detecção de Buracos Negros isolados é uma tarefa bastante complicada (procurar no espaço objectos de silhueta negra com raios de poucos km). No entanto, existe a possibilidade de Buracos Negros serem formados em sistemas binários de estrelas. Neste caso, teremos os dois corpos a orbitarem em torno do centro de massa, de acordo com a seguinte equação:

$$\frac{G}{4\pi^2} (\text{massa da estrela} + \text{massa do Segundo Corpo}) = \frac{d^3}{T^2}$$

Determinando a massa da estrela através da sua luminosidade e raio e medindo a distância entre os dois corpos e o período de translação, poder-se-á determinar a massa do segundo corpo e verificar se se trata de uma Anã Branca, de uma Estrela de Neutrões ou de um Buraco Negro. Outra forma de detectar um Buraco Negro num sistema binário como o descrito é através da detecção de raios-X. Se o Buraco Negro se encontrar demasiado próximo da estrela, ele pode começar a sugar a matéria desta, formando-se um disco de acreção em seu redor. Este disco encontra-se em rotação e as suas partículas vão sofrer uma fricção entre elas, aquecendo-as. Este aquecimento varia conforme a distância ao Buraco Negro, formando-se assim um espectro de emissão. Perto do horizonte de eventos o disco vai estar tão quente que vai emitir em raios-X, o que é raro na nossa Galáxia.



### Conclusão

Mas porquê estudar Buracos Negros? Qual a sua importância? Pode o leitor estar neste preciso momento a pensar. Pois bem, os Buracos Negros são objectos fascinantes do ponto de vista da Relatividade Geral e se vier a ser descoberto algum, é a derradeira prova de que Einstein não estava aluado quando falou em curvatura do Espaço-Tempo. Como se isso não bastasse, os Buracos Negros são a nossa melhor aposta para a detecção das tão pretendidas ondas gravitacionais. Só eles é que serão capazes de produzir ondas gravitacionais que o homem possa detectar nos próximos dez anos.

Será que existem mesmo, ou não serão nada mais que objectos meramente teóricos? Recentes descobertas indicam que no interior da nossa Galáxia se encontra uma grande quantidade de matéria que não é visível. Uma quantidade tão grande e tão densa que se pensa tratar-se de um Buraco Negro.

Qualquer comentário, dúvida ou correcção é bem-vindo para: [t\\_marques@nfist.ist.utl.pt](mailto:t_marques@nfist.ist.utl.pt) ■



# Ondas - Fonte Inesgotável de Energia

por Manuel Mendes 5ºano

As ondas oceânicas são geradas pelo vento sobre a superfície da água e conseguem percorrer grandes distâncias sem perdas significativas da sua energia, pelo que constituem um meio de transporte de energia eficiente ao longo de milhares quilómetros.

Como toda a sua energia está concentrada na superfície da água (a menos de 50 metros de profundidade), então podemos também afirmar que é uma fonte de energia altamente concentrada e, convenientemente, as variações sazonais da potência das ondas acompanham a variação do consumo de electricidade na Europa Ocidental. Por isso, os países europeus mais promissores para o aproveitamento da energia das ondas são o Reino Unido, Irlanda, França, Espanha, Portugal e Noruega.

Por exemplo no Reino Unido existe energia suficiente na sua costa para abastecer 3 vezes o consumo actual do país. Estima-se que a fracção dessa energia que é viável de ser recuperada pelos recursos renováveis é de cerca de 87 TWh por ano, ou seja, 25% da procura de energia do Reino Unido.

Coloca-se agora a questão: Como se consegue extrair eficientemente a energia de uma onda?

Na tabela seguinte apresentam-se algumas especificações técnicas destas máquinas:

	AWS PILOTPLANT	SISTEMA COMERCIAL
Profundidade	9.5 m	12 m
Oscilação Vertical	7 m (nominal) 9m (máxima)	11m (nominal) 12m (máxima)
Voltagem	3.3 kV a 2.2 m/s	3.3 kV a 3.5 m/s
Potência Máxima	2 MW at 2.2 m/s	9.5 MW a 3.5 m/s
Potência Nominal	<b>1 MW</b>	<b>4.75 MW</b> a 3.5 m/s

Este tipo de sistemas de conversão da energia das ondas tem vantagens significativas porque consegue ter um bom aproveitamento da variação da energia potencial, e não causa impacto visual visto que é instalado debaixo de água. Existem já projectos para construir uma matriz de AWS perto da costa Portuguesa e do Reino Unido, usando uma configuração como indicada na figura abaixo:

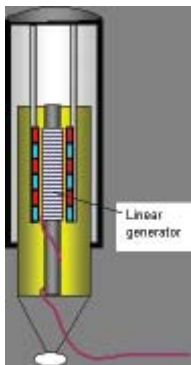


## Mecanismos de extracção de energia offshore

### AWS – Arquimedes Wave Swing

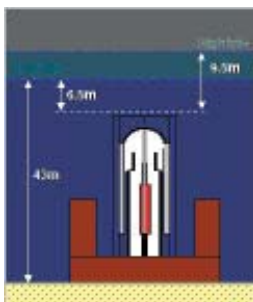
Este é o único sistema que fica totalmente submerso e tem uma construção muito simples, como se representa na figura à direita.

É composto por 2 cilindros, o do dentro está fixo ao solo enquanto que o exterior (o flutuante) move-se para baixo e para cima de acordo com as pressões na água provocadas pelas ondas. Os magnetos estão fixos ao cilindro flutuante e induzem corrente no cilindro interior quando se dá o movimento vertical.



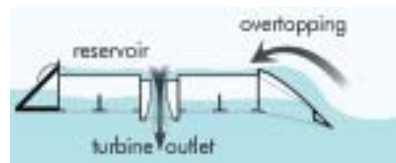
O interior do AWS está cheio de ar que fica pressurizado quando o cilindro exterior vem para baixo, o que provoca uma força de reacção que o obrigada a voltar para cima. Se a quantidade de ar no interior for escolhida convenientemente o movimento do cilindro pode ser amplificado até 3 vezes a elevação da onda. Essa amplificação é conseguida devido a efeitos de balanço (*swing*) se a pressão do ar conseguir empurrar o cilindro no momento certo em que este é também “puxado” pela elevação da onda.

Em Portugal, foi instalado um mecanismo AWS de teste no porto de Leixões (ver foto abaixo):



AWS pilotplant - Porto de Leixões

A desvantagem deste tipo de infra-estruturas é que só pode ser montada em zonas marítimas de baixa profundidade, nas quais não poderá também haver circulação de barcos.



### Wave Dragon

A ideia base deste tipo de sistemas é usar os já conhecidos e bem testados princípios das centrais hidroeléctricas, mas numa plataforma no meio do mar (*offshore*).

As ondas que vêm do oceano são elevadas até ao topo de um reservatório acima da superfície marítima, no centro do qual a água depois desce, passando por um certo número de turbinas, até atingir novamente o nível do mar.

Apesar do princípio de funcionamento ser muito simples, estes sistemas estão ainda a ser optimizados de modo a garantir o máximo de *overtopping* sem perdas, anular as reflexões das ondas incidentes, refinar a resposta



Rampa de uma Wave Dragon desenhada para minimizar a perda de energia no overtopping



hidráulica, diminuir os custos de construção e manutenção...

A Wave Dragon está equipada com uma série de turbinas individualmente ligadas e desligadas de modo a produzir electricidade o mais linearmente possível. Uma Wave Dragon típica, desenhada para uma zona marítima de 24 KW/m, está normalmente equipada com 16 turbinas. Na foto à esquerda está uma turbina *Kaplan* desenvolvida especialmente para este tipo de sistemas.

As principais precauções que temos de ter com estas instalações prendem-se com o facto de que todos os mecanismos têm de ser estudados para suportar climas violentos e ondas de extrema intensidade, que podem surgir a qualquer momento em dias de tempestade, mesmo nas regiões marítimas mais amenas.

A energia potencial das ondas difere bastante para as diversas zonas do globo. Normalmente essa energia é medida em KW por metro de onda. Uma unidade Wave Dragon produz por ano uma electricidade de tipicamente 12 GWh para climas com ondas médias de 24 KW/m. Para zonas de ondas mais energéticas temos:

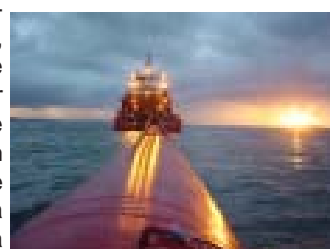
- Num clima de ondas a 36kW/m = 20 GWh/year
- Num clima de ondas a 48kW/m = 35 GWh/year
- Num clima de ondas a 60kW/m = 43 GWh/year
- Acima de 60kW/m = nunca chegou a ser calculado porque as condições são tão violentas que é quase impossível fazer-se um estudo adequado.

## Pelanis

Trata-se de uma estrutura articulada semi-submersa composta por secções cilíndricas ligadas por juntas flexíveis. O movimento induzido destas juntas é segurado resistivamente por bombas hidráulicas que, com isso, bombeiam óleo a alta pressão através de motores hidráulicos. Esses motores hidráulicos fazem mover os geradores eléctricos e, assim, produz-se electricidade. A energia proveniente das várias juntas é conduzida através de um único cabo umbilical até uma junção marítima. Vários destes dispositivos podem ser ligados uns aos outros e conectados à costa por um único cabo marítimo.

Os Pelanis devem estar dispostos de forma a ficarem perpendiculares às frentes de onda (como se pode ver na figura acima) para maximizar a potência extraída. Para isso, é importante que eles possam não só um sistema de lemes, que fixe a sua orientação óptima, mas também ancoradouros apropriados que permitam prender a estrutura no local pretendido e, ao mesmo tempo, permitir que ela oscile convenientemente.

O sistema de ancoradouros é, por isso, bastante importante e deve ser constituído por uma combinação de bóias e pesos que evitem a ruptura dos cabos de ligação e mantenham a folga suficiente para



permitir o balanço vertical da máquina com as ondas.

Foi construído um pro-tótipo de um agregado de Pelanis, com 120 m de comprimento e 3,5 m de diâmetro, que contém 3 módulos de conversão de potência, cada um contendo o seu gerador hidro-eléctrico individual, produzindo-se no total 750 KW.

Existem projectos para se construir as designadas



“quintas de Pelanis” cujo padrão de rede mais eficaz foi estudado com a seguinte forma:

Idealmente estes dispositivos devem ser instalados em águas de 50-60 m de profundidade (normalmente a 5-10 Km da costa).

Considerações Finais:

Vamos agora comparar as potência extraídas por estes 3 tipos de mecanismos. Temos então um cilindro AWS igual ao PilotPlant, uma central típica AWS e um tubo Pelanis com 40 m de comprimento e 3,5 m de diâmetro. Consideremos que os três estão instalados a cerca de 7 km da costa Portuguesa e em condições normais de funcionamento, com ondas de 24 KW/m. Logo,

Da tabela vemos que o sistema que produz mais

Sistema:	Potência Nominal (MW)	Energia Anual (GWh/ano)
AWS	1	8,8
Wave Dragon	1,37	12
Pelanis	0,25	2,2

electricidade é o *Wave Dragon*, o que seria de esperar porque este é o único que aproveita não só a energia potencial das ondas como também parte da sua energia cinética (aproveitando-a para fazer o *overtopping*). Os outros 2 dispositivos, AWS e Pelanis, apenas estão desenhados para aproveitar a variação da energia potencial que as ondas provocam.

No entanto, apesar disso, o Wave Dragon não parece ser o mais rentável porque trata-se de uma autêntica central marítima e, por isso, ao preço de um Wave Dragon podemos certamente comprar alguns AWS e, com isso, produzir ainda mais energia por um custo mais reduzido. Pelo que a solução AWS é, hoje em dia, a que se considera mais viável e para a qual os projectos estão mais virados.

Para o caso de Portugal, precisaríamos de 4533 máquinas AWS instaladas na costa para satisfazer todo o consumo eléctrico nacional. No entanto, se por exemplo fossem instaladas 2 redes de 24 AWS, tais como aquela apresentada na figura acima, então só essas 2 redes produziriam cerca de 1,1% da electricidade consumida no país.

Conclui-se assim que a energia das ondas pode, se for bem explorada, ser um complemento importante às outras fontes de energias renováveis, principalmente porque os valores máximos de produção desta energia são atingidos nas alturas onde há maior consumo (inverno) por parte da população, visto que é nesses períodos que as ondas são mais energéticas.

Referências: <http://www.wave-energy-centre.org/>

# ASTROMODELISMO

O astromodelismo, também conhecido como espaçomodelismo, *Model Rocketry* ou simplesmente *Rocketry*, pode ser considerado um *hobby*, um desporto, um passatempo ou uma ferramenta educacional.

Na verdade, agrega um pouco de cada um destes aspectos e a sua prática abrange as mais diversas áreas da ciência e tecnologia modernas. É uma actividade segura, fácil e financeiramente acessível, que conta actualmente com milhares de praticantes.

Certos países aproveitam o astromodelismo como uma ferramenta educativa muito importante no ensino da Física, Matemática, entre outras áreas curriculares.

## A origem do Astromodelismo

O Astromodelismo surgiu nos Estados Unidos em 1957 como resultado da combinação das já conhecidas técnicas de aeromodelismo, da antiga arte da pirotecnia e da moderna tecnologia de foguetes. Embora todos estes elementos existissem separadamente há mais de uma década, só então puderam ser combinadas com sucesso através da associação de duas pessoas com habilidades e conhecimentos singulares, Stine e Carlisle.

Os astromodelos e, talvez mais importante do que isso, os motores de foguete para modelos, foram desenvolvidos em 1954 por Orville Carlisle, um experiente pirotécnico, e seu irmão Robert, um aeromodelista. Originalmente, projectaram foguetes e motores para ilustrar as palestras de Robert sobre os princípios do voo propulsivo por foguete. Foi nesta época que Orville leu artigos escritos por George Harry Stine na revista *Mecânica Popular*, relatando os problemas de segurança experimentados por jovens tentando fabricar os seus próprios motores foguete.

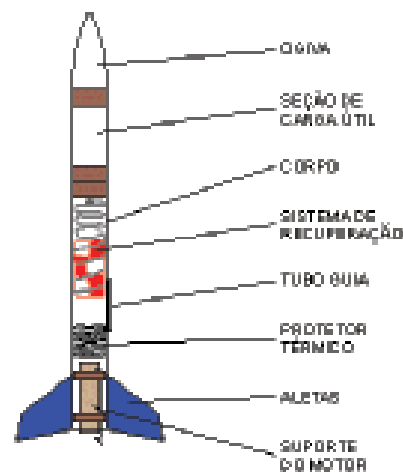
Durante o final da década de 50, muitas pessoas foram levadas pela ideia de viagens espaciais e tentaram construir os seus próprios foguetes, da mesma forma como a tomada dos céus por aviões em décadas passadas havia estimulado em muito o sonho de fabricar o seu próprio aeromodelo. Infelizmente, desenvolver e construir um foguete que funcionasse não era tão simples ou seguro quanto o caso de aviões. A maioria tentou construir os seus modelos com a total ausência de partes metálicas e misturou perigosos produtos químicos para produzir propelentes. Os resultados foram desastrosos e a maior parte destes foguetes explodiu. A ocorrência de acidentes levou ao surgimento de alguns opositores que tentaram tornar a actividade ilegal ou, pelo menos, restringir a disponibilidade dos produtos químicos utilizados. Orville percebeu que os seus projectos poderiam resolver estes problemas e enviou amostras de foguetes e motores para G. Harry Stine em Janeiro de 1957. Stine, um engenheiro e oficial de segurança do campo de testes de mísseis de *White Sands*, EUA, testou os modelos e foi responsável pelo aperfeiçoamento final através da adição de elementos da tecnologia aeroespacial. Assim foi o início do Astromodelismo como conhecemos nos dias de hoje.

## ESPAÇOMODELOS

Espaçomodelos são modelos em escala reduzida de foguetes, aviões e outros tipos de veículos que podem ser efectivamente lançados, utilizando propulsão por motores foguete. Ao invés de motores a combustão ou eléctricos, emprega-se uma carga pirotécnica que impulsiona verticalmente o modelo através da queima de propelente sólido.

### Astromodelo (foguete) típico

A figura a seguir apresenta a concepção típica de um astromodelo:



(fonte: curso de espaçomodelismo)

#### · Ogiva :

Geralmente confeccionada em madeira balsa ou plástico, ajuda a direccionar suavemente o fluxo de ar ao redor do foguete.

#### · Secção de carga útil:

Espaço destinado a equipamentos electrónicos, câmeras, ou quaisquer outras cargas permitidas pelo Código de Segurança.

#### · Corpo :

Tubo geralmente feito de papel/plástico ou qualquer outro material deformável, constitui-se na estrutura básica a qual todas as outras partes são fixadas.

#### · Sistema de recuperação:

Um pára-quedas, fita *streamer* ou qualquer outro material que irá assegurar o retorno seguro do astromodelo.

#### · Tubo guia:

Pequeno tubo fixado na lateral do astromodelo que, encaixado na vareta da base de lançamento, serve de guia e ajuda a manter o astromodelo estável nos primeiros momentos do voo.



- Protector térmico:

Evita que os gases a alta temperatura libertados pelo motor foguete danifiquem o sistema de recuperação.

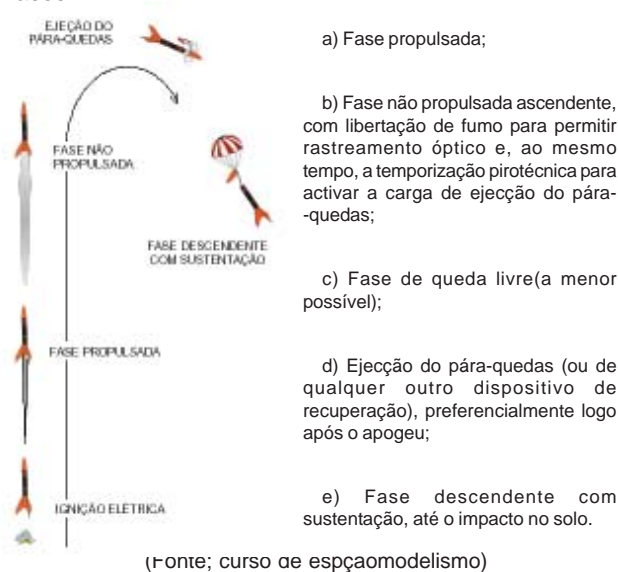
- Aletas:

Geralmente construídas em madeira balsa ou plástico e localizadas na parte posterior do foguete, são as estruturas que mantêm o astromodelo numa trajectória recta durante o voo.

- Suporte do motor: Assegura a fixação do motor foguete.

## Voo típico de astromodelos

As alturas atingidas normalmente não ultrapassam os 1000 metros e um voo típico compreende as seguintes fases:



## Segurança de astromodelos

Desde o início com Stine e Carlisle, o Astromodelismo tem sido um dos *hobbies* mais seguros disponíveis tanto para jovens como para adultos. Um astromodelo deve apresentar todas as características abaixo:

- Na sua construção, devem ser empregues apenas materiais leves tais como papelão (tubo), madeira balsa (aletas, secções de transição e ogivas) e plástico (aletas, ogivas e secções diversas). Um mínimo de material metálico é permitido em cargas úteis sob a forma de componentes electrónicos ou outros dispositivos menores. Metais não podem ser utilizados em partes estruturais.

- Os motores foguete devem utilizar propelente sólido industrializado, pré carregado, não metálico, descartável, que será reposto a cada lançamento. Isto elimina os riscos de manusear produtos químicos perigosos.

- A quantidade de propelente sólido contido nos motores foguete não deve exceder 125 g e o peso total do modelo deve ser, no máximo, 1.500 g.

- O motor foguete deve ser accionado electricamente e a uma distância mínima de 5 metros, utilizando uma fonte eléctrica e um sistema de controlo com dispositivos de segurança que evitem a ignição involuntária do propulsor.

- Devem conter um ou mais sistemas de recuperação que garantam o seu retorno suave e seguro ao solo. Assim, o modelo poderá ser lançado repetidas vezes através da substituição do motor foguete e recolocação do dispositivo de recuperação.

- O astromodelo deve conter no máximo três estágios, pois os estágios finais podem sofrer desvios e seguir uma trajectória horizontal ou até mesmo descendente, ainda na fase propulsora.

Em 1957 Stine fundou a NAR - *National Association of Rocketry*, a associação Norte Americana que congrega os astromodelistas, e uma das suas primeiras medidas foi elaborar e divulgar um Código de Segurança, relacionando 14 normas a serem seguidas para a prática segura do Astromodelismo.

## Aplicações típicas de astromodelos

Os astromodelos podem ser empregues tanto com finalidade puramente recreativa

(principalmente nos EUA) como para pesquisas educativas em escolas e universidades, fotografia aérea, em experiências científicas profissionais e em actividades comerciais (filmes, artes industriais).

A aplicação mais nobre do astromodelismo é, sem dúvida, a de material de suporte às actividades educacionais. Por detrás do lançamento de tais engenhos estão envolvidos conceitos de física, química, matemática, electricidade e até mesmo de electrónica e design industrial.

Assim, teorias normalmente ensinadas nas escolas podem ser melhor compreendidas e assimiladas. ■

Bibliografia; Miraglia José "Curso de Espaçomodelismo"

### OS CAÇAS

MORADA: Estrada do Telhal – Antiga Escola Primária  
Casal da Mata  
2725-199 Mem Martins

#### CONTACTOS:

Sede: Telef: 21 916 70 81 Fax: 21 916 70 81  
e-mail: [as2044391@sapo.pt](mailto:as2044391@sapo.pt)

#### DIRECTOR PEDAGÓGICO:

Carlos Filipe; Telem. 91 785 88 14

# PRÊMIO PROFESSOR ANTÓNIO DA SILVEIRA

por Filipa Viola LEBM

Como já foi noticiado em edições anteriores da Pulsar, o Instituto Superior Técnico instituiu, recentemente, o Prémio Professor António da Silveira, tendo a sua promoção resultado de uma iniciativa do Departamento de Física em colaboração com a Fundação Calouste Gulbenkian.

O Prémio é dirigido a alunos finalistas de uma licenciatura universitária que realizem, no presente ano lectivo, um trabalho final de curso em Física Experimental sob a orientação de um Professor do IST, e o seu valor consistirá num diploma e num prémio pecuniário, na forma de dez bolsas mensais no valor de 600 Euros cada.

A sessão pública onde será entregue o Prémio realizar-se-á no presente mês.

Este Prémio tem associado o nome de uma personalidade ligada desde sempre ao Instituto Superior Técnico, o Professor António da Silveira que, durante todo o seu percurso, procurou sempre fomentar o estudo e o interesse pela Física Experimental, à qual dedicou boa parte da sua vida.

Com o objectivo de dar a conhecer um pouco melhor o trabalho desta personalidade incontornável do mundo da Física, apresenta-se de seguida uma breve biografia deste cientista, na qual se dá especial destaque à sua actividade



**António da Silveira (1904 -1985)**

António da Silveira – Percurso

1929 – Licenciou-se em Engenharia Química – IST.

1929-1932 – Estagiou sob a orientação de Paul Langevin no Laboratoire de Physique Experimentale do Collège de France.

1933-1974 – Leccionou no IST onde foi Professor Catedrático de Física Geral, Física Complementar e Mecânica Quântica e Física Nuclear.

1949-1956 – Regeu cursos de Física Teórica na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

1952 – Foi eleito membro efectivo da Academia das Ciências de Lisboa.

1964-1967 - Presidente do Instituto de Alta Cultura.

1967-1974-Presidente do Instituto de Física Matemática (actualmente Complexo Interdisciplinar da Universidade de Lisboa), que criou.

científica e aos trabalhos relevantes no domínio da Física.

A actividade científica do Prof. Silveira foi abundante, tendo-se repartido por diferentes domínios da Física Teórica e Experimental (como a teoria do electromagnetismo e o efeito de Raman em soluções de electrólitos), sendo os seus resultados publicados em diversas revistas, das quais se destacam: “Comptes Rendues de l’Académie des Sciencies” (Paris), “Journal of Chemical Physics”, “Molecular Physics”, “Philosophical Magazine”, “Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa”, “Gazeta de Física”. Publicou cerca de 30 trabalhos, quase sempre sozinho, entre 1930 e 1965 e ainda inúmeros livros, alguns deles recentemente reeditados.

Os resultados experimentais do Prof. Silveira serviram de tema à tese de Michel Magat intitulada: “Recherches sur le spectre Raman et la constitution d l’eau liquide”, publicada em 1936, no tomo 6 dos “Annales de Physique” (págs. 108-193) e defendida na Universidade de Paris.

Numa comunicação lida à Academia das Ciências de Amesterdão, em Março de 1974, o Prof. J. A. Prins, célebre cientista holandês, indicava-se a ele próprio e a A. Silveira como os investigadores que estimularam o planeamento duma longa série de trabalhos sobre a difracção de raios X em soluções aquosas concentradas de sais inorgânicas de catiões metálicos.

Estes são alguns exemplos que visam mostrar que António da Silveira deu realmente um contributo notável no domínio da Física Experimental. Desta forma, compreende-se que só o seu nome poderia estar associado a um prémio que pretende valorizar jovens finalistas universitários que, tal como ele, tenham a paixão pelo estudo experimental da Física.

Para finalizar, salienta-se que a actividade do Prof. Silveira não se circunscreveu apenas ao estudo de temas científicos, pois tratou igualmente de assuntos de carácter cultural e histórico-biográfico. Alguns exemplos são as conferências que realizou na Academia de Ciências, como “O Elogio Histórico de L.A. Rebelo da Silva” ou “Recordando António Sérgio”.

Para mais informações sobre o Prémio Prof. António da Silveira consultar: [www.fisica.ist.utl.pt](http://www.fisica.ist.utl.pt) ■

**Agradecimento: Professor Alves Marques que disponibilizou toda a informação biográfica do Professor Silveira.**



**FUNDAÇÃO  
CALOUSTE  
GULBENKIAN**

## Piadas secantes

Two atoms were crossing the street:

- "Hey man, I think I lost an electron!!!"

- "Are you sure?"

- "Yes, I'm positive!"

Heisenberg vai a conduzir na Avenida da República quando subitamente um carro da BT o manda parar. O bófia pergunta "O senhor por acaso faz a mínima ideia da velocidade a que ia?", ao que Heisenberg responde "Não, mas sei exactamente onde estou!".

P: Qual é o som de um electrão ao cair numa superfície metálica?

R: "PLANCK!!!"

## E ainda mais secante

Os maiores físicos de todos os tempos resolveram jogar às escondidas. Ficou decidido que seria o Einstein a contar. Ele assim fez e, enquanto todos se escondiam, Newton pegou em 4 pedaços de madeira de um metro cada e, fazendo com eles um quadrado mesmo atrás de Einstein, colocou-se lá dentro, emitindo pequenas risadas mudas. Ora, quando Einstein acaba de contar, vira-se para trás e exclama: "1, 2, 3, Newton não salva ninguém!". Newton olha para o quadrado onde está e diz, abanando um dedo: "Nah nah nah! Eu sou o Newton por metro quadrado... Sou o Pascal!"

## Enigma ("25 elefantes se baloiçavam...")

25 elefantes encontram-se em fila num arena de circo, e cada um deles pesa um número inteiro de kilogramas. Se a soma do peso de qualquer um dos elefantes (excepto o mais à direita de todos) com metade do peso do seu vizinho da direita for 6 toneladas, qual o peso de cada um dos elefantes?

## Sopa de letras

Aqui encontram-se escondidos alguns físicos famosos (e alguns não tão famosos...) . Descobre--os!

O	H	N	Y	N	Q	E	D	A	L	F	E	Y	N	M	A	N	J	D	D
I	N	U	I	E	N	R	I	F	A	E	R	A	J	T	C	S	B	E	L
N	V	H	J	W	E	I	N	B	E	R	G	Z	S	G	R	F	T	A	O
O	M	E	U	T	F	H	O	H	M	R	A	I	F	X	A	J	S	B	S
T	U	S	I	O	J	A	D	S	N	B	F	Z	I	V	U	E	U	O	J
N	E	I	A	N	Z	G	R	A	C	N	G	E	M	B	E	M	T	L	A
A	T	O	X	L	S	V	Z	R	D	B	O	H	R	F	L	M	S	T	V
E	N	D	O	K	W	T	A	B	U	C	P	S	E	Q	I	O	E	Z	A
M	A	N	F	I	N	S	E	O	C	R	I	C	F	E	L	C	R	M	C
O	V	T	B	E	S	X	T	I	K	H	F	A	R	P	A	S	C	A	L
M	A	I	R	R	T	J	Y	M	N	N	B	U	H	G	G	P	C	N	T
A	H	O	U	B	W	T	F	J	Y	R	P	T	L	P	C	J	T	N	U
X	L	R	S	A	C	I	S	I	F	S	B	L	K	H	U	L	S	L	E
U	J	W	A	Z	T	Y	C	Y	P	U	E	V	A	G	H	E	A	O	I
E	P	A	U	L	I	E	A	B	I	W	P	I	O	N	B	C	N	P	G
I	O	I	E	R	O	V	A	U	X	Q	W	Y	R	E	C	N	T	E	A
U	N	K	S	C	L	F	T	A	A	N	E	D	I	A	M	K	A	S	Y
I	I	K	E	C	D	Ç	M	D	E	I	J	U	G	A	M	A	N	I	Y
A	O	S	Q	W	R	A	W	O	N	A	M	G	N	I	K	W	A	H	L
A	A	D	N	A	R	R	B	L	T	X	A	U	N	I	N	E	L	A	R





RECONHEÇO DAS AULAS, OU  
PIOR, FIM DAS FÉRIAS

$$(\Delta t')^2 = (\Delta t)^2 - (\Delta x)^2$$

LORENTZ

$$(\Delta t')^2 = (\Delta t)^2 - (\Delta x)^2$$

$\Delta x = \text{também}$   
INVARIANTE



QUANDO TUDO O QUE NOS PREOCUPA  
REALMENTE DESAPARECE DURANTE  
UM ANO LECTIVO INTEIRO...



... RAPARIGAS, HÍJUDAS E  
MOÇAS BEM ROLIGAS ...



... PRAIA ...



$$\Delta x = (1 - \beta^2)^{-1/2} \Delta x'$$

$$\Delta t = \beta \gamma (1 - \beta^2)^{-1/2}$$

$$\Delta x' = (1 - \beta^2)^{-1/2}$$

$$\Delta x' = \gamma \Delta x$$

$$\Delta t' = \gamma \Delta t$$

COMEÇO A FICAR FARTO  
DE COISAS COMO A RELATI-  
VIDADE RESTRIÇA E A  
GEOMETRIA DO  
ESPACO-TEMPO

QUANDO A PRESSÃO É  
MUITA O MELHOR  
É FUGIR...



REAL! ENTÃO, MEU?  
TEMOS QUE ENSAIAR ...  
VAMOS OU NÃO VAMOS  
ACABAR ESTA HAQUETE  
!!! ??? !!! ???



É PENHA  
MAS TENHO  
QUE AGUENTAR  
E  
APROVEITAR  
BEM OS  
TEMPOS  
LIVRES!!

ROXXO & WOOD

CONTINUA!