

PULSAR

REVISTA DO NÚCLEO DE FÍSICA DO IST | EDIÇÃO 38 | DISTRIBUIÇÃO GRATUITA





Destaque acima: Uma fotografia em 3D da parte de trás do olho humano.

Fonte: © Peter Maloca, University of Basel/PA

Imagem de capa: 3 focos coloridos iluminam um ecrã branco com uma mão entre eles, provocando a sobreposição das sombras.

Fonte: © physicsclassroom.com

Apoios



Ficha Técnica

Direcção:

Ana Henriques

Nuno Santos

António Coelho

Redacção:

Ana Onofre, Ana Ribeiro, Bruno Veleixo Bento, Fábio Cruz, Joana Valério, João Melo, Nuno Santos, Pedro Cunha, Pedro Ferreira, Rui Carneiro, Victor Hariton.

Autores convidados: Eduardo Castro

Revisão de textos:

Nuno Santos, António Coelho

Arte

Design e montagem: Ana Henriques

Produção

Impressão: LST, Artes Gráficas

Tiragem: 1500 exemplares

Contacto

Site: <http://pulsar.nfist.pt>

Facebook: <https://www.facebook.com/pulsarmag>

e-mail: pulsar@nfist.pt

Morada: Núcleo de Física do Instituto Superior Técnico, Avenida Rovisco Pais, Instituto Superior Técnico, Edifício Ciência - Departamento de Física, 1049-001 Lisboa

Telefone: 218419075

Ext: 3075

Parceiros



Índice

4 Breves & Física Sobre Rodas

5 DIYPhysics: Submarino Portátil

6 Notícias da terra-plana

8 Inteligência Artificial

10 Transístores em Papel: Entrevista com Elvira Fortunato

12 Fotografia I: A Sua História

14 Fotografia II: O Seu Futuro

15 Ciência e Pintura

16 Investigadores de Mérito

19 Supernovas e Buracos Negros: Observando a Morte das Estrelas

20 Sombras de Buraco Negros Cabeludos

22 A Física e Tecnologia do Telescópio

Editorial

Uma direcção renovada traz a PULSAR de volta para mais uma edição. Desta vez, dedicamos este número à importância da imagem na ciência, focando-nos, entre outros, na importância da fotografia com uma série de dois artigos que visitam o seu passado e prevêm seu futuro, tocando na física que torna esta arte possível.

Mantendo com o tema, temos ainda um artigo que se pergunta como conseguiríamos efetuar observações astronómicas de um buraco negro, e esclarece a importância da informação que poderíamos descobrir se o pudéssemos fazer.

Mas, claro, ainda há lugar para aprenderes sobre as fantásticas propriedades do grafeno e a sua importância no futuro da tecnologia de materiais; ou sobre Inteligência Artificial, esta ciência emergente que promete revolucionar o mundo como o conhecemos e que, aliás, já o faz sem que nos demos conta. Outra coisa que por vezes nos passa despercebida é a qualidade do trabalho científico que se faz neste nosso país e, numa entrevista com Elvira Fortunato, a investigadora dá-nos a conhecer a o seu trabalho vanguardista em transístores em papel, cuja tecnologia é utilizada pelo mundo fora.

Por fim, e como já é habitual, regressam também as nossas crónicas, como a DIY Physics, em que poderás aprender a construir um submarino da McDonald's. A somar a esta, contamos desta vez com a Ciência e Pintura, e a Física e Tecnologia do Telescópio, onde poderás aprender tudo sobre o telescópio de Galileo.

Até à próxima,

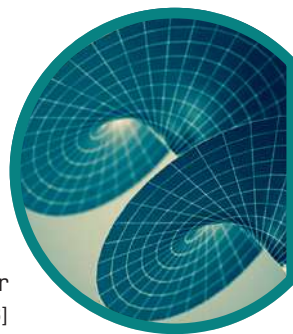
Ana Henriques

António Coelho

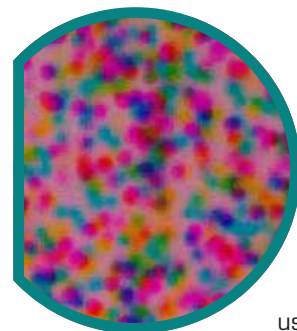
Nuno Santos

Ondas Torcidas no IPFN

O mais recente trabalho dos professores Tito Mendonça e João Bizarro, ambos investigadores no IPFN foca-se nas propriedades de ondas torcidas (twisted waves) em plasmas magnetizados. Mais concretamente, os autores estabeleceram, entre outras coisas, as soluções de onda torcida para um feixe que se propaga num plasma magnetizado. De uma forma geral, ondas torcidas são ondas com momento angular orbital, possuindo o feixe de luz uma forma helicoidal. Recentemente, o estudo deste tipo de onda ganhou ainda mais relevância por poder vir a ser uma forma de comunicação mais rápida do que a fibra ótica. [Europhysics News, 48/3]



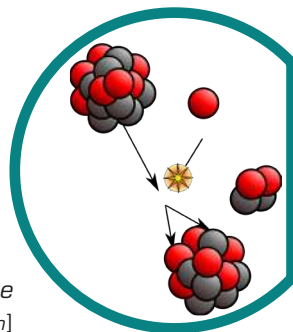
Smartphones e sombras coloridas



Monitorizar a posição das partículas num fluido está agora nas pontas dos nossos dedos, literalmente! Investigadores da Arábia Saudita utilizaram 4 *smartphones* para construir um sistema designado por *tomographic particle image velocimetry* (PIV) que permite observar os campos de escoamento de fluidos em 3D com uma excelente resolução. Esta técnica inovadora tem várias aplicações, como, por exemplo, o estudo da turbulência no desenho de perfis aerodinâmicos de carros de fórmula 1. Até hoje, este processo era considerado impraticável ao nível económico, pelo que este desenvolvimento *low-cost* irá permitir que este método seja usado em larga escala, sendo este primeiro sucesso apenas o início. [Scientific Reports 7/3714]

"Power is not a great place for a good time"

O que fazer quando se é convidado a submeter um paper pelo International Conference on Atomic and Nuclear Physics mas não se percebe nada do assunto? Christoph Bartneck, professor associado na Universidade de Canterbury, resolveu este problema recorrendo à função de *autocomplete* do sistema operativo iOS, ilustrando o artigo com a primeira figura da página de Física Nuclear da Wikipedia. O texto absurdo foi aceite apenas 3 horas depois da sua submissão e o autor foi convidado a dar uma apresentação oral sobre o assunto na conferência. Lição para o futuro: "The atoms of a better universe will have the right for the same as you are the way we shall have to be a great place for a great time". [The Guardian]



Física Sobre Rodas

A física Sobre Rodas regressou para mais uma edição, entre 12 e 19 de Julho e, desta vez, as seculares experiências da roda, gerador de Van der Graaf e hemisférios de Magdeburgo andaram de barco até à ilha da Madeira. Machico, Santa Cruz e Funchal foram as cidades por onde a carrinha do circo passou. Estivemos à beira mar em Machico, no complexo habitacional do Salão em Santa Cruz, no bairro da Nogueira, nos campos de férias da escola da APEL e do Madeira Magic, na praia dos Reis Magos e no mercado de Santa Cruz. Como não podia deixar de ser, a PULSAR também esteve presente e os mais interessados levaram todos uma PULSAR para casa. Às clássicas demonstrações das experiências do Circo, dadas inteiramente pelos membros do NFIST, juntou-se a também clássica observação astronómica, que se realizou a cerca de 2km de altitude no Pico do Areeiro em parceria com a Associação de Astrónomos Amadores da Madeira. Locais e turistas, miúdos e graúdos, todos se reuniram para ver passar o circo e juntaram-se à festa da física. Junta-te a nós também! ■

DIYPhysics

Submarino Portátil

por Bruno Bento, aluno do 3º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Já toda a gente viu, pelo menos uma vez na vida, aquelas garrafas de vidro com barquinhos lá dentro. São certamente um clássico! Por outro lado, é muito provável que nunca tenham visto um submarino dentro de uma garrafa. Mais provável ainda é nunca terem visto um submarino que funciona como qualquer submarino deve funcionar dentro de uma garrafa. Também é muito provável que nunca tenham visto um submarino da McDonalds.

Como prova de que a Física é na realidade magia, vamos ensinar-te a criar o teu próprio submarino dentro de uma garrafa! Para isso, vais precisar, como é evidente, de uma garrafa. Qualquer garrafa de 1.5L ou 2L, transparente, vai funcionar. Queremos ainda um pacote de ketchup da McDonalds (esta parte é extremamente importante, caso contrário continuarás sem ter visto um submarino da McDonalds).

Muito bem, agora é fácil! Pega na tua garrafa, coloca o pacote lá dentro e enche de água até acima. Fecha bem com a tampa e eis o teu submarino dentro de uma garrafa! Não estás impressionado? Por esta altura deves ter o teu submarino da McDonalds a flutuar no topo da garrafa (se não for o caso, algo correu mal e deves duvidar da qualidade da tua água ou do ketchup que arranijaste).

Eu sei o que estás a pensar: Não era suposto o submarino funcionar como um submarino verdadeiro? Era, sim senhor. Contudo, espero que saibas que nada se faz sem trabalho e, como tal, para o submarino funcionar devidamente terás de aplicar algum trabalho (que é como quem diz "comprime a garrafa").

Por esta altura, suspeito que estejas verdadeiramente impressionado e espero que já acredites que a Física é na verdade magia! Quer seja esse o caso ou não, acho que devo uma explicação. Como funciona então o nosso submarino?

O primeiro passo para perceber qualquer experiência é perceber o que estamos a fazer. Quando comprimes a garrafa, como em qualquer compressão, estás a diminuir o volume da garrafa. Até aqui, nada de especial. Contudo, não é a água que está a comprimir, porque a água é um fluido incompressível!

Portanto, se comprimes a garrafa e a água não é comprimida, só sobra uma alternativa. Estás a comprimir o teu submarino! É aqui que entram as contas. Novamente, como em qualquer compressão, o volume do pacote diminui. Vamos relembrar o que permite aos corpos flutuar... Densidade!

Um corpo flutua se a sua densidade for menor que a densidade do fluido, neste caso a água. O que é a densidade? Uma quantidade que relaciona a massa e o volume de um corpo (mais precisamente $\rho = m/V$). Ou seja, quanto maior a massa de um corpo, mais denso este se torna, e quanto

O que vais precisar



Água



Um pacote de ketchup



Uma garrafa de 1.5l



Notícias da terra-plana

por Eduardo Castro, membro do Centro de Física e Engenharia de Materiais Avançados e professor do Departamento de Física do Instituto Superior Técnico

Em 2004 foi publicado na prestigiada revista científica Science¹, depois de ter sido rejeitado pela não menos prestigiada revista científica Nature, um artigo onde se afirmava ter produzido e medido o material mais fino de sempre. Sendo os materiais feitos de átomos, estamos obviamente a falar de um material com um átomo de espessura. Este artigo viria a dar origem ao prémio Nobel da Física de 2010², atribuído a Andre Geim e Konstantin Novoselov da Universidade de Manchester, Inglaterra, que dirigiram as experiências neste material. Retrospectivamente, esta descoberta significou um grande avanço não só na ciência dos materiais, mas fundamentalmente no entendimento físico do mundo que nos rodeia. Até essa data acreditava-se que os materiais bidimensionais não eram estáveis – uma ideia que envolvia nomes como Lev Landau³. Em boa verdade, é difícil escapar à observação óbvia de que à nossa volta tudo é (aparentemente) tridimensional.

À primeira vista poder-se-ia pensar que a produção do material mais fino do mundo requer métodos sofisticados e tecnologia de ponta, leia-se, tecnologia extremamente cara. Nada disso! Fita cola (de uma certa marca - Scotch) e um pedaço de grafite (de boa qualidade, conhecida por HOPG) é tudo o que basta. Certamente não seriam muitas as agências de financiamento a apostarem num projecto em que a ideia central é a síntese do material mais fino do mundo usando fita-cola. Pouco mais de uma década depois, são muitas as agências por todo o mundo que financiam investigação nesta área, em particular na Europa.

O leitor saberá por esta altura de que material falamos – GRAFENO claro está. A sua história é quase tão fantástica como as suas propriedades. Delas falaremos agora.

Tal como o diamante, a grafite é composta exclusivamente por átomos de carbono. Na grafite, porém, esses átomos formam planos monoatômicos que estão fracamente ligados por forças de Van der Waals. Por isso é possível remover uma dessas camadas, designadas por grafeno, e em última análise é por isso que usamos grafite nos lápis. De facto, a palavra grafite tem origem na palavra grega *graphein*, que significa “escrever”. Uma vez que os físicos teóricos tendem a usar papel e lápis (às vezes um computador), diz-se com frequência que o grafeno foi muito provavelmente produzido primeiro por um teórico e só depois por experimentalistas. Menos longe da verdade, contudo, está o facto de o grafeno ter sido usado por teóricos como modelo brinquedo para a grafite muito antes (mais de meio século) do próprio grafeno se tornar uma realidade experimental. Era sabido, por exemplo, que os electrões de baixa energia responsáveis pelas propriedades electrónicas deveriam ter uma relação de dispersão linear, como representado na Fig. 1, e que deveriam obedecer à mecânica quântica ultra-relativista com uma velocidade da luz efectiva – isto é, mecânica quântica para partículas fermiónicas sem massa. Mas só depois do artigo na Science em 2004 é que foi possível confirmar este resultado

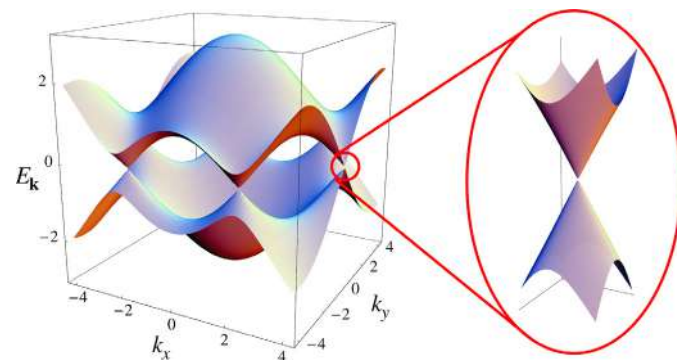


Figura 1: Espectro do grafeno com ampliação da relação de dispersão de baixa energia. Crédito: Eduardo V. Castro

teórico. Mais importante ainda, só depois de 2004 é que foi possível perceber que o grafeno tem muitos superlativos, além de ser o material mais fino e aquele que apresenta os portadores de carga mais leves (dada a descrição efectiva ultra-relativista).

O grafeno é o material com maior rigidez alguma vez medido, o mais elástico, conduz a corrente eléctrica melhor do que o cobre, apresenta a maior mobilidade à temperatura ambiente, é praticamente transparente (absorve apenas 2% da luz visível) e contudo é o material mais impermeável, e a lista continua. Para cada uma destas propriedades podemos pensar numa possível aplicação tecnológica, mas no início o interesse tecnológico era apenas residual. O material apresentava tantas propriedades fantásticas (por

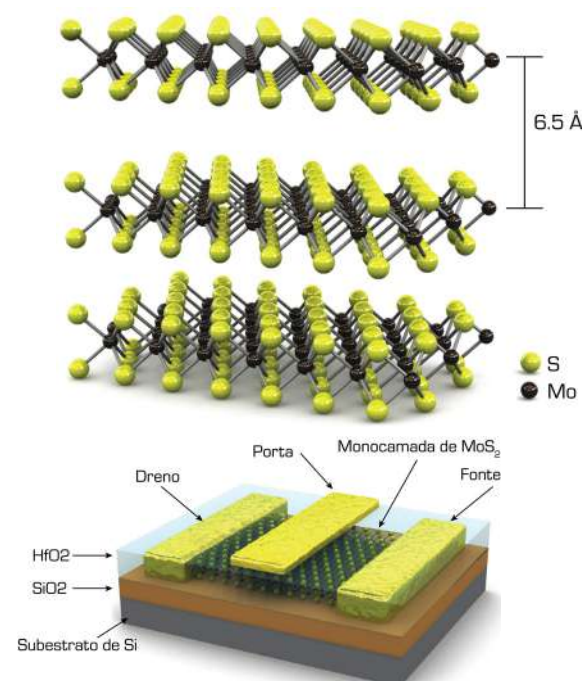


Figura 2: (em cima) Camadas do material MoS2 da família TMD. Notar a espessura triatómica da monocamada. (em baixo) Visão artística do transistor feito com uma monocamada de MoS2. Crédito: B. Radisavljevic, et al., Nature Nanotech. 6, 147 (2011)

vezes é chamado de “material maravilha”) que pensar em possíveis aplicações era como a atitude da criança que, ao ver as habilidades dos golfinhos, pergunta se os podemos comer. Por isso no início a força motriz do campo foi essencialmente a investigação fundamental. Um ano depois do artigo de 2004 na Science, o comportamento ultra-relativista dos portadores de carga no grafeno foi confirmado experimentalmente. Desta vez a revista Nature aceitou para publicação não um, mas dois artigos com esse resultado, publicados “costas com costas” em 2005: um artigo do grupo de Manchester e outro do grupo de Philip Kim da Universidade de Columbia, EUA.

Contudo, é verdade que com tantas propriedades interessantes é difícil não sonhar com aplicações. A maior limitação inicial era o método de produção baseado na fita-cola. Claramente não escalável para produção em massa. As primeiras amostras centimétricas apareceram por volta de 2009 produzidas por um método escalável (conhecido por deposição química em fase vapor). Hoje há empresas especializadas na produção de grafeno para satisfazer as necessidades de mercado. Esse mercado é ainda fundamentalmente o da investigação onde se estudam as mais variadas aplicações: super-condensadores devido à elevada razão entre área de superfície e volume; ecrãs tácteis devido à flexibilidade e propriedades condutoras; electrónica de alta frequência, electrónica flexível, sensores químicos de elevada resolução, etc. As possibilidades são tantas que a União Europeia seleccionou o grafeno como um dos primeiros projectos FET Flagship que, com um orçamento de mil milhões de Euros, espera levar o grafeno dos laboratórios de investigação até à sociedade em dez anos⁴.

Certamente que as propriedades do grafeno são fascinantes. Mas há física que o grafeno não contém. Não tem um hiato no espectro, logo não pode ser usado para fazer um transistor. Não é magnético nem é supercondutor, logo não pode ser usado para estudar e manipular outras fases da matéria. Felizmente há novidades deste mundo bidimensional, desta terra-plana. A primeira, é que há mais materiais bidimensionais para além do grafeno. Isso mesmo ficou demonstrado logo em 2005 pelo grupo de Manchester, quando repetiram o processo de clivagem micro-mecânica (ou seja, o método da fita-cola) noutros materiais estruturados por camadas como a grafite. Em vários materiais foi possível isolar a monocamada. Mas só mais recentemente, depois de se aprofundar o conhecimento do grafeno, é que foi possível estudar detalhadamente as propriedades de alguns destes novos materiais bidimensionais.

A segunda novidade é que alguns destes novos materiais apresentam um hiato no espectro energético, sendo o valor desse hiato comparável com o dos materiais que hoje em dia se usam para fazer um transistor: silício, germânio, arseneto de gálio. Um exemplo de relevo são os materiais de família TMD (sigla inglesa para a expressão “Transition Metal Dichalcogenide”), cuja estrutura por camadas fracamente acopladas se representa na Fig. 2 (em cima). Neste caso a espessura da monocamada é triatómica, pois a célula unitária envolve três átomos (um metal de transição e dois calcogénios). Apesar de extremamente fino, foi possível construir um transistor usando o membro MoS2 da família TMD. Representado na Fig. 2 (em baixo), este tran-

sistor apresenta uma performance equivalente ou superior aos de silício.

Uma terceira novidade é o facto, observado há cerca de um ano, de que alguns TMDs exibem uma fase supercondutora a baixas temperaturas, mesmo quando isolados em monocamada. Dois grupos chegaram de forma independente a esta conclusão, e os dois artigos foram publicados “costas com costas” na revista Nature Physics⁵. Não menos interessante é a descoberta de que nalguns TMDs, em particular nos que exibem supercondutividade, o sistema prefere distribuir a sua carga de forma não homogénea, mais concretamente em forma de onda de carga [conhecida por onda de densidade de carga]. A possibilidade de estudar a competição / coexistência destas duas fases distintas de sistemas electrónicos em duas dimensões abre perspectivas novas quer ao nível fundamental quer no plano das aplicações.

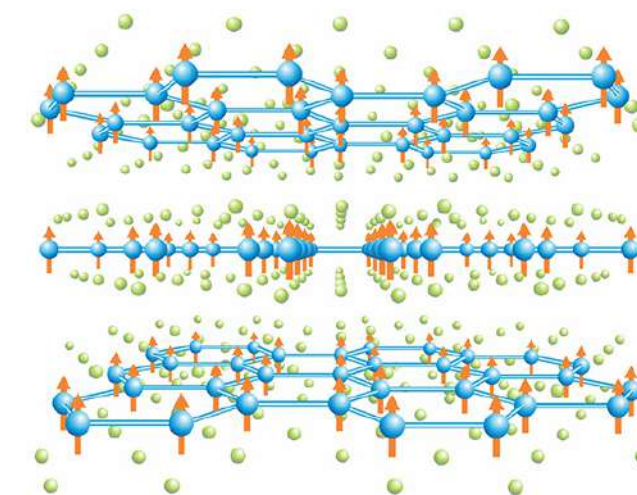


Figura 3: Fase ferromagnética do CrI3. Crédito: Physics Today DOI:10.1063/PT.6.1.20170608a

E para fechar este artigo, que já vai longo, uma última novidade da terra-plana. Há materiais bidimensionais que também são magnéticos; imagine um íman para colar no frigorífico, mas cerca de um milhão de vezes mais fino que um fio de cabelo. Foram descobertos este ano dois materiais com estas características, e os resultados, claro está, publicados na revista Nature da forma que parece agradar a este grupo: artigos aos pares, “costas com costas”⁶. Perceber a um nível fundamental a física destes materiais de baixa dimensão, por um lado, e estudar como é que as propriedades destes novos materiais bidimensionais podem ser manipuladas e integradas em novos dispositivos, por outro, é provável que resulte em mais notícias interessantes da terra-plana num futuro próximo. ■

Referências:

- ¹ K. Novoselov, A. K. Geim, et al., Science 306, 666 (2004).
- ² https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/
- ³ Os curiosos podem encontrar detalhes no livro M. I. Katsnelson, “Graphene: carbon in two dimensions”, Cambridge University Press (2012), Cap. 9.
- ⁴ <https://graphene-flagship.eu/project/Pages/About-Graphene-Flagship.aspx>
- ⁵ Xi, X. et al. Nature Phys. 12, 139–143 (2016); Saito, Y. et al. Nature Phys. 12, 144–149 (2016); ver também o comentário: E. Navarro-Moratalla and P. Jarillo-Herrero, Nature Physics 12, 112–113 (2016).
- ⁶ C. Gong et al., Nature 546, 265, 2017; B. Huang et al., Nature 546, 270, 2017.

Inteligência Artificial

por Pedro Ferreira, aluno do 3º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Um coletivo de células parcialmente revestidas por mielina, diversas em forma e interligadas de tal maneira que os padrões revelam algo mais, algo que apenas existe no coletivo e não no singular: o cérebro humano é tido como o objeto mais complexo do universo, e a humanidade, que o carrega diariamente, luta para compreendê-lo desde sempre. A nossa autoconsciência trouxe-nos até aqui, à surpreendente facilidade de transmitir uma ideia de um cérebro para outro, sem necessidade de proximidade entre eles. Certamente podemos afirmar que somos mais inteligentes que perus. Afinal, são eles que estão na mesa do jantar de Natal. Mas quão mais inteligentes seremos?

A inteligência pode ser um tópico bastante diviso, mas de um modo geral define-se como a habilidade de uma entidade usar os “sentidos” para gerar informação e armazená-la para se adaptar melhor a situações futuras. Uma pessoa será tão inteligente, então, quanto maior o número de possíveis futuros positivos criar para ela mesma. E a procura desses futuros é maioritariamente conseguida pela ciência. A nossa busca de respostas sobre o mundo à nossa volta deixou-nos manipular o eletrão e o fóton, permitindo à Humanidade expandir-se, interligando todas as pessoas no planeta, da mesma forma que o neurónio, inútil sozinho, faz parte da extrema complexidade do sistema nervoso central.

A ideia de que seria possível replicar um cérebro, usando as mesmas técnicas de construção de modelos que as usadas no eletrão e no fóton, não é nova na comunidade científica. Na verdade, a inteligência artificial (artificial intelligence, AI, em inglês) é usada em todo o lado. Desde oponentes virtuais em jogos de computador, carros autónomos, composição de música, criação de texto, reconhecimento de sorrisos em câmaras fotográficas e de voz, tradução automática no youtube, e até proteção da vida animal. No entanto, parece fácil ignorar estas tecnologias como sendo desprovidas de inteligência, tendo originado o termo AI effect, que tem acompanhado o desenvolvimento da área científica. Parece que sempre que alguém descobre como ensinar um computador a fazer algo complexo para um humano, quase toda a gente diz ser “simplesmente contas”.

Mas como pode um computador aprender? Afinal, um computador consiste apenas de pedaços de eletrónica ligados entre si. Usando a definição de inteligência acima, o nosso cérebro não é assim tão diferente de um computador. Tal como este, temos input - os nossos sentidos -, e respondemos ao ambiente - o output. Na verdade, um computador aproxima-se mais de nós quando apenas o ensinamos a pensar de forma geral, e aí é que está a verdadeira essência da AI.

Das várias formas de ensinar o computador a pensar, uma delas é usar uma rede neural. Esta consiste em implementar um modelo simplificado de como o nosso cérebro

funciona. Um neurónio deste modelo tem vários *inputs* a_i e um *output* definido como

$$O = F\left(\sum_i \omega_i a_i\right)$$

onde os ω_i são os pesos das ligações entre este neurónio e o neurónio i anterior. A aprendizagem numa rede consiste então em encontrar estes pesos entre neurónios. A função F é a chamada função de ativação, e pode ser escolhida de acordo com o que se pretende. Uma função de ativação comum é a função sigmoide.

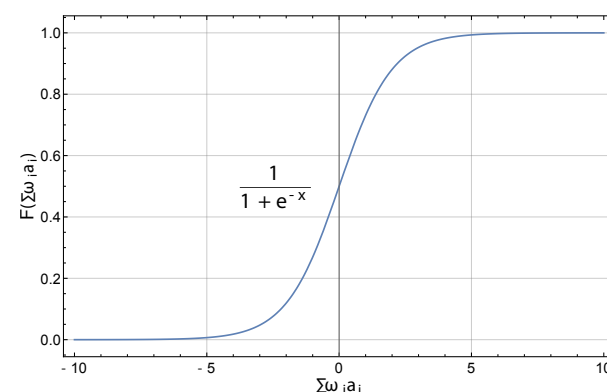


Figura 1: Função de ativação sigmoide

Este output torna-se o input do neurónio seguinte numa rede neural. Colocando estes neurónios em camadas, obtemos uma estrutura semelhante à da figura 2: a camada da esquerda com neurónios que transportam os inputs do que se quer aprendido, uma camada da direita com os outputs do resultado da aprendizagem, e várias camadas interiores, tantas quanto a complexidade do problema.

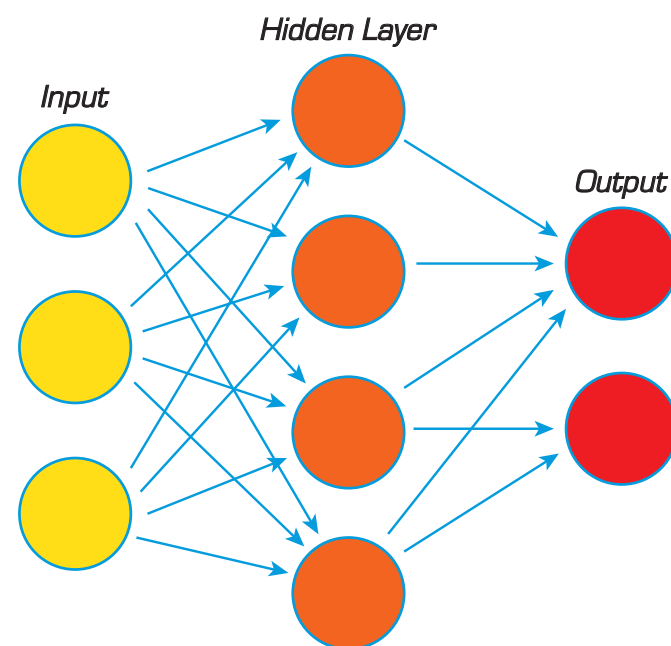


Figura 2: Diagrama de uma rede neural com 1 hidden layer

A quantidade destas camadas de neurónios interiores designa-se por *depth* (profundidade) da rede neural, levando origem ao conceito de *deep learning*, a aprendizagem com estas redes neurais profundas.

Para fazer a rede aprender é necessário um conjunto de dados *input* e *output*, ou seja, exemplos de casos corretos que se quer aprender. Por esta razão, este tipo de aprendizagem chama-se aprendizagem supervisionada (em inglês, *supervised learning*).

Os pesos entre os neurónios são inicializados aleatoriamente e uma amostra do conjunto de dados de treino é posto à prova com estes pesos. O erro entre o valor de *output* efetivo $\hat{O}$ e o valor desejado O é medido, e propagado usando, usualmente, *gradient descent*, calculando as derivadas do erro e propagando esses erros para os pesos. Neste caso, o algoritmo chama-se *backpropagation*. Existem também outros métodos de minimização deste erro, usando algoritmos de otimização como *simulated annealing*, este com base em princípios termodinâmicos de formação de cristais.

Estes paradigmas computacionais são extremamente úteis e cada vez mais são utilizados em diversos problemas.

Imagine-se o seguinte problema clássico: sabendo, para um número suficientemente grande, quanto uma casa custa, baseado em diversos parâmetros (e.g. área, número

de quartos, proximidade a escola, criminalidade local), quer saber-se quanto custa uma casa sabendo estes parâmetros. Usando o algoritmo de aprendizagem supervisionada de redes neurais, é possível responder a esta questão imediatamente, após treino com o conjunto de dados (parâmetros|preço).

Finalmente, a área da inteligência artificial e *machine learning* está a crescer de uma forma explosiva, com aplicações em veículos autónomos, visão artificial, jogos, finanças, aviação, reconhecimento de voz, diagnósticos médicos, percepção, escrita e leitura de textos, e até arte.

AI parece estar a mudar o mundo, tanto de formas radicais como subtilmente, e algumas pessoas, incluindo o bilionário filantropo Elon Musk e o não tão bilionário mas brilhante Stephen Hawking, não estão tão seguros de que mudará o mundo apenas para melhor. Organizações como a OpenAI (criada pelo primeiro) apostam na distribuição desta tecnologia para todos. Nas palavras de Elon Musk:

“I think AI is probably the single biggest item in the near term that’s likely to affect humanity. So it’s very important that we have the advent of AI in a good way, that it’s something that if you could look into a crystal ball and see the future, you would like that outcome. Because it is something that could go wrong... So we really need to make sure it goes right.” ■

Um problema comum é fazer o computador perceber texto escrito. Este problema é resolvido por passos. Primeiro, a deteção de letras/dígitos (chamemos-lhe X) numa imagem é feita usando uma base de dados para treinar uma rede neural, efetivamente fazendo-a reconhecer letras e números. De muitas bases de dados disponíveis, o MNIST (*Modified National Institute of Standards and Technology*) contém 70000 imagens de dígitos, e é atualmente o padrão de comparação teste de algoritmos de reconhecimento.

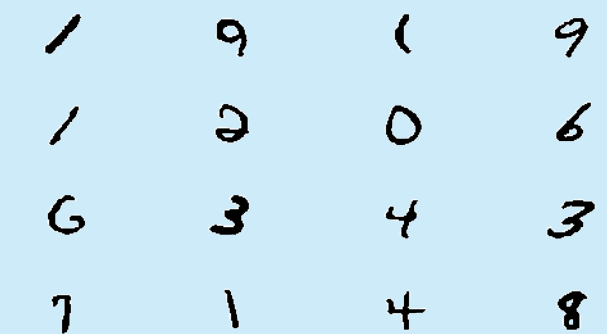


Figura 3: Amostras do MNIST

Ficamos agora com um texto codificado digitalmente, como este que estás a ler. Agora falta “entender” o texto, e o verdadeiro desafio está aqui. Para nós é fácil entender o significado da palavra fruta ou a relação entre verde) e erva, mas para um computador, tudo isto são apenas caracteres. Para ensinar um computador a “entender” é necessário recorrer a Processamento de Linguagem Natural, que surgiu há quase 70 anos com Alan Turing. Esta identifica a sintaxe e a semântica no nosso texto, efetivamente relacionando todas as palavras para formar um “conceito final” que é o que nós entendemos como o “significado”.

Usando redes neurais é possível transformar qualquer fotografia em obras de pintores históricos, num processo chamado *artistic style transfer*. Este algoritmo foi introduzido em 2015, num artigo intitulado *A Neural Algorithm of Artistic Style* (Gatys et al.) e usa *Deep Neural Networks* para produzir resultados incríveis.

No entanto, este algoritmo é lento (demora horas para cada imagem) e é apenas útil para imagens de baixa resolução (maior resolução implica maior número de *inputs* na rede neural e por isso demora mais tempo a treinar e avaliar).

Em 2016, um artigo chamado *Artistic style transfer for videos* (Ruder et al.) melhorou este algoritmo. Agora, funciona praticamente em tempo real e foi aplicado a vídeos. Neste trabalho aplicaram o algoritmo de 2015 melhorado em todos os *frames* do vídeo individualmente, e introduziram uma restrição de consistência temporal, para produzir um vídeo mais fluido. Ainda é impossível mostrar vídeos neste artigo, mas é dos primeiros resultados no Google para “*Artistic style transfer for videos*”. Recomendo que o vejam, é brilhante.



Figura 4: Exemplos de artistic style transfer

Transístores em Papel

Entrevista com Elvira Fortunato

por Ana Onofre, aluna do Mestrado Integrado em Eng. Física, FCT-UNL

A PULSAR entrevistou Elvira Fortunato, uma das mulheres mais influentes na ciência portuguesa e internacional, que viu a sua vida dar uma volta de 180° quando decidiu fazer um transístor de papel, que lhe valeu uma bolsa do European Research Council (ECR)

Licenciada em Engenharia Física e dos Materiais pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Elvira Fortunato percorre diariamente os corredores do Centro de Investigação de Materiais (CENIMAT), que pertence a um centro maior que é o I3N (Institute of Nanostructures, Nanomodelling and Nanofabrication), dos quais é diretora.



Figura 1: Professora Elvira Fortunato no seu laboratório no Centro de Investigação de Materiais

Foi precisamente no CENIMAT que, em 2008, surgiram os transístores de papel. Quando questionada sobre a origem da ideia, a professora Elvira confessa que já perdeu a conta às vezes que lhe fizeram a mesma questão. “Porque não trabalhar com papel? Se o papel tem propriedades isolantes e para fazer um transístor, nomeadamente um transístor de efeito de campo [FET], precisamos de ter um isolante... Porque não usar o próprio papel como um suporte físico e como material isolante? Tenho uma fotocópia frente e verso: numa das faces tenho o semiconductor, na outra tenho o condutor [gate]. Sobre o semiconductor ponho a fonte e o dreno e tenho um MOS-FET [Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor] a funcionar numa folha de papel. Lembrámo-nos disso e por incrível que pareça, funcionou à primeira vez!”. Muitos colegas não acreditaram que pudesse resultar, por vários fatores que entretanto estudou, e confessa que, na altura, nem ela própria acreditou. “Se calhar se não funcionasse à primeira eu não tentava mais, foi daquelas ideias um bocado malucas.” revela, sorrindo.

A notícia espalhou-se de forma viral por todos os meios de comunicação nacionais e internacionais. Sobre a dimensão da notícia diz “Eu sabia que era diferente, que era a primeira vez que se estava a fazer, mas não estava à espera que isto tivesse assim uma projecção tão internacional que teve. E realmente, hoje em dia, é um sucesso e estamos a trabalhar com algumas empresas.”



Figura 2: Bolachas de silício monocristalino de 2" (esquerda), 12" (centro) e 8" (direita)

Os primeiros transístores de papel foram desenvolvidos em papel de fotocópia, tendo como constituinte o óxido de zinco, um produto mais barato em relação ao silício convencional. Todo o processo foi realizado à temperatura ambiente, cuja vantagem se traduz no baixo custo e reduzido tempo do processo, quando comparado com a tecnologia convencional do silício. “Como a tecnologia é mais barata, os materiais são mais baratos e o desempenho é superior” foi muito mais rápida a transição da tecnologia, da universidade para as empresas. Os transístores com óxidos são muito superiores aos desenvolvidos com silício amorfo.

A tecnologia evoluiu e o investimento na otimização tem sido bastante: desde o óxido de zinco ter vindo a ser substituído por ligas de óxido de zinco e óxido de estanho, até à alteração do tipo de fibra ou a composição química do papel. Hoje em dia, o seu grupo de investigação trabalha diretamente com a indústria papeleira de forma a poder otimizar a superfície do papel, de acordo com os requisitos de cada transístor.

Atualmente, os transístores de papel ainda têm imenso impacto e há empresas interessadas em usar esta tecnologia, nomeadamente na área da embalagem. “Há uma grande tendência para se conceber embalagens inteligentes com electrónica” e por embalagens inteligentes entenda-se uma caixa de medicamentos que indica se está na hora de tomar o medicamento ou que regista todas as tomadas feitas pelo doente que mais tarde serão vistas pelo médico numa consulta, por exemplo. No entanto, nestas embalagens o segredo está na electrónica de baixo custo, pois não compensa se esta for mais cara que a própria embalagem. Entre aplicações também encontramos os biossensores, por exemplo, sensores de glucose que permitem a um diabético, e não só, perceber os seus níveis de glucose. Os transístores de papel também podem ser aplicados na área dos circuitos integrados (IC) ou de displays.

Este tipo de transístor, totalmente transparente, já tem valido várias patentes internacionais, entre elas, uma com a Samsung na área dos mostradores planos. No âmbito da electrónica transparente, o seu grupo de investigação está na vanguarda e é, presentemente, líder europeu e a nível mundial é equiparada por apenas outros dois grupos, um dos Estados Unidos e outro do Japão.

Mais inovação que invenção

Elvira não é apologista da ideia de que o transístor de papel possa ser uma invenção e justifica dizendo “Não inventei o papel, não inventei os óxidos semicondutores – já trabalhava com eles- não inventei os metais, mas juntei estas coisas todas diferentes e fiz uma coisa completamente nova. E hoje em dia, a inovação sai daí! Hoje em dia, quando tu inovas, não é inventar [...] Inovar é acres-

centar algum valor, portanto, eu acho que o transístor de papel é mais uma inovação do que propriamente uma invenção.”

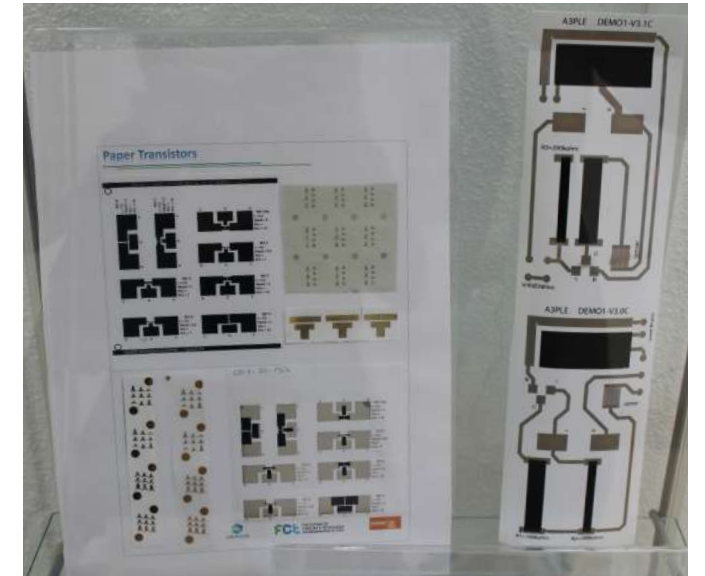


Figura 3: Transístores em papel

E no futuro?

Apesar de ser uma tecnologia relativamente recente, no futuro esta poderá ser aplicada em superfícies transparentes como janelas, por exemplo, com sensores ou circuitos integrados. “Hoje em dia, temos aí a internet das coisas. Em que cada vez mais tu queres contactar ou comunicar com objetos, com aquilo que nos rodeia e para isso, tens de ter materiais que sejam transparentes, que não se vejam sobre os objetos com que queres comunicar”. É caso para dizer que, no futuro, a imaginação é o limite. ■



Figura: A Doutora Elvira Fortunato recebe a Medalha Blaise Pascal, Novembro de 2016

No passado dia 19 de Novembro, Elvira Fortunato recebeu a Medalha Blaise Pascal 2016 na categoria de Ciência dos Materiais, atribuída pela Academia Europeia das Ciências. Pela primeira vez, um investigador português recebeu esta distinção, que visa homenagear quem se tenha distinguido num contexto internacional na área da Ciência e Tecnologia assim como na promoção da Excelência na Investigação e na Educação. A este prémio, a investigadora soma ainda outros, dos quais se destaca a distinção com a Ordem do Infante D. Henrique, em 2010, dada pelo Presidente da República.

Fotografia I

A Sua História

por Ana Ribeiro, aluna do 3º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Começamos por definir a fotografia como uma técnica de criar imagens por exposição luminosa numa superfície fotossensível.

Conta a história que a primeira fotografia alguma vez feita é francesa e o responsável foi um inventor de nome Joseph Nicéphore Niépce. Tudo se passou por volta de 1826 e a imagem mostra-nos uma perspectiva do quintal do fotógrafo.



Figura 1: Primeira fotografia, tirada por Joseph Nicéphore Niépce.

Mas as buscas pela fotografia começaram muito antes! Na prática, Joseph apenas foi o primeiro a conseguir fixá-las. Desde a Grécia antiga que já se conhecia o fenómeno de criação de imagens pela passagem da luz em orifícios bem pequeninos, a técnica de pinhole (ou furo de agulha). E no século X já era conhecido o poder da câmara escura, que, na altura, consistia num quarto sem qualquer iluminação apenas com um orifício para o exterior onde se podiam ver imagens projectadas na parede. A câmara escura era usada por alguns cientistas para estudarem fenó-



Figura 2: Primeira fotografia a cores, tirada por James Clerk Maxwell em 1861.

menos como os eclipses solares. Nesta altura a dificuldade era saber como gravar as imagens. No século XVI, XVII e XVIII vários cientistas aperceberam-se das propriedades de escurecimento dos sais de prata e conseguiram criar algumas imagens a partir deles, no entanto ainda não era conhecido nenhum processo que interrompesse o escurecimento e fixasse a imagem.

Depois dos químicos fazerem todo o seu trabalho e deixarem bem definidos os métodos de gravar, revelar e fixar as imagens, foi seguido o tempo de melhorar a óptica das câmaras. Muitos nomes importantes para a descoberta, desenvolvimento e popularização da fotografia podiam ser apontados como Louis Daguerre e até Maxwell, este último indicado como o criador da fotografia colorida! Mas foque-mo-nos na física da coisa.

A óptica é uma parte muito importante da fotografia: define o seu foco, nitidez, luminosidade, etc; contudo, no início não era usada qualquer óptica adicional na fotografia – usava-se apenas um orifício, a chamada técnica pinhole que apenas requeria uma caixa completamente isolada da luz com um pequeno orifício por onde era criada a imagem.

Este método é bastante simples e económico mas tem muitas desvantagens. Sem qualquer lente, a imagem será tanto mais nítida e terá um plano de foco tanto maior quanto menor for o orifício; por outro lado, um orifício mais pequeno implica maior tempo de exposição, pois a quantidade de luz por unidade de tempo que alcançará a superfície fotossensível será muito menor. Este constrangimento explica por que é que nos retratos antigos dos vossos avós ou bisavós raramente as pessoas aparecem a sorrir.

A fotografia era uma substituta mais precisa e realista da pintura no que toca a imortalizar personalidades e acontecimentos. Tinha-se de todo o interesse que as imagens fossem o mais nítida e perceptíveis possíveis, o que implicava que o furinho nunca tivesse muito mais de 0.5mm de diâmetro. Isto significa que alguns retratos, dependendo da luz ambiente, podiam levar longos minutos a ficarem completos. A acrescida dificuldade dos modelos se manterem imóveis durante todo aquele tempo a sorrir levava a que os mesmo preferissem não o fazer, pois se a foto ficasse tremida seria necessária outra e o processo era ainda muito dispendioso.

A introdução das lentes na fotografia é um marco muito importante já que a óptica de uma máquina fotográfica tem, muitas vezes, o papel mais importante na qualidade da imagem. Uma objectiva permite-nos definir o zoom, abertura e foco, parâmetros até então incontroláveis. Esta pode ser constituída por uma lente convexa simples, mas a utilização de várias lentes permite corrigir algumas aberrações de luz, melhorando substancialmente a imagem.

É importante relembrar que a quanto maior a abertura de uma lente, mais luminosa será a imagem. No entanto, a abertura também condiciona a nitidez: aberturas grandes

implicam que uma menor área de imagem esteja no plano de foco. Este desfoque é muito apreciado em retratos – trata-se de uma técnica denominada de bokeh. É extremamente difícil produzir boas lentes com grandes aberturas, sendo este ainda um desafio actual na indústria da fotografia.

Uma das primeiras lentes comercializadas foi tão popular que ainda existe nos dias de hoje. Foi inventada pela mente de Voigtlander e pelo professor Petzval. Uma das principais características da mesma é a sua grande abertura que causa um foco suave, imagens luminosas e um bokeh circular que permite registar imagens espectaculares.

O bokeh é nada mais, nada menos, que um ponto de luz fora do plano de foco. Este é criado pela convergência de raios luminosos no sensor ou filme, logo pelo que os planos para os quais os raios luminosos não convergem ficam desfocados, criando imagens distorcidas como consequência da sua dispersão - o que torna um ponto de luz numa circunferência de contornos suaves.



Figura 3: Fotografia em estilo bokeh tirada com a lente Petzval 85 Art Lens, em homenagem ao professor Petzval.

Há, então, a possibilidade de darmos forma ao bokeh! Se se colocar um disco com um orifício da forma desejada na frente da lente, tudo o que tiver uma dispersão suficientemente grande irá assumir aquela forma. Por outras palavras, o objecto em foco não será afectado, porque os raios luminosos que o formam convergem no centro da imagem, mas tudo que o que tiver suficientemente longe do plano de foco ficará afectado.

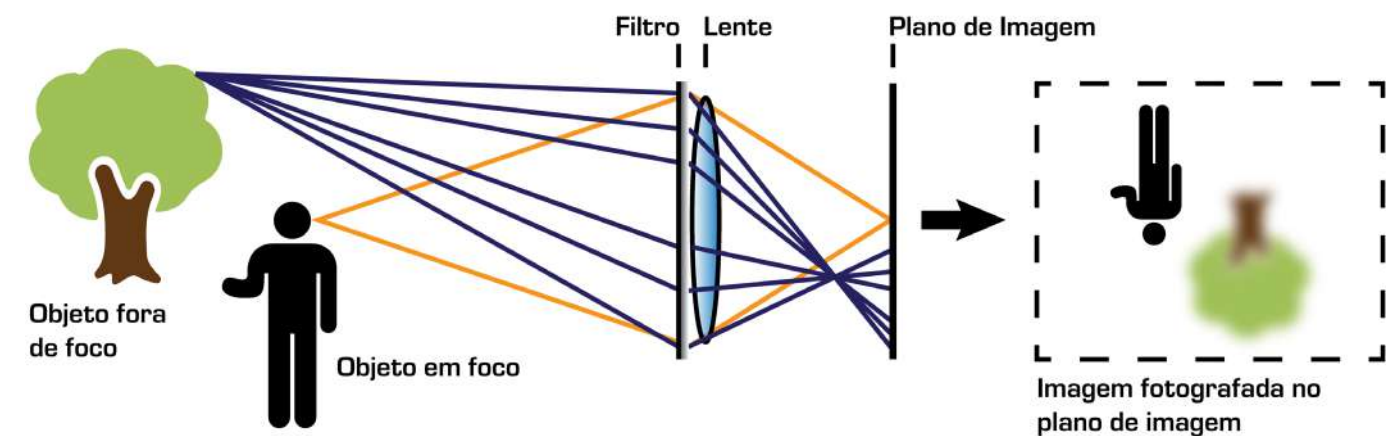


Figura 5: Esquema de uma fotografia em estilo bokeh

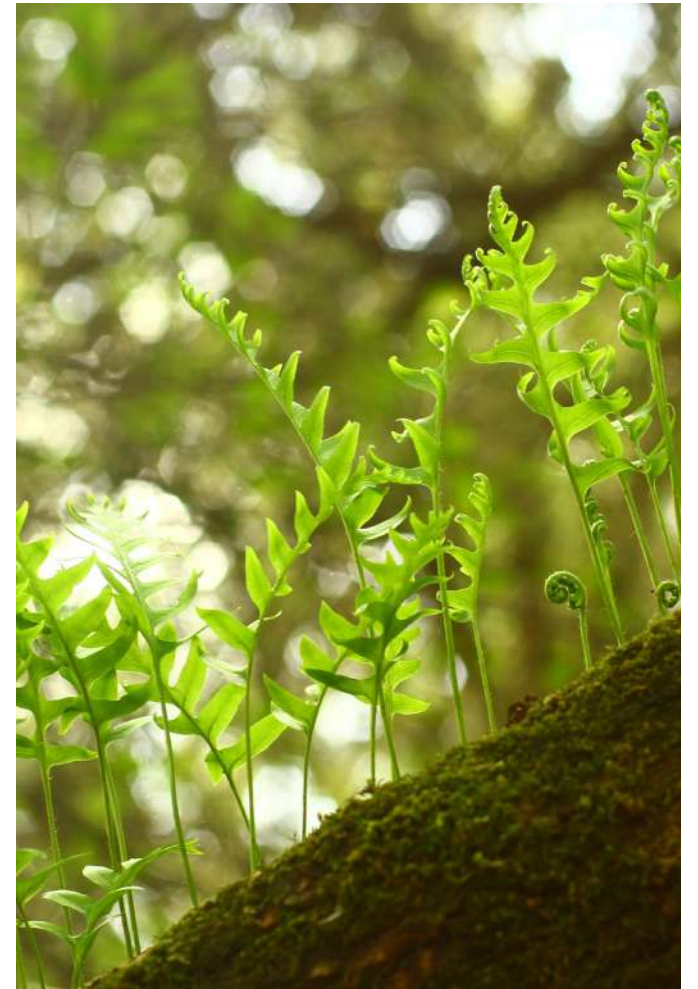


Figura 4: Fotografia em estilo bokeh tirada pela autora, Ana Ribeiro.

Uma melhor compreensão da óptica geométrica é tão fundamental na indústria fotográfica como no dia a dia de um fotógrafo com o intuito de criar as melhores imagens possíveis e de as compreender. Conhecer os fenómenos físicos por detrás de importantes técnicas fotográficas possibilita um mais rápido e melhor domínio das mesmas e, consequentemente, menos rolo (ou memória) desperdiçado! ■

Fotografia II

O Seu Futuro

por Rui Carneiro, alumni do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Estás a querer dizer que há um botão na câmara que serve para a mandar tirar uma fotografia? Ah?

– *Said no one, ever.* Pelo menos ainda não. Mas no futuro sim. Vamos por partes:

A mecânica quântica e a fotografia estão intimamente ligadas. Porquanto uma inspirou inovações na eletrónica, permitiu assim que a outra as implementasse.

A fotografia, no início, era um processo mecânico. A primeira “câmara fotográfica” era literalmente um buraco que concentrava a luz numa superfície fotosensível. A captura e a revelação das fotos era um processo químico. Toda a gente tem a imagem mental do fotógrafo a revelar o rolo numa sala escura. Lá se começou a pensar que dá jeito ver aquilo a que se está a tirar a fotografia, lá se usaram um ou dois truques de espelhos, adaptou-se a ideia do periscópio para a máquina fotográfica e tropeçou-se no precursor da SLR.

A eletrónica cortou a tradição pela raiz. Sensores fotosensíveis. Nada de químicos, nada disso. A luz simplesmente ataca um sensor e é detetada - uma verdadeira revolução. Incontáveis portas foram abertas – liveview, revisão fotográfica instantânea, pós-processamento digital, possibilidade de guardar e apagar as fotos digitalmente, portabilidade sem paralelo, comunicação com outros sistemas digitais, acesso à internet.

Os recentes e promissores avanços na informática e computação quântica não fazem prever nada que não uma nova revolução. As câmaras do futuro vão fazer parte da Internet of Things, terão incorporação direta na cloud, mas isso é só o início. Já existe há um tempo a possibilidade de ligar à câmara através de wi-fi...

As câmaras de nível de entrada (amadoras) vão ter opções de captura e edição automática. Na medida em que se afigura menos conveniente estar constantemente a parar numa viagem turística para firmar a memória presente na base de uma foto, será nessa mesma medida cada vez menos necessário pensar nos detalhes artísticos desta.

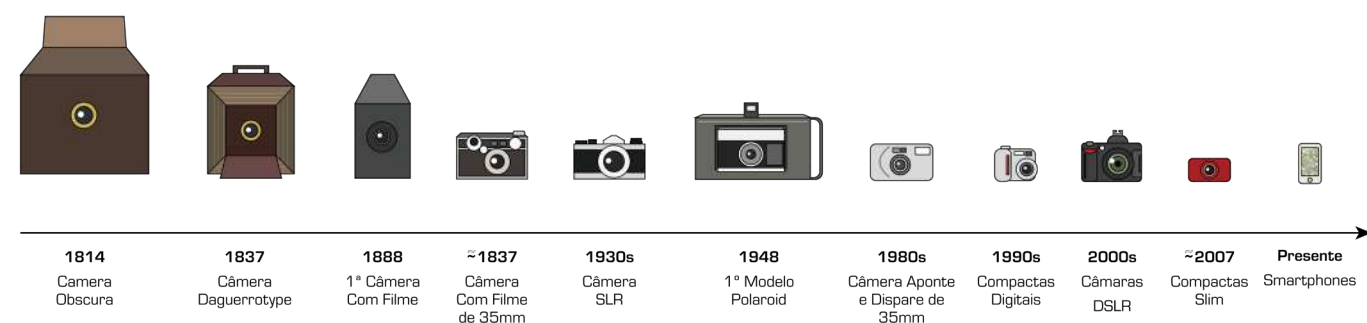
Já existe focagem automática, exposição automática, programação automática... Já se ouve a contagem decrescente até à “composição automática”.

Os fabricantes encontrarão maneira de competir com os smartphones, ou serão esmagados. Uma destas maneiras é através da qualidade – da experiência a ser proporcionada ao consumidor, que não terá de partir com a imersão da viagem para poder registar com um mínimo de elaboração artística os momentos vividos. A necessidade é a mãe da oferta. A existência de um botão “tirar foto” é redundante num mundo em que o software pode decidir pelo fotógrafo-comum quando e como registar os melhores momentos. Mais tarde ou mais cedo, alguém vai perceber como o fazer.

No campo da fotografia profissional, afigura-se outro cenário, igualmente espetacular. A interface atual de uma câmara é bastante técnica e pouco intuitiva. Ora se clica num botão para aumentar o ISO, ora se roda para a esquerda para baixar a velocidade de obturador, ora ajusta o equilíbrio de brancos – vai-se vendo a facilidade do momento decisivo já ter escapado. Este processo é algo a ser eliminado. O desgaste da barreira cérebro-software verá o controlo da máquina fotográfica passar para o nosso cérebro. Um piscar de olhos dispara o obturador. Olhar para a esquerda reduz o tempo de exposição. Franzir muda o equilíbrio de brancos... Verdadeiros cyborgs artísticos. O nosso olho sincronizará o campo de visão com a máquina, que instantaneamente ajustará. As fotos serão imediatamente carregadas para um servidor na cloud, publicadas na nossa rede social preferida. Não há mais botões. O problema da trapallice mecânica será contornado. Afinal, pensamos por impulso elétrico. É uma questão de tempo até ser quebrada a barreira de comunicação entre a nossa máquina e nós mesmos. Fotografia telepática. E o mais engraçado é que este novo mundo se articula porque um aluno de doutoramento num laboratório vai um dia dizer “*That’s funny... I’ve never noticed that.*”

Dez anos mais tarde, chegou o futuro. ■

Evolução da Câmara Fotográfica



Ciência e Pintura

por Joana Valério, aluna do 1º ano do Mestrado Integrado em Eng. Biomédica, IST

Imagine o leitor que tem diante de si uma pintura. A partir do instante em que a vê, pode dizer-se que quase instantaneamente tece uma opinião: se é bonita ou feia, se lhe apraz ou não. Algures neste processo a luz que chega à córnea é virada ao contrário pela lente do olho, o cristalino. Obtém-se então uma pequena pintura de pernas para o ar, que o cérebro se encarrega de endireitar. Quanto ao que determina o gostar ou não... bem, há todo um ramo da filosofia dedicado a isso! Voltemos à pintura. Ao pensar neste tema, uma das primeiras obras de que me lembrei foi *Os Embaixadores*, de Hans Holbein. À partida, esta pintura apresenta-se perante um olhar leigo como um retrato de duas figuras masculinas, e pouco mais. Um olhar mais atento revela dois globos (terrestre e celeste), um quadrante e um torquetum (instrumentos astronómicos), um relógio de sol poliédrico, um livro de aritmética e um alaúde. Mas o que realmente torna este retrato incomum é o facto de estar no chão uma caveira completamente distorcida, que retoma a sua forma natural se for olhada do ângulo direito superior ou inferior (anamorfismo). A presença de uma caveira não é de espantar: isso era comum inserirem-se símbolos da morte em quadros (*vanitas*), como que para nos lembrar que a vida é breve. (Quanto à interpretação de tudo isto, sugiro ao leitor mais intrépido o vídeo *Holbein the Younger; the Ambassadors*, da Khan Academy) Como teria Holbein pintado a caveira assim? Porque parece o alaúde estar encolhido? E como explicar a precisão de todos os detalhes, os globos perfeitamente esféricos, as notas musicais perfeitamente legíveis em perspectiva? Diria Nietzsche: uma perfeição demasiado perfeita. No livro *David Hockney: Secret Knowledge*, é sugerido que Holbein teria feito uso de instrumentos ópticos. Bem, para obter

um tão grande nível de detalhe seria natural usar uma lupa. Mas Hockney sugere mais do que isso: coloca em hipótese que Holbein teria projectado os objectos tridimensionais (com o auxílio de espelhos e lentes) sobre uma superfície plana, registando depois as suas formas bidimensionais. E Holbein não teria sido o único: Vermeer, van Eyck (no célebre *Retrato dos Arnolfini* há um espelho convexo!), Rembrandt ou Velazquez (*Las Meninas*), entre muitos outros, desde os tempos da renascença teriam usado “artifícios” ópticos como camera lucida, camera obscura, ou espelhos planos, convexos e côncavos nas suas obras-primas. Um outro exemplo é *A Leiteira*, de Johannes Vermeer. Nesta pintura há uma clara distorção nas proporções: as figuras em primeiro plano são muito grandes. Porém, não reparamos facilmente nesta desproporção por estarmos habituados a ver imagens fotografadas, nas quais este efeito também ocorre. Hockney argumenta que Vermeer nunca teria visto esta distorção a olho nu e que esta teria sido causada por lentes, demonstrando assim o uso de instrumentos ópticos. É interessante pensar que Vermeer é contemporâneo e compatriota de Anton van Leeuwenhoek, um dos primeiros construtores de microscópios e possuidor da maior colecção de lentes do mundo! A teoria de Hockney foi controversa entre historiadores e cientistas: teriam os grandes mestres feito “batota”? Mas porquê batota? Afinal, estas são ferramentas como quaisquer outras. “*Optics don’t make art*”, respondeu Hockney. A pintura continua a estar na mão do artista. Esta teoria traz uma nova forma de a olhar. E quiçá numa próxima visita nos questionemos, tal como David Hockney, sobre o uso destas (e de outras) fantásticas técnicas, que, na minha modesta opinião, em nada diminuem a genialidade destes artistas. ■



Figura 1: Os Embaixadores, de Hans Holbein



Figura 2: A Leiteira, de Johannes Vermeer

Investigadores de Mérito

"Caberá um pulsar numa simulação computacional?" por Fábio Cruz, aluno de doutoramento no IPFN
"O futuro do processamento de materiais a LASER" por Victor Hariton, aluno de doutoramento no IPFN

Em novembro de 2016, os investigadores Fábio Cruz e Victor Hariton partilharam o Prémio Gulbenkian de Estímulo à Investigação (juntamente com outros 6 cientistas). Ambos ex-alunos do MEFT, pertencem atualmente ao IPFN e desenvolvem a sua investigação no seio do Grupo de Lasers e Plasmas (GoLP). Fábio Cruz foi premiado pelo seu trabalho na área das Ciências da Terra e do Espaço tendo apresentado o projeto *Multiscale Modeling of Pulsar Magnetospheres*. Já Victor Hariton viu distinguida a sua candidatura com o título *Fab-Laser - Femtosecond ablation of biological samples with shaped laser pulses*, na área de Física.

Caberá um pulsar numa simulação computacional?

Como o curioso leitor desta publicação saberá, os objetos astronómicos que lhe inspiram o nome – pulsares – reúnem algumas das condições físicas mais exóticas do Universo. A combinação de densidades extremas e campos gravítico e eletromagnético ultra intensos tornam os pulsares autênticos laboratórios de física fundamental em áreas tão distintas como a gravitação, mecânica quântica, física da matéria condensada e astrofísica de plasmas.

O que caracteriza então os pulsares, e porque são estes objetos tão interessantes? Para responder a estas perguntas, é necessário desvendar primeiro a sua estrutura e principais propriedades. No centro de um pulsar existe uma estrela de neutrões em rotação, de densidade comparável à do núcleo atómico (o que equivale a "comprimir" a massa do Sol em apenas algumas dezenas de km³!), e que resulta da explosão em supernova de uma estrela de 10-30 massas solares em fim de vida.

Ao contrário das estrelas comuns, os pulsares emitem

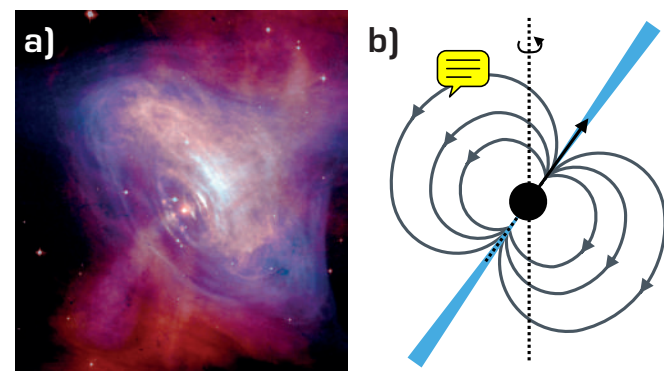


Figura 1: a) Imagem do pulsar do Caranguejo obtida através da composição de radiação ótica e raios-X capturados pelo telescópio espacial Hubble e pelo Observatório de raios-X Chandra, NASA; b) Ilustração esquemática de um pulsar, com uma estrela de neutrões central (a preto), e os feixes luminosos direcionais emitidos em direções opostas (a azul).

luz em impulsos extremamente direcionais, em dois feixes que apontam em direções opostas. Devido à rotação da estrela de neutrões, estes feixes são apenas observados periodicamente nos nossos telescópios, tal como a luz direcional emitida por um farol pode apenas ser observada

quando o farol aponta na nossa direção. Os feixes pulsados emitidos por estes objetos têm ainda uma composição espectral única, com comprimentos de onda desde as ondas rádio aos raios gama. Tendo uma estrela em final de vida no seu centro, a radiação eletromagnética emitida por estes objetos não é produzida através da cadeia de reações nucleares que dá origem à luz emitida por estrelas comuns. De facto, a origem da radiação emitida por pulsares é ainda uma questão em aberto. Pensa-se, no entanto, que esteja intimamente relacionada com a dinâmica de partículas elementares carregadas (elétrons e positrões) no campo eletromagnético que permeia o ambiente em torno da estrela de neutrões central de um pulsar.

O campo magnético de um pulsar, que pode chegar a magnitudes próximas de 10¹² G (i.e. 13 ordens de grandeza superior ao campo magnético terrestre!), é, na verdade, tão intenso, que é capaz de ferver o vácuo! Neste processo, elétrons e positrões emitem fótons extremamente energéticas, que decaem consequentemente em novos pares de elétrons e positrões. Por sua vez, os novos elétrons e positrões são acelerados nos campos intensos até emitirem novos fótons e o processo repete-se, dando origem a uma cascata de partículas elementares a partir do vácuo! Os mecanismos de emissão e decaimento destas partículas elementares são descritos pela teoria Eletrodinâmica Quântica (de sigla inglesa QED, de Quantum Electrodynamics), pelo que este processo cíclico é regularmente denominado por cascata QED. A sopa de partículas energéticas resultante das cascatas QED forma um plasma que preenche o exótico ambiente em torno da estrela de neutrões central de um pulsar, emitindo a radiação que chega até nós.

Determinar a dinâmica do plasma que envolve um pulsar no seu campo eletromagnético ultra intenso é um problema extremamente complexo, pois envolve resolver fenómenos a escalas de espaço e tempo muito diferentes. Desde a formação das cascatas QED, que acontece às mais pequenas e curtas escalas do sistema, até à formação a grandes escalas de fenómenos como os ventos de pulsares (constante emissão de plasma destes objetos), é necessário seguir a dinâmica do plasma de elétrons e positrões nos seus campos de forma auto-consistente (i.e. considerar a retroação da interação com os campos na sua própria

dinâmica], desde a sua formação à aceleração e consequentes processos radiativos.

Graças a recentes progressos tanto no desenvolvimento de algoritmos para simular estes sistemas, como na vertente tecnológica da computação, será em breve possível determinar a dinâmica do plasma de elétrons e positrões de um pulsar a partir de primeiros princípios (i.e. sem aproximações às escalas relevantes do problema). Nos maiores supercomputadores do mundo, é hoje possível realizar simulações com performances na ordem das dezenas de petaFLOPS, ou 10¹⁵ floating point operations per second.

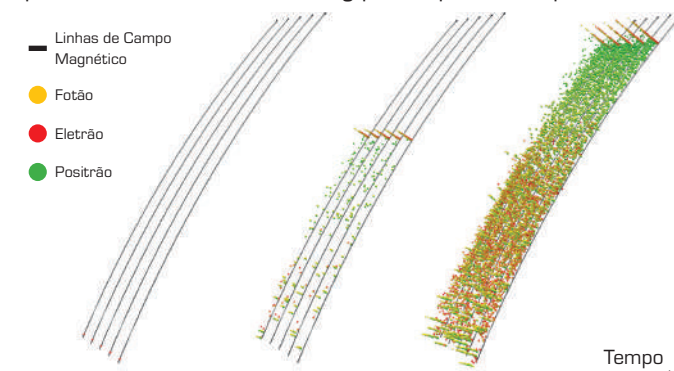


Figura 2: Resultados de uma simulação ab initio de uma cascata QED no campo ultra intenso de um pulsar. As três imagens representam diferentes instantes de tempo de uma simulação em que apenas um elétron (esferas vermelhas) inicial a viajar por cada linha de campo magnético curvado (linhas pretas) dá origem a milhões de outros elétrons, positrões (esferas verdes) e fótons (esferas amarelas), através de uma cascata QED.

As respostas para algumas das principais questões em aberto relativamente a estes exóticos objetos são atualmente procuradas no Grupo de Lasers e Plasmas (GoLP), do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear (IPFN) do IST. Recorrendo a um método de simulação através de primeiros princípios (ab initio) em física de plasmas, e a módulos recentemente desenvolvidos para integrar os processos radiativos e de QED nestas simulações, será em breve possível construir modelos globais de pulsares. Através destes modelos, será possível determinar a dinâmica das cascatas QED em pulsares e investigar a sua repercussão em fenómenos de grande escala. Além disso, será ainda possível estudar quais os principais mecanismos radiativos destes compactos objetos astronómicos, e calcular quantidades observáveis que podem ser comparadas com observações astronómicas. Assim, estas autênticas experiências numéricas poderão ser uma peça fundamental para a compreensão de um dos mais exóticos objetos astronómicos do Universo. ■

O futuro do processamento de materiais a LASER

Os impulsos de laser ultra-curtos, com durações que se aproximam das escalas temporais de processos atómicos e moleculares fundamentais, revolucionaram uma vasta gama de domínios científicos. Estes impulsos são capazes de fornecer energia sob a forma de luz quase instantaneamente, dando origem a novos processos e técnicas de observação ultrarrápidas. Por exemplo, nas últimas duas dé-

cadadas, impulsos de femtossegundos (10⁻¹⁵) foram usados para sondar estruturas vivas delicadas sem danificá-las, ou para microprocessamento de alta precisão de materiais de alta qualidade na micro/nano escala.

As técnicas de fabricação actuais e futuras impõem requisitos crescentes na escala de qualidade e miniaturização das técnicas de corte, perfuração e processamento de materiais. O uso de lasers para estes fins foi um avanço disruptivo que ainda está em ascensão, e a um ritmo cada vez mais rápido. A introdução de lasers para tratamentos médicos e diagnósticos, em particular nas últimas décadas, revolucionou também a cirurgia, dermatologia, oftalmologia e técnicas de imagem, para mencionar apenas algumas.

A técnica de remoção de material de um alvo por absorção direta da energia do laser é chamada de ablação e tem sofrido vários avanços tecnológicos nos últimos anos. O uso de impulsos de laser extremamente curtos está na vanguarda de muitas aplicações fundamentais.

A investigação recente neste tópico concentrou-se principalmente na formação de plasma quando um laser pulsado de alta potência é focado num alvo, de modo que a densidade de energia ultrapassa o limiar de ablação do material. Os pulsos de laser com durações de nanossegundos (10⁻⁹) são suficientemente longos para que a dissipação da energia absorvida entre o meio envolvente e o material removido ocorra durante o tempo do impulso. Por contraste, para a ablação laser ultra-rápida, a duração do impulso laser é mais curta do que os tempos de relaxação característicos, como o tempo de transferência de energia do electrão para ião e tempo de condução de calor electrónico. Todos estes ocorrem tipicamente vários picossegundos (10⁻¹²) após a absorção do laser, de modo que para impulsos sub-picossegundos a difusão do calor é congelada durante a interação do laser com o material e a deposição de energia, tipo choque, leva à ablação.

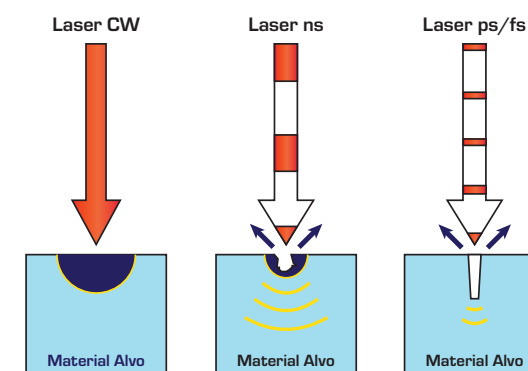


Figura 1: Processo de ablação a laser em função da duração do pulso. A área preta indica o tamanho da zona afectada pelo calor. O laser CW remove o material principalmente por fusão direta. No laser ns o material é removido por expulsão da parte derretida conduzida pela pressão de vapor. Com impulsos de pico-segundo / femtossegundo (à direita), o material é removido por vaporização directa longe da superfície sem formação de uma camada re-depositada (L. Lucas and J. Zhang. Femtosecond laser micromachining: a back-to-basics).

Os impulsos de laser conduzem a um processamento de materiais de qualidade superior. Além disso, a ablação de femtossegundo (fs) é governada por um mecanismo completamente diferente, o que lhe confere vantagens impor-

tantes em relação às técnicas tradicionais, como o processamento a laser pulsado de longa duração e a laser de feixe contínuo (CW) (ver Figura 1).

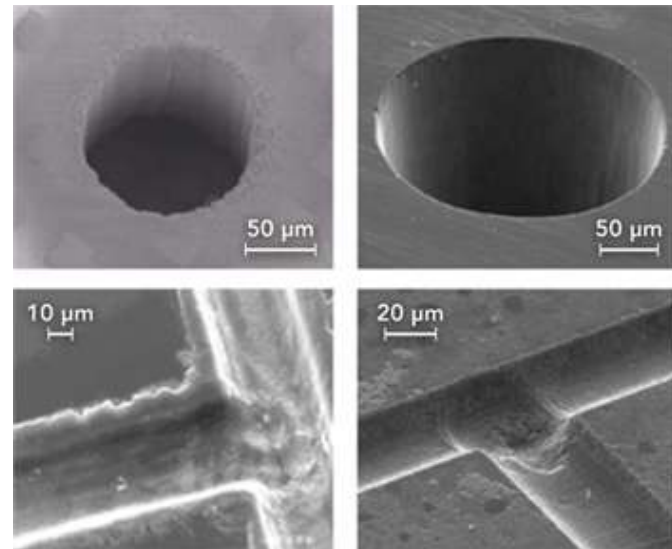


Figura 2: Resultados experimentais em relação ao processamento de vidro com um laser de 266 nm (UV) e 1 ns (esquerda) em comparação com um laser de 780 nm (IR) e 100 fs (direita). Neste caso, as fotos do lado direito representam uma duração de impulso cerca de 2 milhões de vezes mais curta, dando origem a estruturas muito mais limpas e com características de furo mais suaves (L. Lucas and J. Zhang. Femtosecond laser micromachining: a back-to-basics).

As durações de impulsos ultra-curtos são capazes de desacoplar eficazmente as excitações de eletrões e fónons, resultando na ablação do material através de um processo não térmico, frequentemente descrito como corte a frio [1,2]. Estas características permitem que impulsos de laser de fs modifiquem e produzam objetos precisos, maquiados de forma limpa, com pouco ou nenhum dano colateral [3] (ver Figura 2).

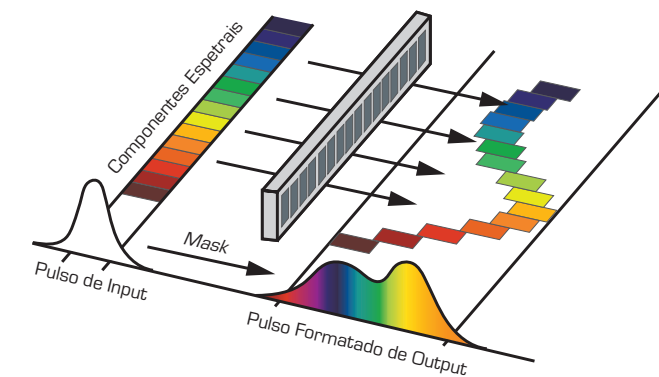


Figura 3: Ilustração esquemática da modelação temporal de um feixe laser (M. Wollenhaupt, A. Assion, and T. Baumert. Femtosecond laser pulses: linear properties, manipulation, generation and measurement. In Springer Handbook of Lasers and Optics, pages 937–983. Springer, 2007).

Uma das características do processamento ultra-rápido de material a laser é o facto de que a distribuição da intensidade do feixe de laser definirá a forma da área processada. Isto motivou alguns esforços no campo da modelação espacial de feixes de laser ultra-rápidos, isto é, a utilização de técnicas para manipular deliberadamente o perfil 3D de um pulso de laser ultra-rápido de uma forma controlável.

Um esquema ilustrando o princípio de funcionamento da formação de impulsos é mostrado na Figura 3.

O processo permanece contudo complexo e ainda é necessária uma forma controlável para produzir formas no plano focal. Outra questão que afecta atualmente as técnicas ultra-rápidas baseadas em laser diz respeito à sua lentidão de processamento quando comparada com os métodos mecânicos tradicionais empregados na produção de dispositivos. Este é um desafio técnico significativo antes que o processamento ultra-rápido de laser possa ser adaptado com sucesso a aplicações industriais. Uma das formas de superar esta dificuldade passa pela modelação temporal dos impulsos laser que já demonstraram melhoramentos significativos no tempo de processamento de materiais [4].

Devido aos danos colaterais consideráveis nos tecidos circundantes, as aplicações médicas e biológicas requerem ablação a laser de impulsos de fs. Embora já tenham sido relatados resultados de ablação eficientes de tecidos dentários duros sem qualquer micro-fraturas [5, 6] e preparação revolucionária de enxertos de pele [7], nestas aplicações onde o controlo do dano no tecido circundante é primordial, os potenciais benefícios da modelação temporal e espacial do feixe laser poderão ser fundamentais.

Nesta fase, as principais questões em aberto são:

I) até que ponto a interação laser-matéria do fs é controlável e, além disso, podemos optimizá-la para além da resposta material padrão?

II) até que nível a energia pode ser confinada nas menores escalas, ao mesmo tempo em que alcança estados com novas propriedades?

III) podemos projectar impulsos de laser que permitam uma interação melhor, mais rápida e mais precisa com a matéria?

Essas questões levam ao desenvolvimento de uma nova forma inteligente de operar com tecnologias de processamento a laser que deve ser capaz de moldar e modificar o material, mantendo o controlo total do processo e proporcionando maior rendimento e qualidade. Este é um desafio de interesse tanto para a ciência fundamental, como para o desenvolvimento de novas aplicações.

Graças a este trabalho, seremos capazes de compreender e controlar o processo de deposição e difusão de calor. Em suma, optimizaremos o processo de ablação global, possibilitando uma melhoria e extensão da gama de aplicações usando esta técnica. ■

Referências:

- ¹ M.D. Perry, B.C. Stuart, P.S. Banks, M.D. Feit, V. Yanovsky, and A.M. Rubenchik. Ultrashort-pulse laser machining of dielectric materials. *Journal of Applied Physics*, 85(9):6803–6810, 1999.
- ² C. Rulliere. *Femtosecond laser pulses*. Springer, 2005.
- ³ K. Sugioka and Y. Cheng. Ultrafast lasers: reliable tools for advanced materials processing. *Light: Science & Applications*, 3(4):e149, 2014.
- ⁴ J.S. Yahng, B.H. Chon, C.H. Kim, S.C. Jeoung, and H.R. Kim. Nonlinear enhancement of femtosecond laser ablation efficiency by hybridization with nanosecond laser. *Optics Express*, 14(20):9544–9550, 2006.
- ⁵ C. Fornaini. Er:YAG and adhesion in conservative dentistry: clinical overview. *Laser Therapy*, 22(1):31–35, 2013.
- ⁶ R. Hibst and U. Keller. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. measurement of the ablation rate. *Lasers in Surgery and Medicine*, 9(4):338–344, 1989.
- ⁷ A. M. Kahn and R. Applebaum. Operative treatment for segmental eyelid vitiligo. *Ophthalmic & Reconstructive Surgery*, 27(2):132–134, 2011.

Supernovas e Buracos Negros

Observando a Morte das Estrelas

por Nuno Santos, aluno do 4º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

O interesse do Homem por fenómenos celestes remonta a cerca de 30 000 anos atrás, quando os homens de Cro-Magnon reproduziam em osso as fases da Lua. Até à Idade Média, o único instrumento de observação astronómica era o olho humano. À época, a determinação da posição dos astros no firmamento e o estudo dos seus movimentos revelaram-se úteis nas práticas agrícolas. A invenção do telescópio no início do século XVII preconizou, a par do modelo heliocêntrico de Nicolaus Copernicus, o início da Astronomia Moderna.

Desde então, novos instrumentos e técnicas têm vindo a alargar a gama de frequências do espectro electromagnético a que os astrónomos têm acesso. Hoje, instrumentação óptica de alta precisão permite a monitorização da evolução de diferentes corpos celestes, como estrelas e planetas. Recentemente, investigadores do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech) e da Universidade Estatal do Ohio, EUA, anunciaram ter sido observada pela primeira vez a morte de uma estrela que, não tendo explodido em supernova, terá originado um buraco negro. A descoberta, publicada em *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, foi possível graças ao poder combinado do Large Binocular Telescope (LBT, Safford, EUA) e dos telescópios espaciais Hubble e Spitzer.

A luminosidade da estrela N6946-BH1, habitante da galáxia espiral NGC 6946, que dista da Terra cerca de 22 milhões anos-luz, começou a diminuir em 2009. Seis anos depois, a estrela desapareceu do céu. Uma vez que a estrela poderia estar atrás de uma nuvem de poeira, foram registadas imagens da sua posição, em diferentes

comprimentos de onda, através dos telescópios Hubble e Spitzer. Sem efeito. De facto, a estrela N6946-BH1 tinha desaparecido e, ao contrário da maioria das estrelas, não explodiu numa supernova. As supernovas são o resultado do colapso de estrelas massivas (com pelo menos 15 vezes a massa do Sol), o qual se dá quando o combustível nuclear se esgota. Em geral, a parte exterior destes objectos explode, enquanto o núcleo se contrai até se formar uma estrela de neutrões ou, alternativamente, um buraco negro. No caso da estrela N6946-BH1, não foi observada a explosão em supernova. A monitorização da estrela pelos três telescópios durante mais de uma década permitiu a observação directa da morte do astro. Em 2007, a estrela tinha uma massa equivalente a 25 massas solares. Passados dois anos e apenas durante alguns meses, esta tornou-se um milhão de vezes mais brilhante do que o Sol. Contudo, a estrela N6946-BH1 foi rapidamente esmorecendo e desaparecendo do céu. Dado não existirem sinais de existência de qualquer outro objecto na posição que ocupara, acredita-se que tenha colapsado directamente num buraco negro, i.e., sem ter explodido em supernova.

Este tipo de fenómeno, nunca antes observado, não é tão raro quanto se pensava. Na verdade, até 30% das estrelas massivas podem sofrer uma morte silenciosa, como a da N6946-BH1. Além disso, Krzysztof Stanek, professor no Departamento de Astronomia da Universidade Estatal de Ohio e co-autor do estudo, defende que é muito mais fácil formar um buraco negro massivo sem a ocorrência de uma supernova. Esta descoberta pode, pois, vir a esclarecer os mecanismos de formação destes curiosos objectos. ■

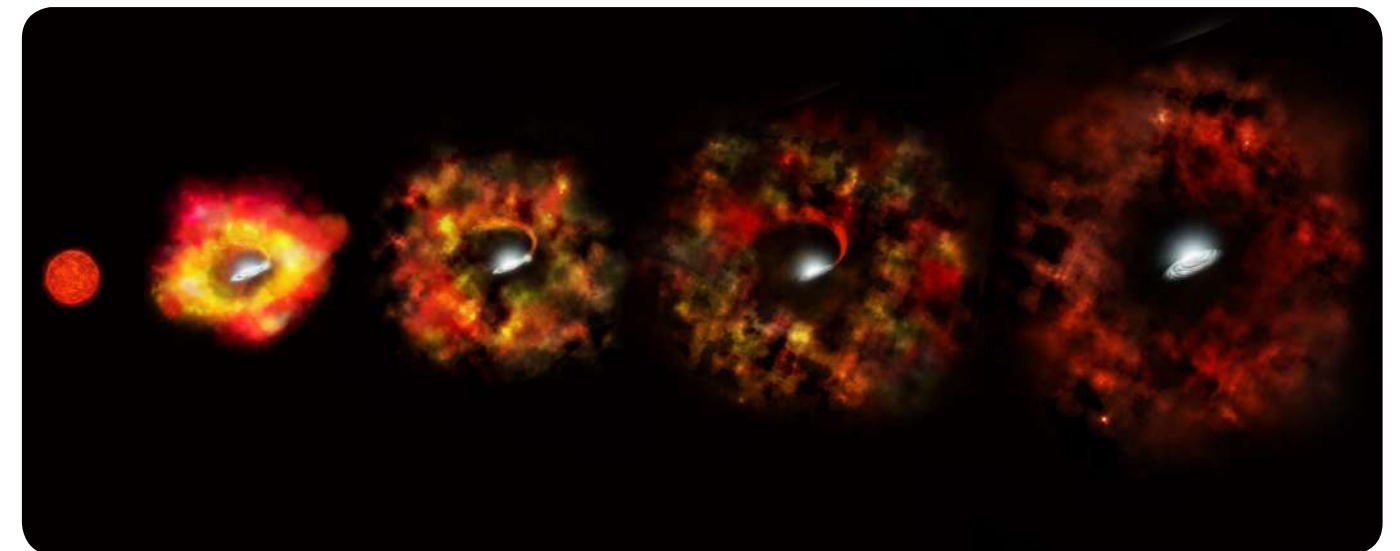


Figura 5: Impressão artística da evolução da estrela N6946-BH1. Embora a massa inicial do astro sugerisse que iria explodir em supernova, as imagens do Large Binocular Telescope e dos telescópios espaciais Hubble e Spitzer indicam que esse evento nunca ocorreu. De facto, acredita-se que a estrela N6946-BH1 terá colapsado num buraco negro sem antes ter explodido em supernova. Crédito: NASA, ESA, and P. Jeffries (STScI)

Sombras de Buraco Negros cabeludos

por Pedro Cunha¹, aluno do Programa Doutoral em Física do IST, e Carlos Herdeiro, professor de Física da Universidade de Aveiro

Os buracos negros são uma das derradeiras previsões da relatividade geral de Einstein. Mas como seria olhar para um? E o que é o cabelo de um buraco negro? Este artigo procura discutir estas questões e ilustra como é possível encontrar física nova e interessante em modelos relativamente simples e plausíveis.

Em Setembro de 2016 foram detectadas pela primeira vez ondas gravitacionais². Estas ondas foram geradas na colisão de um par de buracos negro e a sua detecção constitui a mais directa evidência para a existência destes objectos misteriosos. Além das ondas gravitacionais, uma das possibilidades mais intrigantes para testar a física dos buracos negros é efectuar observações astronómicas directamente na escala do horizonte de eventos. O tamanho aparente de um objecto no céu depende não só da sua distância à Terra, mas também do seu tamanho. Portanto, para além de se encontrarem o mais próximo possível de nós, os buracos negros mais promissores para uma observação também têm de ser grandes (e massivos). De todos os candidatos conhecidos, o buraco negro supermassivo Sagitário A*, no centro da nossa galáxia, e o colossal buraco negro na galáxia M87 são os que satisfazem melhor esses critérios. De forma a obter pela primeira vez uma “fotografia” destes buracos negros, uma colaboração internacional chamada Event Horizon Telescope pretende usar uma rede de telescópios à escala global e assim alcançar a resolução necessária.



Figura 1: A sombra de um Buraco Negro cabeludo (ver Fig. 5) com a massa de Júpiter no campus do IST.

Mas qual é o “aspecto” de um buraco negro? Por exemplo, se aparecesse um buraco negro no campus do IST com a massa de Júpiter (ver Fig.1), o que veríamos? Tal como o seu nome sugere, seria possível ver uma mancha escura na imagem, apelidada de “sombra do buraco negro”. Em redor da sombra haveria um efeito de lente gravitacional semelhante ao de uma lupa, formando o famoso anel de Einstein. Dentro deste anel todo o céu aparece invertido

(e.g. na Fig.1 o céu aparece duplicado por debaixo da sombra). Por curiosidade académica fica a observação de que o caso representado na Fig.1 teria consequências apocalípticas: após a destruição do IST e de Lisboa, o buraco negro iria penetrar a crosta terrestre e consumiria de seguida o planeta por dentro...

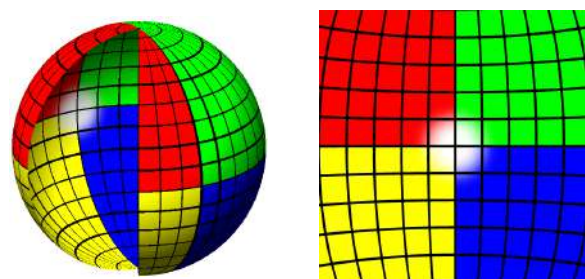


Figura 2: (Esquerda) esfera colorida de referência. (Direita) fotografia virtual do seu interior sem um buraco negro presente.

De forma a ilustrar o efeito de lente gravitacional de uma forma mais pedagógica, imaginem que estamos no interior de uma esfera colorida muito grande (ver Fig. 2 à esquerda). No caso em que não há nenhum buraco negro presente, uma fotografia tirada no interior da esfera seria algo como o representado na Fig. 2 à direita: quatro quadrantes coloridos e quadriculados com uma mancha branca assinalando o ponto directamente à nossa frente. Imagens deste género são geradas através de uma simulação computacional, propagando os raios de luz a partir de um ecrã (ou imagem) virtual. Este mecanismo está ilustrado na Fig. 3, onde cada pixel corresponde a um raio de luz proveniente de uma direcção diferente. A evolução

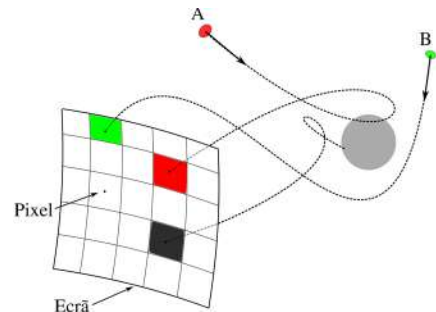


Figura 3: Simulação de um ecrã virtual. A cada pixel é atribuído um raio de luz cuja origem é determinada numericamente. A sombra corresponde a raios que aparentam vir do horizonte de eventos (e portanto nenhuma luz foi detectada).

dos raios de luz “para trás no tempo” permite determinar (numericamente) a origem de cada raio e portanto determinar as características do pixel inicial. No exemplo da Fig. 3, um pixel vermelho e verde no ecrã virtual correspondem respectivamente às regiões A e B na esfera colorida. Esta correspondência é obtida resolvendo as equações do movimento dos fótons em espaço-tempo curvo (para altas frequências). Se um buraco negro estiver presente, um raio de luz que aparente vir do horizonte de eventos irá gerar um pixel preto na imagem, uma vez que, na verdade, nenhuma luz veio daquela direcção. O conjunto destes pixels pretos forma precisamente a sombra do buraco negro.

Cabelo Escalar

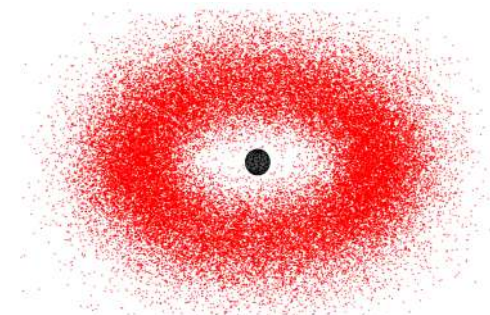


Figura 4: Buraco negro (esfera no centro) rodeado de nuvem escalar em forma de donut (cabelo). A distribuição de pontos na imagem foi gerada com o método de Monte Carlo.

Em Relatividade Geral, a paradigmática solução de Kerr descreve um buraco negro em rotação no vácuo. Uma das razões para a sua importância reside no facto de existirem teoremas que estabelecem que esta é a única solução física nessas condições (vácuo). Este conceito foi condensado no lema: “os buracos negros não têm cabelo”, ou seja, estes são todos iguais (e carecas). Contudo, fora do vácuo é possível ter soluções muito diferentes de Kerr, nomeadamente buracos negros cabeludos. Recentemente foi descoberta uma solução de um buraco negro com cabelo escalar³, ou seja, um buraco negro acoplado a um campo escalar fundamental massivo. Uma das utilidades destes campos é estes poderem servir de modelo a sistemas mais complexos, nomeadamente matéria escura. Heuristicamente, estes buracos negros cabeludos consistem em nuvens de

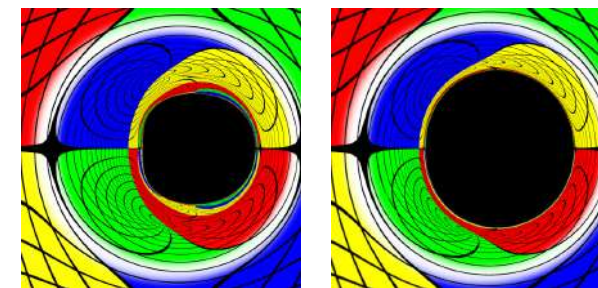


Figura 5: Buraco negro cabeludo (esquerda) e de Kerr (direita) com a mesma massa e momento angular totais.

campo escalar em forma de donut, orbitando em equilíbrio à volta de um buraco negro (ver Fig. 4). Uma vez que uma parte considerável da massa do sistema pode estar concentrada na nuvem escalar, tanto a sombra como o efeito de lente gravitacional podem ser radicalmente diferentes⁴. Na Fig. 5 à direita, está representada a sombra de um buraco negro de Kerr, com uma forma praticamente circular. Em contraste, na Fig. 5 à esquerda, está representada a sombra de um buraco negro cabeludo com a mesma massa e momento angular totais. Em ambos os casos, o ponto branco da Fig. 2 (à direita) foi agora esticado num anel, o já mencionado anel de Einstein. Uma inspecção simples permite concluir que a forma da sombra cabeluda é um pouco diferente (um pouco mais quadrada) e que é também mais pequena. A razão para tal é intuitiva: uma parte da massa total encontra-se no campo escalar e portanto o buraco negro no centro é mais pequeno, originando uma sombra também mais pequena. Contudo a diferença para o caso paradigmático de Kerr pode ser ainda maior. No caso em que a nuvem escalar contém a quase totalidade da massa e possui um momento angular muito elevado, a sombra do buraco negro pode tomar formas radicalmente diferentes. De facto, como ilustrado à direita da Fig. 6, a sombra pode possuir uma forma “tipo martelo”. À esquerda dessa figura, estão representadas sombras de transição entre esse caso e o da Fig. 5. Curiosamente, é um desafio obter sombras com formas muito diferentes das de Kerr, mesmo em teorias alternativas da gravidade. O modelo aqui ilustrado opõe-se portanto à ideia de que buracos negros fisicamente plausíveis não conseguem gerar sombras muito diferentes das convencionais. ■

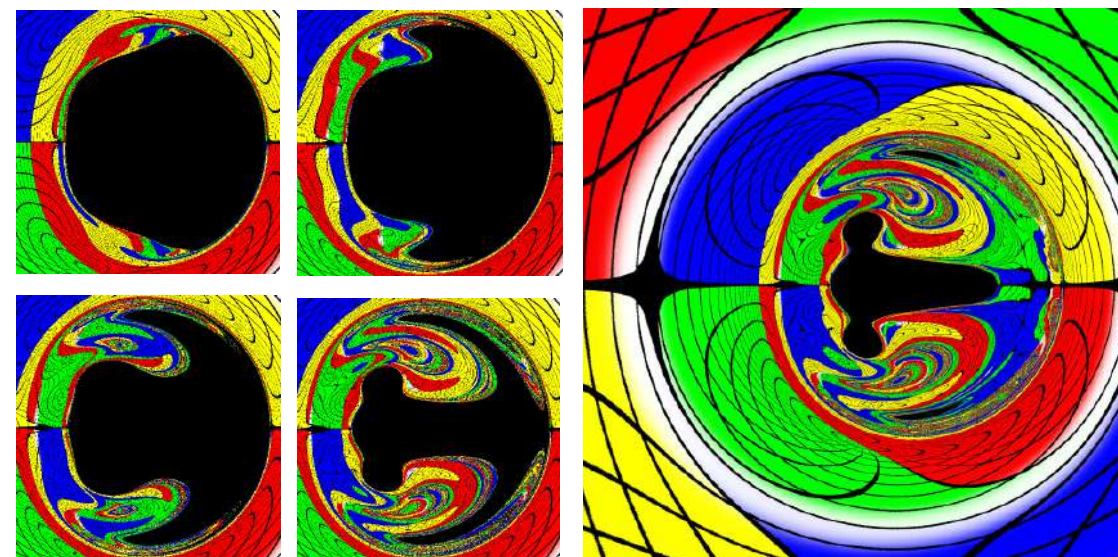


Figura 6: (À esquerda) Transição do buraco negro cabeludo da Fig. 5 para um caso com sombra martelo (à direita).

¹ Suportado pela bolsa doutoramento FCT-IDPASC e pelo prémio de Estímulo à Investigação 2015 da Fundação Calouste Gulbenkian

² B. P. Abbott et al., Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 061102

³ C. Herdeiro, E. Radu, Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 221101

⁴ P. Cunha et al., Phys. Rev. Lett. 115 (2015) 211102

A física e a tecnologia do... Telescópio

por João Melo*, aluno do 3º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Inventado no séc. XVII e continuamente melhorado. Não há dúvida da importância do telescópio para a astronomia e para a ciência em geral. Por nos permitir deslindar os mistérios do espaço.

É a todos nós olharmos para o céu e nos perguntarmos o que lá havia. Na escola dizem-nos que são planetas, estrelas ou galáxias muito distantes. Contudo, ao olho nu, apenas vemos pontinhos brilhantes, com pouca distinção entre eles. Como então é que os cientistas foram capazes de dar estrutura a esses pontos? Ampliaram-nos com a ajuda de telescópios.

Os primeiros a contruir um telescópio ao contrário do que se pode pensar, não foi o famoso Galileu, mas sim três holandeses: Hans Lippershey e Zacharias Janssen e Jacob Metius em 1608. Galileu apenas melhorou o aparelho. Então e como funcionava este telescópio? Fazia uso das leis da ótica geométrica e das lentes.

Para percebermos melhor como funciona o telescópio é preciso saber como funcionam as lentes. Há dois tipos: lentes convergentes e lentes divergentes. O primeiro, como o próprio nome indica, fazem convergir os raios luminosos que nela incidem, sendo que os raios paralelos se focam num ponto, o ponto focal. As lentes divergentes fazem divergir os raios que nela incidem, sendo que há um ponto específico (ponto focal), que faz com que os raios que daí partam se tornem paralelos com a ação da lente.

O que fizeram estas mentes brilhantes do século XVII? Meteram num tubo duas lentes alinhadas e escolhidas de tal forma que os pontos focais das duas lentes coincidissem. Desse modo era possível recolher as imagens dos céus e ampliá-las. Primeiro simplesmente meteram duas lentes convergentes, mas havia um problema, a imagem fi-

cava invertida quando o único objetivo é fazer observações astronómicas. Isso não causa grande transtorno, contudo, o telescópio também é útil em terra para ver objetos distantes. Foi aí que entrou Galileu, ao trocar uma das lentes convergentes por uma lente divergente conseguia voltar a "endireitar" a imagem. Para além disso, este desenho era mais confortável para o olho humano.

Entretanto os anos passaram e os astrónomos queriam ampliações cada vez maiores, contudo este tipo de telescópio tem um certo tamanho limite, e apenas funciona numa região muito estreita do espectro de luz. Por todas essas razões, voltaram-se para a invenção de Isaac Newton, o telescópio refletor. Este funciona com exatamente o mesmo princípio, mas agora com espelhos em vez de lentes. Mas de resto, todo o princípio é o mesmo, a única diferença é que os raios de luz em vez de atravessarem o espelho são refletidos, ou seja, voltam para trás. Este novo telescópio corrigia algumas das falhas do anterior, era muito mais fácil construir telescópios maiores e era sensível a um espectro de luz muito maior.

Por fim, os cientistas decidiram que ainda não era suficiente porque a atmosfera deturpava as imagens provenientes do espaço, e por isso decidiram meter telescópios no espaço, livres de tais influências. É com esses telescópios, sendo o mais famoso o Hubble, que se conseguiu tirar as imagens muito bonitas do espaço que se vê pela internet, que nos fazem entusiasmar pelos céus e olhar para cima à noite. ■

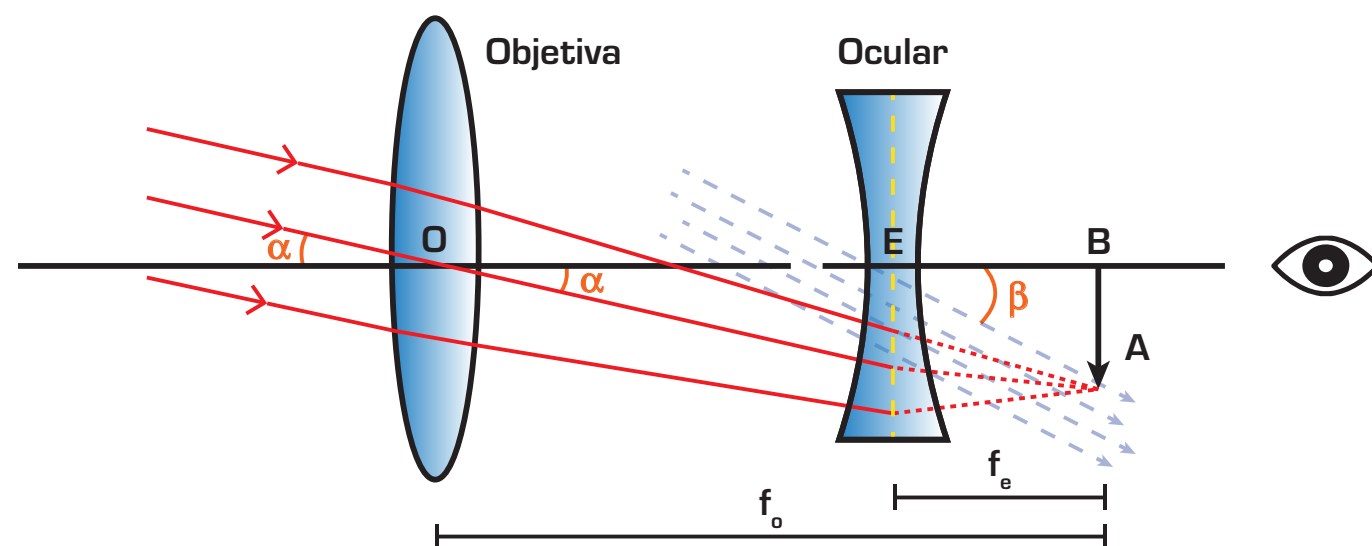


Figura 5: Para mostrar imagens direitas e ampliadas, o telescópio de Galileu tem duas lentes: a objetiva e a ocular. A objetiva é uma lente convexa com uma distância focal f_o grande, enquanto que a ocular é uma lente divergente com uma distância focal f_e curta. A ocular cria uma imagem virtual no foco da objetiva quando as lentes estão bem ajustadas.

Agenda Científica

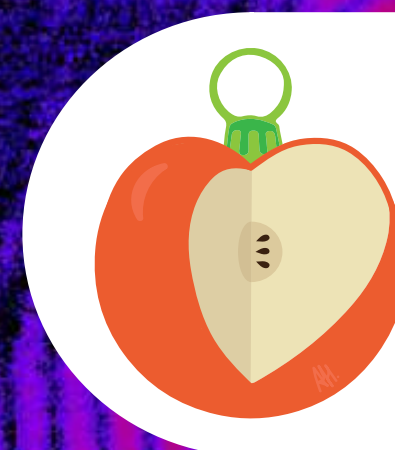


Alargar os limites da ciência e da Tecnologia

23 de Setembro 2017, Instituto Superior Técnico

Este encontro MEFT contará com um palestras, debates e, essencialmente, um ambiente descontraído onde os alunos do 1º ciclo de MEFT poderão partilhar e discutir sobre os mais variados temas de física e tecnologia. Estarão ainda presentes alumni, empresas e outros investigadores nacionais e internacionais para ajudar os alunos a obter várias perspetivas para o seu futuro.

Mais info: <http://meft-alargarlimites.weebly.com/>



Newtonmas

16 de Dezembro 2017, Instituto Superior Técnico

Já na sua segunda edição, este evento é mais que um simples jantar. Utilizando como pretexto o nascimento de Isaac Newton, a 25 de Dezembro, trata-se sim da celebração do aniversário da Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica (LEFT), atualmente MEFT para a qual estão convidados todos os atuais alunos, alumni, professores, funcionários e todos os que queiram participar nas celebrações.

Mais info: <http://newtonmas-meft.weebly.com/>

Verão na ULisboa

A ULisboa pretende dar a "conhecer e experimentar aos alunos o ritmo e o espírito da vida académica". Este evento decorreu ao longo de duas semanas (3 a 7 de Julho para o 10º, 11º e 12º e de 10 a 14 de Julho para o 7º, 8º e 9º) e os alunos participaram em várias atividades dinamizadas pelas escolas associadas à Universidade de Lisboa, com jogos, visitas, workshops e experiências no âmbito dos vários cursos oferecidos nas várias universidades. Esperamos contar contigo no próximo ano!



Workshop de Fotografia Analógica

Bem no início do ano letivo 2016/2017, o NFIST promoveu a atividade Workshop de Fotografia Analógica. Estudantes e não estudantes puderam experienciar pela primeira vez a sensação do clique analógico, o som do rolo a passar, o ajuste do fotômetro! No primeiro dia, 26 de setembro, os participantes assistiram a pequenas palestras de introdução à fotografia com os estudantes Ana Ribeiro (MEFT) e Henrique Nunes (LEE), fizeram um pequeno passeio fotográfico onde gastaram os Ilford para, ao final da tarde, os revelarem nas instalações do NAF (Núcleo de Arte Fotográfica, IST). Nos dois dias que se seguiram, o grupo dividiu-se em 2 para poder fazer a ampliação de uma fotografia sua... e levá-la para casa!

Mais uma vez, o NFIST mostrou que as atividades do Núcleo podem ir muito além dos habituais Circo, Astro e Pulsar. Afinal, a física está em todo o lado!

