

# Entrevista com Carlos Fiolhais

conduzida por Carlota Simões  
Universidade de Coimbra



*CS: Estamos no ano de 2005 a celebrar o centenário dos artigos mais importantes de Einstein. Que diziam esses artigos? Como evoluíram os resultados de Einstein?*

**CF:** Só o facto de estarmos a comemorar a obra de Einstein a nível mundial - as Nações Unidas proclamaram 2005 o Ano Mundial da Física - diz-nos que, de facto, 1905 foi um "ano milagroso". Foi para ele um ano de uma produção científica excelente, um ano *vintage*... Os resultados permanecem actuais. Podiam ter sido ultrapassados, mas não foram. Passados cem anos continuam válidos. Não há uma única experiência, e em física é a experiência que manda, que tenha invalidado o que Einstein afirmou há cem anos.

Em primeiro lugar, explicou a natureza da luz. Foi um artigo revolucionário e importantíssimo para a teoria quântica. Propôs que a luz é formada por partículas, o que permitiu explicar o efeito fotoeléctrico. A luz ao embater num metal arranca electrões e esse fenómeno só pode ser compreendido se a luz existir sobre a forma de "pacotes" ou "quanta". Já se sabia que a luz era emitida e absorvida sob a forma de "quanta", mas Einstein disse mais: que existia nessa forma. Parece um pequeno passo para o homem mas foi um grande passo para a física. O prémio Nobel foi-lhe dado precisamente pela teoria do efeito fotoeléctrico.

Em segundo lugar, Einstein revelou alguns segredos da matéria. Numa época em que apenas se falava de hipótese atómica, em que os átomos e moléculas ainda não eram

uma certeza, ele determinou a dimensão das moléculas e explicou o modo como elas se moviam. Portanto, contribuiu para estabelecer o carácter corpuscular da matéria. A sua tese de doutoramento em 1905 e um artigo subsequente foram sobre esse assunto.

Finalmente, Einstein propôs a teoria da relatividade restrita. Essa teoria mantém-se hoje, sendo um dos pilares em que assenta a nossa física. Tem havido pessoas, nomeadamente o físico português João Magueijo, que pretendem contrariar a teoria da relatividade, mas não há por ora nada que nos revele uma falha da teoria...

*CS: O que diz a teoria da relatividade?*

**CF:** Relatividade não é um bom nome. Um nome melhor seria *teoria das invariâncias*. Basicamente a teoria parte do princípio que as leis da física são invariantes, isto é, são as mesmas para todos os observadores, qualquer que seja a velocidade (constante) que uns tenham em relação aos outros. Esses observadores podem efectuar medidas diferentes de certas grandezas, mas as leis físicas, as relações entre essas grandezas, que se traduzem por equações matemáticas, são as mesmas para todos. Trata-se, portanto, de um princípio de concordância. E isso é uma das coisas mais interessantes que a Física tem: todos verificamos as mesmas leis da Natureza. É tão simples quanto isso...

Esse postulado, juntamente com o da constância da velocidade da luz, teve consequências fantásticas. Permitiu

desvendar os mistérios do espaço e do tempo. Desde o tempo dos Gregos que o espaço e o tempo eram considerados absolutos e separados um do outro. O espaço era um cenário igual para todos. E o tempo corria do mesmo modo para todos, marcado por um relógio universal. Einstein, partindo dos dois postulados, chegou a consequências drásticas sobre o espaço e o tempo. O tempo passou a não ser igual para todos: cada um passou a ter o seu próprio tempo. Quer isto dizer que o tempo passou a ser uma grandeza relativa e não absoluta. E isso é de algum modo a democratização do tempo... O tempo corre mais devagar para quem está em movimento muito rápido. Para uma pessoa se manter jovem, basta estar em movimento... Mas, para conseguir isso, será necessário andar a velocidades muito próximas da da luz, o que não é fácil. O espaço

o movimento. E a massa ou inércia, por sua vez, mede, como também já se sabia, a resistência ao movimento. Nada parecia indicar a relação íntima entre as duas grandezas aparentemente díspares... Ficámos a saber com Einstein que havia uma quantidade fantástica de energia numa pequena porção de matéria. A Segunda Guerra Mundial veio a acabar em virtude daquela relação entre matéria e energia. A física passou então a relacionar-se com o destino do nosso planeta.

*CS: Mas há aplicações pacíficas da fórmula...*

**CF:** Para que não se pense só em guerra, vou indicar uma aplicação pacífica e moderna da conversão de matéria em energia. Por exemplo, em medicina existe agora uma técnica, chamada PET (*tomografia de emissão de*

*Não há uma única experiência, e em física é a experiência que manda, que tenha invalidado o que Einstein afirmou há cem anos.*

passou também a ser relativo. Os comprimentos de objectos em movimento diminuem.

A matemática da teoria da relatividade restrita é muito simples: não envolve nada mais difícil do que uma raiz quadrada. Mas um matemático que tinha sido professor de Einstein na Escola Politécnica de Zurique, Minkowski, ligou o espaço ao tempo, formando uma única entidade a quatro dimensões: o espaço-tempo. Se o tempo for tomado como uma grandeza imaginária, a geometria do espaço-tempo é euclidiana.

Mexer no espaço e no tempo teve consequências no resto da física porque medimos qualquer grandeza física a partir de réguas e relógios. Então, grandezas como a massa e a energia têm de ser alteradas à medida que a velocidade aumenta. E são alteradas do mesmo modo. Mais: massa e energia são equivalentes, tal como diz a equação mais famosa da física,  $E=mc^2$ , uma relação profunda entre a matéria e a energia, já que  $c$ , a velocidade da luz, é uma constante universal. A energia, já se sabia, tem a ver com

*positrões*), que serve para ver o que se passa no interior do corpo humano. Introduce-se no paciente uma substância radioactiva que emite positrões, ou anti-electrões, isto é, partículas iguais aos electrões mas com carga oposta, e esses positrões, quando encontram electrões, desaparecem em conjunto com estes últimos. A massa deles converte-se em energia, que aparece sob a forma de radiação, de luz. No fundo, com essa técnica, está-se a ver onde estão os electrões do doente. Está-se a ver a química e a fisiologia do doente, com um pormenor enorme. A dose radioactiva é controlada para não causar estragos colaterais. Este é um dos exemplos mais espectaculares da relatividade em acção, até porque tem a ver com a nossa saúde.

A relatividade tem, portanto, um impacto nas nossas vidas. E um impacto que Einstein nunca imaginou... Do mesmo modo que os inventores do laser nunca pensaram no leitor de CDs, ou na leitura do código de barras nas caixas de supermercados. E a relatividade permanece actual. No

dia em que alguém consiga corrigi-la, tal não significará depreciação do Einstein. Pelo contrário: significará que alguém, apoiando-se nele, viu mais do que ele. Mas apoiando-se nele!

*CS: Einstein nunca aceitou a teoria quântica. Foi preconceito? É que se foi, fica-lhe mal quando ele próprio foi um revolucionário...*

**CF:** Sim, foi um preconceito, um preconceito filosófico. Einstein acreditava na objectividade do mundo natural. Para ele, não se podia aplicar a noção de probabilidade para descrever o mundo a um nível fundamental. O sábio proferiu a este respeito uma frase que ficou famosa: “Deus não joga aos dados com o Universo”. Esta frase serviu de mote para uma das maiores batalhas intelectuais do século XX, entre Albert Einstein e Niels Bohr. Bohr ganhou essa luta, chegando a dizer ao seu colega que “ninguém devia dizer a Deus o que Ele deve fazer”. No fim de contas, o Todo Poderoso tudo pode, não é? Faço notar que Deus para Einstein é uma metáfora do mundo. Einstein não acreditava num Deus pessoal, um Deus que tivesse uma relação pessoal com os homens. Defendia, pelo contrário, uma ideia panteísta de Deus, na linha do filósofo Espinosa. Para Einstein, Deus era o mundo, a harmonia do mundo. Assim, quando diz que Deus não joga aos dados, queria dizer que a harmonia do mundo não podia ter um carácter probabilístico.

Mas se Einstein foi com Planck um dos pais da teoria quântica é de facto estranho que um pai rejeite o seu filho. O preconceito isolou Einstein. A partir de 1925, quando se estabelece a mecânica quântica, Einstein fica praticamente sozinho na comunidade dos físicos. Há uma geração nova que “perdeu o pai”. Einstein não conseguia acompanhá-los... Ele não é um físico do século XX como Bohr e os seus seguidores, mas o último físico clássico.

*CS: Então ele não fez mais nada relevante depois da relatividade?*

**CF:** Fez, mas não tão relevante como a relatividade. Ele tinha 26 anos em 1905 e 37 anos em 1916, quando formulou

respectivamente as teorias da relatividade restrita e geral. Depois disso Einstein foi publicando mais alguns trabalhos mas não com a mesma qualidade, o mesmo brilho que antes. Parece que as ideias mais criativas surgem quando se é novo, aos 20-30 anos...

A maior parte do tempo de Einstein não foi dedicada à relatividade, mas sim à teoria do campo unificado. Os trabalhos de Einstein sobre o campo ou força unificada falharam por ele nunca ter interiorizado a mecânica quântica. De acordo com esta, não podemos saber o estado de um electrão se não o observarmos, mas, se o observarmos, interferimos com ele. Para Einstein existia um mundo exterior a nós, que é independente de nós, e que deveríamos poder observar sem qualquer interferência. Einstein discutiu com Bohr se a Lua existe se não olharmos para ela. Para Einstein era claro que sim. E ele achava que para um electrão devia ser a mesma coisa, ele devia existir mesmo que não olhássemos para ele... Einstein era um realista. Acreditava que as coisas existiam em si e seguiam um destino estabelecido por leis objectivas e precisas.

Ao longo dos últimos decénios da sua vida, Einstein tentou debalde unir a força gravitacional, que explicou pela deformação do espaço-tempo na vizinhança da matéria, com a força electromagnética. Teve azar, porque as forças que ele quis unir são as mais difíceis de unir. Tanto é assim que ainda hoje permanecem desunidas. O projecto de unificação das forças permaneceu e permanece inacabado. Horas antes de morrer Einstein ainda pediu lápis e papéis para continuar a trabalhar nesse projecto.

*CS: Mas o projecto não morreu com ele. Ainda há gente a trabalhar nisso, não é?*

**CF:** Existe muita gente a trabalhar nisso. Só que se avançou por um outro caminho. Enquanto Einstein tentou unir duas forças, a gravitação e o electromagnetismo, que são as mais antigas que se conhecem, os físicos descobriram novas forças que explicam a coesão do núcleo atómico e que explicam algumas desintegrações desse núcleo, as duas de base quântica, e uniram-nas com o electromagnetismo.

Portanto, uniram a força electromagnética com a força nuclear, forte e fraca, no quadro da mecânica quântica. A mecânica quântica é essencial!

Hoje um dos grandes desafios da física é tentar englobar a gravitação na força unificada. Quer dizer, arranjar uma teoria da gravitação quântica. Talvez um dia se venha a conseguir - não quero ser pessimista - mas não é fácil. A melhor teoria da gravitação que temos ainda é a do Einstein, que não é quântica, mas sim clássica. Relaciona a

CF: Tal como no caso da relatividade, o nome não é muito feliz porque evoca as séries de ficção científica, como "O Caminho das Estrelas", em que há um capitão que desaparece num sítio da terra e aparece imediatamente na nave. Aqui não é bem a mesma coisa. Temos um sistema, por exemplo, formado por dois fotões, que são os grãos de luz da teoria de Einstein para o efeito fotoeléctrico. Os dois estão juntos e são enviados cada um para seu lado. O facto de estarem juntos no início faz com que formem

O sábio proferiu a este respeito uma frase que ficou famosa: "Deus não joga aos dados com o Universo". Esta frase serviu de mote para uma das maiores batalhas intelectuais do século XX, entre Albert Einstein e Niels Bohr. Bohr ganhou essa luta, chegando a dizer ao seu colega que "ninguém devia dizer a Deus o que Ele deve fazer".

materia com o espaço-tempo à sua volta. De acordo com a teoria da relatividade geral, a geometria do espaço-tempo é curva perto de uma massa. Portanto, a massa "diz" ao espaço-tempo como é que este se deve portar. Colocada nas imediações de uma massa, outra massa seguirá as geodésicas (linhas mais curtas) nesse espaço-tempo. Mas como quantizar esta teoria?

CS: *Eu também não sei... Einstein, embora tenha explicado a luz com os tais "quanta" não promoveu a teoria quântica, ignorou-a mesmo?*

CF: Não. Devo dizer que Einstein, ao usar argumentos contra a teoria quântica, prestou contributos inestimáveis à própria física quântica. Por exemplo, ele recusou a ideia de teletransporte, que hoje já aparece nos telejornais. Que uma pessoa pudesse fazer uma observação aqui e que isso tivesse interferência num ponto distante do vasto universo, era algo para ele incompreensível. Mas os artigos de Einstein críticos da teoria quântica são ainda hoje bastante citados. A crítica pode ser uma ajuda valiosa.

CS: *Mas o que é o teletransporte?*

sempre uma única entidade. Como se diz na física, estão "entrelaçados". Embora cada um em seu lado, mantêm a "memória" de terem no início estado juntos. Se quem inventou a palavra fosse português, não diria "entrelaçamento" mas sim "saudade". Há uma propriedade comum aos dois e o sistema permanece conjunto apesar das partes estarem separadas. Ao fazermos uma medida de uma propriedade num dos lados, estamos a fazer com que a medida correspondente no outro lado fique determinada. Há aqui uma comunicação um pouco estranha à distância.

CS: *Mas então não é transportar átomos de um lado para o outro?*

CF: Não, não é. Mas pode-se, pelo menos em princípio, fazer teletransporte com átomos em vez de fotões.

CS: *É como pôr dois átomos a fazer telepatia...*

CF: Nós gostamos dessas noções antropológicas, mas estamos a falar de um nível microscópico, onde não as podemos usar. Mas há experiências espectaculares e muito recentes que mostram o teletransporte de luz. Há também

quem esteja a experimentar teletransporte com átomos. Noto que foi preciso esperar 80 anos para aparecerem estas aplicações da mecânica quântica. Quando celebrarmos o centenário da mecânica quântica, em 2026, vamos ter decerto muitas mais aplicações...

*CS: O teletransporte será corrente daqui a algum tempo?*

**CF:** Já há hoje sistemas de teletransporte, no sentido indicado! Como disse, as aplicações da mecânica quântica estão longe de ter terminado. Elas são mais numerosas do que as da relatividade. A mecânica quântica está hoje por todo o lado: basta pensar nos transistores: nos transistores há basicamente um efeito quântico. E até uma máquina de lavar tem lá um monte de transistores... Estão agora a aparecer aplicações baseadas precisamente no que é mais misterioso na mecânica quântica, as probabilidades ao nível do muito pequeno. Por exemplo, estão a fazer-se hoje sistemas de criptografia quântica, que talvez um dia se apliquem no Multibanco. Parece que uma das melhores maneiras de guardar um segredo consiste em aproveitar a mecânica quântica. Se o observador ao interferir num sistema vai mudar o estado, nós poderemos saber que alguém andou a meter-se onde não era chamado. Há também sistemas chamados de computação quântica, que podem fazer cálculos mais rapidamente baseados na teoria quântica. Poderá haver teletransportes mais sofisticados, embora não se chegue ao ponto de transferir o capitão para dentro da nave.

*CS: Agora vou centrar-me na pessoa do entrevistado, que tem um vasto curriculum científico, escreve para os jornais, escreve livros de ciência para adultos, jovens e crianças, é director da "Gazeta de Física" e agora director da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra. Terá descoberto uma fórmula secreta para esticar o tempo?*

**CF:** Esticar o tempo acho que não consigo, mas ocupar o tempo sim. Já agora vou revelar o segredo de fazer várias coisas ao mesmo tempo. Só há uma maneira: é não querer fazer tudo sozinho. Na minha agregação, um dos membros

do júri perguntou-me se eu dormia. E eu respondi que dormia e dormia bem, às vezes até demais. Só que, enquanto eu durmo, há pessoas que estão a trabalhar. Significa isto que o segredo da produtividade tem a ver com a organização e o trabalho de equipa. Não há outra maneira de fazer as coisas rapidamente. Enfim, se tenho algum mérito, é o de congregar vontades e organizar esforços. Faço isso no meu centro de investigação, nos livros, na revista de física, na Biblioteca Geral. Portanto, o mérito não é só meu. Numa equipa é preciso aproveitar o mérito de cada pessoa. E se tenho algum mérito é esse de juntar pessoas que têm méritos.

*CS: Tem um artigo de 1992 em colaboração com vários autores, que neste momento já ultrapassou as 3600 citações, o que o torna um dos artigos mais citados de física, se calhar até mais citado que os artigos do Einstein. Será?*

**CF:** Sim, é muito citado porque tem numerosas aplicações em química, biologia, engenharia, etc. De facto, é mais citado do que alguns dos artigos do Einstein. O que não quer dizer nada, não tira valor nenhum ao Einstein nem acrescenta muito ao meu. A ciência não se pode medir com uma régua!

*CS: Mas qual é a razão para o sucesso do "paper"? É um artigo revolucionário? Escandaliza a comunidade científica e está toda a gente a tentar provar o contrário?*

**CF:** Não. Penso que ninguém ficou escandalizado. Esse artigo contém basicamente uma nova fórmula para calcular a energia dos electrões num sistema atómico, molecular ou de materiais. É uma fórmula muito útil para cálculos computacionais. Saber a energia do sistema é uma condição para conhecer as propriedades desse mesmo sistema. Há aplicações na nanotecnologia, que é uma área emergente que trata da construção átomo a átomo de novas estruturas.

*CS: E como é que o artigo surgiu?*

**CF:** Em 1992 eu estava em sabática nos Estados Unidos, e

o cientista com quem tinha ido trabalhar na Universidade de Tulane, em New Orleans (que agora infelizmente foi inundada por um furacão) já trabalhava há muito tempo em questões desse tipo, procurava saber como calcular com maior precisão a energia de átomos, moléculas e materiais. Nessa altura chegou a uma expressão analítica que satisfazia melhor certas condições físicas gerais. E pediu-me a mim e a outros colaboradores para testar a fórmula, porque era capaz de dar melhores resultados do que os anteriores. Foi um trabalho de equipa, não fui só eu nem principalmente eu. Lá está, é o tal trabalho de equipa que é importante para ter êxito. Fiz a minha parte no computador e os resultados foram, de facto, melhores do que os que havia antes. O engraçado é que este artigo tão citado na altura foi recusado pela revista específica para onde o enviámos. O motivo da recusa era que a fórmula

algo relativo. Porque há disciplinas em que se cita mais do que outras e há áreas da mesma disciplina em que se cita mais do que outras. Por exemplo, na matemática não se cita tanto como na física, mas na biologia cita-se mais do que na física. Por vezes, é uma questão de moda. Mesmo na ciência há modas difíceis de explicar racionalmente. Mas, respondendo à pergunta, as citações têm influência nalgumas apreciações curriculares e servem também para perguntas em entrevistas...

*CS: Podemos então esperar ter em 2092 a comemoração de outro *annus mirabilis*?*

**CF:** Não, não exageremos! Einstein, no ano milagroso de 1905, formulou novas concepções sobre a luz, a matéria, o espaço, o tempo, a massa e a energia, que revolucionaram a nossa maneira de ver o mundo. Qualquer um dos trabalhos

E eu respondi que dormia e dormia bem, às vezes até demais.

Só que, enquanto eu durmo, há pessoas que estão a trabalhar. Significa isto que o segredo da produtividade tem a ver com a organização e o trabalho de equipa.

não era demonstrada nem sequer explicada, essa parte foi guardada para outro artigo. O objectivo do artigo era apenas mostrar que a fórmula funcionava bem. O artigo acabou por ser publicado depois de alguma insistência nossa e as citações começaram logo a proliferar. Passados 13 anos continua a contar citações e estamos, claro, muito satisfeitos com isso. Agora, satisfeitos é uma coisa, deslumbrados é outra. E, enfim, não podemos viver à sombra de um único artigo. Tenho cerca de 100 artigos e este é um deles, gosto muito dele, mas é apenas o número 20, se não me engano.

*CS: Que influência têm as citações?*

**CF:** As citações são sempre agradáveis porque significam que os outros leram e usaram o nosso trabalho. Publicar algo que é útil aos outros é sempre estimulante. Agora é preciso ver que, parafraseando Einstein, as citações são

que fez em 1905 ter-lhe-ia dado a notoriedade; todos juntos deram-lhe a imortalidade. Só aparece uma pessoa dessas em cada século. Mas o trabalho da ciência é um trabalho fragmentado, continuado, anónimo, muitas vezes. Um cientista não tem ideias milagrosas todos os dias. Faz um trabalho diário, contínuo, com altos e baixos. A ciência não vive apenas de momentos de grandes descobertas, mas sim do acumular de pequenas coisas, que se devem a muita gente. Há pequenos "eurekas", como o artigo número 20, que nos animam e nos levam a prosseguir. Encaixamos mais uma peça do puzzle e vemos mais um bocadinho do desenho... O desenho geral é essa tal harmonia de que falava o Einstein. Permanece muita peça do puzzle por encaixar. Quando um de nós consegue encaixar uma pequena peça, fica satisfeito por pequena que seja a peça. De vez em quando há alguém, como Einstein, que monta grandes regiões do puzzle.

**CS:** *Há então uma unidade, apesar da fragmentação do conhecimento?*

**CF:** A Natureza é muito diversa, mas tem uma unidade. É regida por leis que se expressam de modo matemático. A matemática é uma companheira permanente da física. A física e a matemática vivem há muito tempo uma união de facto que ainda está para durar. Estão juntas desde o tempo do Galileu, que disse que “o livro da Natureza está escrito em caracteres matemáticos”. A maneira mais simples e

delas acabam por encontrar uma correspondência com o mundo. É muito interessante saber que o nosso mundo é não-euclidiano! Hilbert foi um grande matemático contemporâneo de Einstein que chegou a alguns resultados da relatividade geral antes do próprio Einstein. Tinha as ferramentas mais à mão. Hilbert e Einstein são dois monstros sagrados da ciência. Hilbert tem uma frase sobre os físicos de que eu gosto muito: “A física é demasiado difícil para os físicos”.

*A matemática é uma companheira permanente da física. A física e a matemática vivem há muito tempo uma união de facto que ainda está para durar.*

*Estão juntas desde o tempo do Galileu, que disse que “o livro da Natureza está escrito em caracteres matemáticos”.*

elegante de descrever a harmonia do mundo é através de equações matemáticas.

**CS:** *Ou seja, não se pode fazer física sem matemática...*

**CF:** Não. Física sem matemática é impossível. Mas se calhar pode fazer-se matemática sem física... Newton teve de criar o cálculo diferencial e integral para descrever os fenómenos do movimento, mas Einstein não teve de criar matemática nova nem para a relatividade restrita nem para a relatividade geral. Einstein tinha a matemática toda à sua disposição: para a relatividade restrita usou apenas matemática elementar, o que significa que a relatividade está ao alcance dos jovens do ensino secundário (felizmente agora já está no novo programa do 12.º ano); a relatividade geral, que fala do espaço-tempo deformado, já requer geometria diferencial, geometrias não-euclidianas, etc. Tudo isso existia no século XIX (Gauss, Riemann, etc.) mas Einstein não sabia matemática suficiente. Teve de aprender o que não sabia, mas que já existia, estava lá. As geometrias não-euclidianas estiveram à espera que aparecesse Einstein para passarem a ter lugar no mundo. O homem pode fazer as construções mentais mais variadas, mas algumas

**CS:** *Nunca se sabe quem, de outra área, vai precisar da ferramenta que um matemático construiu sem imaginar as suas futuras aplicações...*

**CF:** Claro. Pode haver resultados que não parecem aplicáveis, mas depois as aplicações surgem quando ninguém espera. Por exemplo, quando apareceram os números complexos, nunca se imaginou as vastas aplicações que iriam ter. Hoje em dia, qualquer circuito eléctrico, que se estuda na engenharia electrotécnica, precisa de números complexos. Para não falar já da mecânica quântica, que também precisa de números complexos... Tal como precisa da análise funcional de Hilbert e outros. Se não tivéssemos o espaço de Hilbert, não teríamos tão cedo a mecânica quântica, que trata de objectos e relações no espaço de Hilbert. Até parece que o espaço de Hilbert estava ali à espera de ser ocupado. Estou convencido de que há muita matemática que só está à espera de vez... E também ao contrário, há questões da física que levam a novos desenvolvimentos da matemática. Como já disse, as duas são inseparáveis, ou, para usar uma metáfora teológica, “não deve o homem separar aquilo que Deus uniu”.

*CS: Como vão a matemática e a física nas nossas escolas? Estão unidas?*

**CF:** O problema da rejeição da matemática e da física é geral, mas nota-se particularmente em Portugal. Temos de fazer mais pela matemática e pela física nas escolas. Eu diria que as duas ciências estão juntas na Natureza, mas estão separadas no ensino. Será que os estudantes sabem da união que, de facto, existe? Acho que há muito ainda a fazer para juntar as duas ciências no ensino. Os programas das duas disciplinas, por exemplo, poderiam ser mais coerentes entre si.

*CS: E mostrar a utilidade das duas ciências...*

**CF:** Acho que se devem empreender esforços no sentido de mostrar que a matemática e a física são úteis, mas não apenas isso. Deve mostrar-se que a matemática e a física também são bonitas, que proporcionam prazer intelectual. E isso pode ser feito das mais variadas maneiras. Tenho agora um projecto de divulgação científica - chama-se "Livro da Natureza" em homenagem a Galileu - que envolve físicos e matemáticos; o nosso propósito é, através de mini-cursos, Internet, visitas a escolas, etc. mostrar que para onde quer que olhemos no mundo encontramos a matemática. E que é bela a matemática que encontramos no mundo.

**CF:** Sim, mas isso não é um problema só dos alunos. É um problema da sociedade em geral. A nossa sociedade é marcada pela ciência através da tecnologia, mas a tecnologia aparece como magia. Aliás Sir Arthur Clarke, físico e escritor de ficção científica, disse que "tecnologia suficientemente avançada é indistinguível da magia". E a tecnologia que temos é suficientemente avançada... Na verdade, por trás dos artefactos que dominam as nossas vidas e que a tornam mais fácil, está a ciência, está a física, está a matemática, etc. Um telemóvel, por exemplo, é física quântica que trazemos no bolso. Ninguém sonha que estão lá os espaços de Hilbert... Mas estão lá os espaços de Hilbert, os produtos internos, os valores próprios, tudo isso. A tecnologia pode ser uma das "armas" para fazer proselitismo da ciência. Mas não pode ser a única. Até porque seria enganadora: os alunos poderiam pensar que a ciência apenas é interessante porque é útil. A ciência, disseram-no Hilbert e Poincaré, outro grande matemático da mesma época de Einstein que quase chegou à relatividade antes dele, não é apenas interessante porque é útil. É interessante porque fomenta a curiosidade, porque nos desafia, porque nos dá gozo. A utilidade por vezes surge como um bónus, um presente. É um presente por vezes inesperado porque não estávamos a pensar recebê-lo. Mas,

Einstein tinha a matemática toda à sua disposição: para a relatividade restrita usou apenas matemática elementar, o que significa que a relatividade está ao alcance dos jovens do ensino secundário (felizmente agora já está no novo programa do 12.º ano); a relatividade geral, que fala do espaço-tempo deformado, já requer geometria diferencial, geometrias não-euclidianas, etc. Tudo isso existia no século XIX (Gauss, Riemann, etc.)

*CS: Hoje está nas escolas uma geração que gosta da tecnologia, mas não da ciência. Gosta só do produto acabado. Possui as últimas geringonças, mas depois há um desfasamento com o conhecimento de tudo o que está por trás...*

se pensarmos bem, não é tão inesperado como isso. Compreender o mundo, que é o que faz a física com a ajuda da matemática, torna mais fácil habitar o mundo. Um mundo incompreensível seria decerto inabitável...