

# Entrevista a Alain Aspect, premiado com o Nobel da Física de 2022, por ocasião da atribuição do título de doutor Honoris Causa pela Universidade do Minho

Tiago Ramalho

Jornalista do Público

Alain Aspect (figura 1) apaixonou-se pela Física Quântica durante a juventude e a partir daí nunca mais se desencantou. Curioso por natureza, Alain Aspect percebeu desde cedo que ainda havia muito para descobrir na área da Física e foi aqui que colocou o seu foco. No seu percurso deparou-se com o teorema de Bell e a questão do “entrelacamento” quântico, e, na década de 80, decidiu fazer as suas experiências para a testar. Os resultados valeram-lhe um Prémio Nobel, em 2022, juntamente com John Clauser e Anton Zeilinger.

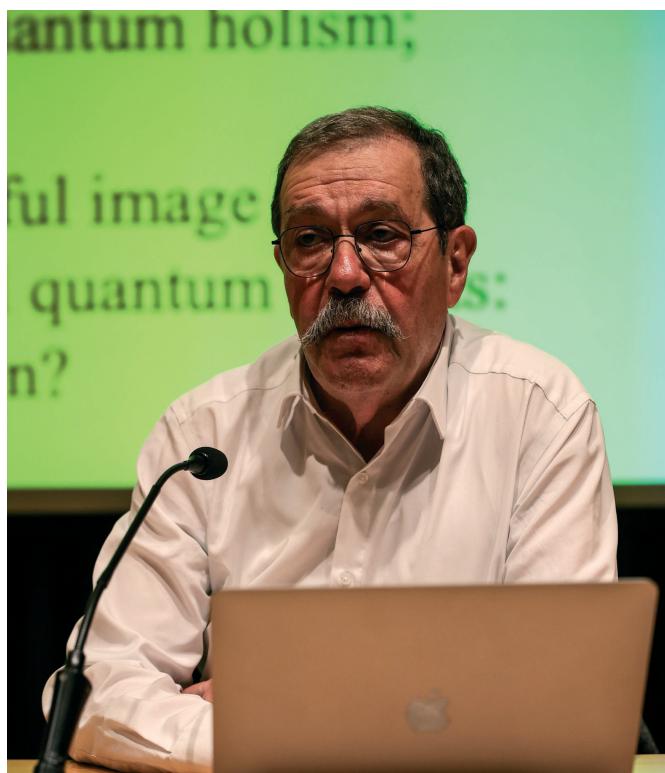


Figura 1 - Alain Aspect.

Aos 76 anos, Alain Aspect esteve na Universidade do Minho para receber o título de Doutor Honoris Causa (figura 2) e contactar com os seus estudantes (figura 3). A cerimónia do doutoramento decorreu no salão medieval da Reitoria, no Largo do Paço, em Braga, no dia 29 de junho de 2024, e contou com a presença da secretária de Estado da Ciência, Ana Paiva.



Figura 2 - Cerimónia de atribuição do título de doutor Honoris Causa. Secretária de estado Ana Paiva (esquerda), Alain Aspect (centro) e Rui Vieira de Castro, reitor da Universidade do Minho (direita).



Figura 3 - Encontro com os estudantes da Universidade do Minho.

A entrevista apresentada em seguida saiu originalmente no jornal Público, na edição de 14 de julho de 2024, e foi efetuada por ocasião da estadia de Alain Aspect na Universidade do Minho. Ela é aqui reproduzida com autorização.

O entrelaçamento quântico é, certamente, a relação à distância mais longa que conhiceremos. Se isto pode aguçar a curiosidade, criar uma relação duradoura com a física quântica é bem mais desafiante. Daí a ganhar um Nobel da Física é um pulo de gigante. Aos 76 anos, Alain Aspect veste mais o fato de pedagogo do que de físico. Regressa à sua fase precoce de jovem “arrogante”, à inquietação provocada pela ciência e ao descanso que procura nesta fase da sua vida - os gracejos pelo meio das respostas também o deixam transparecer.

É a primeira vez que o francês está em Portugal e deixa logo o aviso de que há mais para lá do Nobel da Física que recebeu em 2022. Os trabalhos experimentais em 1982 e 1986, em que demonstrou que duas partículas conseguem agir coordenadas mesmo a enormes distâncias, é um marco da física quântica. Ou seja, mesmo a distâncias enormes, a acção numa partícula tem impacto noutra partícula - eis, no mais simplista dos resumos, o entrelaçamento quântico. Essa experiência é considerada a sentença num dos mais fascinantes debates da Física, iniciado em 1927 entre Albert Einstein e Niels Bohr.

Os nomes são pesos pesados da ciência e da física quântica. Embora Einstein tenha sido (mais mal do que bem) associado como adversário da quântica, a discussão era mais minuciosa do que isso - Alain Aspect refuta a ideia de adversário por completo. Afinal, o próprio Einstein é um dos contribuintes mais generosos para a interpretação da física quântica, com a proposta da dualidade partícula-onda da luz, e pela qual ganhou o Nobel em 1922, exactos 100 anos antes de Alain Aspect.

Vamos à discussão. Apesar de nos parecer pouco palpável, no universo quântico a “realidade” dos objectos depende da forma como são observados (conhecido como o efeito do observador): uma partícula pode estar ao mesmo tempo num estado “0” e “1” até que alguém a observe, assumindo aí um dos dois valores possíveis.

Ao considerar estados com mais do que uma partícula, a física quântica parece ficar ainda mais contra-intuitiva devido ao entrelaçamento quântico, no qual as partículas (como fotões, a partícula teorizada pelo próprio Einstein em 1905) podem formar estados onde ficam correlacionadas de forma tão forte que a interacção com uma delas implica a acção directa com todas as partículas do estado, ainda que estejam separadas a distâncias muito grandes. Este facto levou o famoso físico nascido na Alemanha a pensar que a interpretação da mecânica quântica estaria incorrecta ou incompleta, pois parecia requerer a comunicação entre as partículas a velocidades superiores à da luz no vazio, um limite máximo imposto pela relatividade restrita.

Em 1982 e 1986, Alain Aspect melhorou os trabalhos iniciais de John Clauser, Stuart Freedman e Edward Fry, mostrando que é possível existirem partículas entrelaçadas que não podem ser descritas isoladamente - e que violam as famosas desigualdades de Bell (que serão mencionadas por Alain Aspect) e descartando assim a hipótese de Einstein das “variáveis escondidas”. Mas foi o génio de Einstein que percebeu que a mecânica quântica tinha esta propriedade paradoxal, o que motivou John Bell a imaginar uma forma de testar a hipótese experimentalmente. Einstein teve sempre razão em dizer que não há informação a ser trocada entre as partículas, mas resistiu no confronto com Bohr em aceitar a “acção fantasmagórica à distância” das partículas “quanticamente” entrelaçadas.

Ser o decisor de um debate entre Einstein e Bohr não é coisa pouca, mas a arrogância de juventude de Alain Aspect não se manteve ao longo dos anos. Senta-se confortavelmente num sofá na Universidade do Minho, que lhe atribuiu um doutoramento honoris causa numa manhã soalheira de Maio, recosta-se, cruza a perna e quase conduz parte da entrevista pela sua carreira dividida pelo próprio em quatro actos de auto-estimulação científica. Embora peça descanso, parece que nada lhe tira a genica.

### **Recebeu o Nobel há quase dois anos. Como é que a sua vida mudou?**

Agora todos querem falar comigo, enquanto antes do Nobel apenas as pessoas que sabiam de física falavam. Mas já tinha muitos convites e, de certa forma, é por vezes desagradável quando as pessoas querem falar comigo não para ouvir sobre a minha física, mas apenas porque tenho um Nobel. Isso é irritante.

Por outro lado, tenho muitos convites de pessoas que só me querem ouvir a explicar o que é a física quântica, etcétera. É o tipo de coisa que gosto de fazer. Claro que agora tenho dez vezes mais convites, por isso tenho de rejeitar a maioria e só posso aceitar alguns.

### **E aceitou vir a Portugal.**

A razão pela qual aceitei foi porque fui convidado antes do Nobel.

## Não sabia disso.

Sim, por causa do José Viana Gomes [professor da Universidade do Minho que fez parte do grupo de investigação de Alain Aspect]. Ele convidou-me durante anos e, portanto, faço a distinção entre quem me convidou antes e depois do Nobel. É um critério.



Figura 4 - Alain Aspect na cerimónia do Nobel da Física pelo seu trabalho sobre o entrelaçamento quântico.

© Nobel Prize Outreach, foto: Nanaka Adachi

**Estava a falar do antes e depois do Nobel. Uma coisa que mencionou numa entrevista após o Nobel é que começou a fazer truques de magia depois de se aposentar da “magia quântica”.**

Uma reforma obrigatória. Ainda trabalho, mas não no laboratório.

## Ainda tem tempo para os truques?

Depende. Agora não. Mas há momentos em que sim.

Os truques de magia são extremamente inteligentes. As pessoas que criam os truques são mesmo inteligentes. Adoro perceber os truques e, claro, também obriga a muita destreza de mãos, tem de se treinar muito.

Nunca inventei um truque de magia, isso está para lá do meu nível. Mas quando se aprende um truque, temos de repeti-lo centenas de vezes até os dedos conseguirem fazê-lo. E como repito progressivamente, invento um discurso associado à física quântica. Quando o mágico diz “olha, desapareceu!”. Eu digo “ah, este efeito do túnel quântico!”. [Solta a gargalhada.]

Invento palavras quânticas e é divertido. É muito engraçado fazer um truque e fingir que estou a ilustrar uma propriedade quântica estranha. Claro que todos percebem que estou a brincar.

Algumas pessoas não gostam de magia porque têm a sensação de que aquela pessoa está a enganá-las. Mas claro que está a enganar. É um espetáculo e é assim que o devemos ver.

## Se não houver engano, não há magia.

Não há coisas sobrenaturais. Apenas não viram porque sou demasiado rápido.

**Vamos à verdadeira quântica. Como é que entra neste mundo? É por causa de um enorme livro quando estava a dar aulas em Yaoundé (Camarões)?**

É mais antigo do que isso. Em França, tive excelentes estudos em física clássica. Mas sabia que a minha educação em física quântica era muito má e sabia que ela seria essencial. Primeiro, porque sabia que era essencial para toda a física moderna, mas mais especificamente porque sempre fui fascinado por ótica e já sabia que a interação entre a matéria e a luz precisava da física quântica.

Essa é a razão pela qual queria definitivamente estudar física quântica. Tinha tido uma má educação [nesta área] e quando estava nos Camarões tive a oportunidade de ler um novo livro que explicava tudo muito claramente [Mecânica Quântica, de Claude Cohen-Tannoudji, Franck Laloë e Bernard Diu]. E assim aprendi sozinho.

## Contou-lhes?

Claro! Mais tarde tornei-me colaborador de Claude Cohen-Tannoudji, em 1985, porque ele convidou-me para começar um estudo de arrefecimento de átomos com laser depois do meu doutoramento. Conheci-o melhor e depois disse-lhe. Ele ficou contente.

## Ainda tem o livro?

Sim, claro.

## Pedi um autógrafo?

Provavelmente não. Mas pedi um autógrafo na sua tese. O doutoramento dele é famoso, definiu imensas coisas e pedi um autógrafo aí.

**Tem a famosa história do seu primeiro encontro com John Stewart Bell [cujo teorema das desigualdades de Bell é a base da experiência para provar o entrelaçamento quântico] em 1975, quando vai ter com ele para explicar a experiência que quer fazer e que depois permitiria provar o entrelaçamento quântico (figura 5). Tinha apenas 28 anos, na altura.**

Quando diz “apenas”, para mim era imenso. Licenciei-me aos 22 anos, fiz a minha tese de mestrado em dois anos e depois mais três anos de tropa. Podia ter feito a minha tese final [de doutoramento] aos 25 anos. [ri-se]

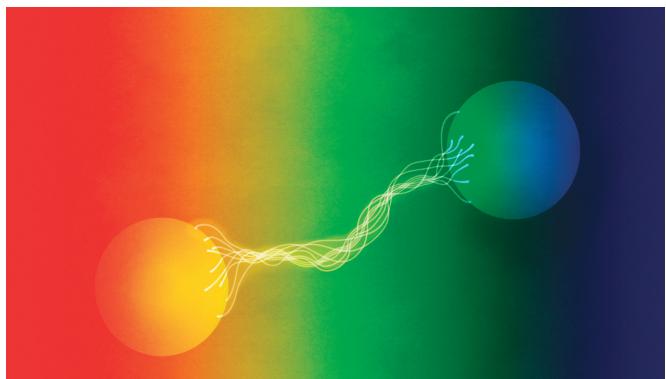


Figura 5 - Quando duas partículas entrelaçadas, mesmo estando muito distantes, uma “acção” sobre uma partícula afecta automaticamente a outra. Johan Jarnestad/Real Academia de Ciências Sueca

### **Atrasaram-no então.**

Depois da tese de mestrado, decidi que só faria investigação se encontrasse algo verdadeiramente entusiasmante. Essa tese era ok, era interessante, mas não o suficiente para continuar.

### **E o livro aparece nessa fase.**

Sim, enquanto estava em África.

**Depois de ler o livro, encontra um artigo científico de Bell, mas a ideia de fazer uma experiência destas era pouca apelativa para a maioria dos cientistas, mesmo depois do primeiro teste de Clauser e Freedman, em 1972.**

Muito pouco apelativa. Mas eu queria muito trabalhar nisso. E como já existia essa experiência de Clauser e Freedman, procurei desesperadamente no artigo deles se existiam coisas que não tinham sido abordadas. E tornou-se claro para mim.

É a tal história de mudar o ângulo e as definições dos espelhos enquanto os fotões estão a voar. [A experiência de Clauser e Freedman construiu um aparelho que emitia dois fotões entrelaçados ao mesmo tempo, com os espelhos colocados em ângulos fixos. Assim, a experiência apenas registava os fotões que passavam por esse ângulo fixo e não observava os outros - ou seja, nem tudo era medido. Este é um exercício difícil porque estas partículas entrelaçadas são tremendamente frágeis. Alain Aspect construiu uma nova versão do aparelho, em que os espelhos não tinham ângulos fixos, permitindo detectar todos os fotões emitidos. E, com isso, provou que a mecânica quântica estava correcta.].

Para mim era óbvio que estava a tocar no ponto de vista mais fundamental de Einstein, porque há uma frase em que ele diz que devem existir “variáveis escondidas”, mas, por outro lado, ele também era pai da relatividade e dizia que não havia nada mais rápido do que a luz.

E ao fazer esta experiência, sabia que estava a tocar nessa questão para saber se temos uma influência que é mais rápida do que a luz ou não. Não conhecia ninguém capaz de fazer esta experiência naquela altura e eu era arrogante. Dizia: “Sou bom em ótica, vou encontrar uma forma de mudar o ângulo dos espelhos.”

### **E encontrou.**

Sim, mas não era óbvio. Tem de ser assim na investigação. Se quando começamos, tudo está tratado ou é evidente, muito provavelmente não é revolucionário. Em investigação de ponta é preciso ser-se arrogante o suficiente para dizer: não sei como resolver isto hoje, mas vou encontrar uma solução.

**A primeira coisa que Bell lhe pergunta quando vai ter com ele em 1975 é: “Tem uma posição permanente?” Falou de investigação pioneira e de ponta, mas hoje a maioria dos investigadores não tem um contrato per-**

### **manente.**

Tenho de discordar. Há um momento em que terão um contrato permanente e, nessa altura, poderão fazer o que bem entenderem. Hoje, um investigador em França garante um contrato aos 30, 32, 33 anos. Assim que têm o lugar, caso queiram arriscar, podem arriscar. Poderão não ter promoções, mas não vão ser despedidos, desde que mostrem que estão a trabalhar. No máximo vão estar a perder tempo. Por isso discordo mesmo dessa ideia. Todos dizem que hoje não seria possível. A partir do momento em que têm um contrato, podem arriscar. Claro que não vão publicar um artigo científico todos os anos, nem serão promovidos. Mas continuam a ter o salário ao final do mês. É uma questão de motivação.

**Mas existe, hoje mais do que nunca, uma dependência de projetos e bolsas na ciência. Muitos dos consórcios e grupos de investigação recebem daí o dinheiro para equipamentos, por exemplo.**

É necessário financiamento de base para manter um laboratório, por isso acho que é bom que seja competitivo. Apresenta um projeto e tenta convencer um comité, porque esse comité tem pessoas como eu, são cientistas. Tem de convencer esse júri de que o projeto é bom. E, se for, recebe dinheiro. Não é possível dar dinheiro a todos. Temos de selecionar projetos, os que pareçam mais interessantes, e tem de ser dado financiamento de base para os laboratórios e centros de investigação manterem a sua atividade.

Mas se quer fazer algo novo é bom escrever projetos, é uma forma de clarificar o que querem fazer. Quando visitei Bell e ele me perguntou se tinha um lugar permanente, também me disse que devia escrever imediatamente um artigo com a proposta de experiência - e escrever essa proposta ajudou a clarificar o que queria. Não precisa de saber o fim da história, mas tem de ter pelo menos a lógica. “É interessante por esta e aquela razão, vou atacar este problema assim e creio que vai funcionar.”

Vou contar um pequeno segredo. Depois de entrar neste jogo, pode sempre guardar uma pequena verba de lado [de outros projetos] para testar uma nova ideia. Se correr bem, então sim, escreve um projeto. Se não, não escreve. Essa é a minha experiência.

Mas deixe-me completar a minha resposta. Um aspeto importante é que a taxa de sucesso dos projetos não seja ridiculamente baixa. Se esse rácio é ridiculamente baixo, então é apenas lotaria. Mas se a taxa de sucesso for entre os 30% e os 50%, então a decisão do comité não é geralmente muito arbitrária. Se for de 5%, por exemplo, é completamente arbitrária porque pelo menos 20% a 30% merecem [ser financiados].

**Em Portugal, a taxa de sucesso tem andado entre os 8% e os 15% para financiamento de projetos.**

Não é suficiente. Em França chegou a andar nesses valores. Era ridículo. Agora é mais de 25%, o que é ok. A

questão é que parece completamente aleatório. Se tem 30% dos investigadores que merecem financiamento e apenas alguns deles são financiados é puramente arbitrário.

**Regressando à quântica. Quando fez as experiências, que lhe vieram a dar o Nobel, tinha a percepção de qual era a resposta que queria?**

Numa experiência não se pode dizer eu quero isto. Eu ficaria feliz se, no fim, Einstein vingasse. Mas, por outro lado, percebi muito rapidamente que, mesmo que Einstein estivesse errado neste tópico em específico, teria sempre todo o crédito por ter levantado a questão do entrelaçamento. Foi também Einstein quem descobriu que o entrelaçamento é extraordinário. Então ele tem o crédito por isso. E mantenho a mesma admiração por ele.

**Acaba por ser injustiçado quando falamos de mecânica quântica?**

Não.

**É curioso que ele seja visto como um adversário.**

Por isso, quando comecei o meu doutoramento, muitas pessoas me diziam que o Einstein nunca percebeu nada de mecânica quântica. Então comecei a ler os trabalhos dele e é um incrível cientista em mecânica quântica. Ele fez imensas coisas. E parece-me que cada vez mais pessoas percebem agora que Einstein tem um papel importante na emergência desta área. A certo momento, sim, era comum dizer-se que era bom na relatividade, mas não sabia nada sobre quântica. Mas leiam os estudos e depois discutimos.

E sabe, estou a escrever um novo livro Tenho já este pequeno livro [Einstein e as Revoluções Quânticas, de momento apenas disponível em francês] que será traduzido em português. Este livro conta precisamente a história de Einstein e a quântica - e é um livro para o público não científico. E agora estou a escrever um livro um bocadinho mais difícil, que terá texto e depois um apêndice com mais equações e explicações, cujo título será: Se Einstein soubesse. Qual seria a sua reação à minha experiência? Ninguém pode saber, mas podemos lançar algumas hipóteses.

**E qual é a sua hipótese?**

Ele teria aceitado a não-localidade. Porque a outra hipótese é renunciar à realidade e creio que Einstein não poderia renunciar à realidade. Na minha opinião, ele aceitaria algum tipo de não-localidade.

**Depois das experiências com entrelaçamento quântico nos anos 1980, deixou esta área de lado.**

Vá lá, fiz uma experiência muito importante com Philippe Grangier: criámos as primeiras fontes de fotão-único que está em todos os livros de ótica quântica. Desenvolvemos a primeira fonte de fotão-único e com isto demonstrámos a dualidade partícula-onda para uma única partícula - precisamente o debate de 1927 [entre Einstein e Bohr].

[O trabalho de Aspect e Grangier permitiu criar fotões-únicos - que estavam, portanto, entrelaçados -, mas que os dois físicos conseguiram "separar" e, ao mesmo tempo, manter o estado quântico. É muito relevante na criptografia, dado que se enviar 20 fotões em posições codificadas e alguém só receber dez, é sinal de que houve uma interceção.]

Depois sim, fui trabalhar para o arrefecimento de átomos por laser.

**Avançou para essa área que é algo diferente do que estava a fazer.**

Sim, queria mudar.

**É difícil trabalhar no mesmo tema ano após ano?**

Não queria ser o tipo que anda a melhorar as experiências sobre as desigualdades de Bell para o resto da minha vida. O que eu gosto de fazer são experiências, provas de conceito. Isto é o que eu gosto. Gosto de atacar algo novo, criar uma prova de conceito, mesmo que não seja o ideal, pelo menos mostra algo. A minha experiência de 1982 [em desigualdades de Bell] já não estava longe da perfeição, mas pelo menos provei algo novo e depois, 16 anos mais tarde, [Anton] Zeilinger fez uma experiência melhor, muito melhor. Mas demorou mais 16 anos. Eu não queria ser o tipo a trabalhar durante 16 anos só para melhorar a minha própria experiência. Prefiro fazer outra coisa qualquer.

**E porquê o arrefecimento de átomos? O que o atraiu?**

Claude Cohen-Tannoudji. Ele era Deus e Deus estava a chamar-me para trabalhar com ele - não tinha como resistir. Era o nosso herói. Tinha imenso prestígio e as palestras dele no Colégio de França [pausa e meio suspiro]. Eu ia ver e ele nem me conhecia. Ouvia as palestras e ficava maravilhado. Se há alguém que o fascina imenso e lhe pede para vir trabalhar com ele ... Como é que podia resistir? Eu queria mudar e ele pede-me para ir trabalhar com ele, portanto a decisão era óbvia.

**Como explicaria este arrefecimento de átomos? Não é o conceito mais simples.**

Diria que é mais simples do que as desigualdades de Bell. Pode usar para explicar aos seus leitores. A temperatura é um movimento microscópico. Quando um gás é quente, as moléculas nesse gás são extremamente velozes. Quando o gás é arrefecido, as moléculas no gás são mais lentas.

Então agora, se tem um vapor de átomos, consegue controlar a velocidade dos átomos e reduzir a velocidade apenas arrefecendo a temperatura. Mas o ponto essencial é que podemos arrefecer a temperatura bastante abaixo do que tínhamos conseguido antes. Temos uma variação de temperatura que vai até ao zero absoluto, certo?

**Certo.**

O que significa o zero absoluto? Significa descanso total, de tudo! Não há movimento. A nossa temperatura ambiente anda por volta dos 300 graus Kelvin. Quando começámos a trabalhar, as pessoas sabiam como arrefecer até aos quatro graus Kelvin, que é a temperatura do hélio líquido. E mesmo abaixo disso, mil vezes abaixo disso, ou seja, 0,001 graus Kelvin. Nós chegámos a seis ordens de magnitude abaixo. Isso significa que, em vez de mil vezes menor do que um grau Kelvin, fomos a um milhão e a um milhar de milhão de um grau Kelvin. Ou seja, extremamente próximo do zero absoluto. O zero absoluto não se consegue atingir - e vai-me perguntar porquê.

### Porquê?

A explicação é muito, muito, muito fácil de entender. Qual é a dificuldade? Quando se está a arrefecer, a dificuldade não é reduzir a temperatura em um ou dez graus. O que é difícil é cortar por um fator de dois. Ou seja, tenho 300 graus Kelvin, com algum esforço corto para 150 graus Kelvin. Depois, corto outra vez para 75 graus, etcétera, etcétera. É por isto que nunca se chega ao zero absoluto. Porque o que temos é sempre de cortar o intervalo que existe e reduzir. Então fomos até ao milhar de milhão de um grau Kelvin e isto era mesmo entusiasmante. Porquê? Porque com um laser [para arrefecer] conseguimos controlar o movimento dos átomos. Era como um manípulo para controlar o movimento dos átomos.

### E depois há a ótica quântica de átomos.

A ótica quântica de átomos é a minha terceira fase. Era aprender como manipular átomos. Mudei-me para o Instituto de Ótica em Orsay [França] para começar um novo grupo de investigação utilizando este método de manipular átomos para fazer ótica com átomos, como tínhamos feito ótica com fotões.



Figura 6 - Alain Aspect, 2022. © Jérémie Barande, Ecole Polytechnique

### Este é outro momento em que queria um novo desafio e combinou as duas fases anteriores?

Gosto de combinar e mudar as coisas. Explorar um novo campo. Gosto de explorar o campo e uma vez estabilizado, as pessoas começam a fazer coisas mais e mais precisas, que é algo que tem de ser feito, mas não é o meu

trabalho favorito. Prefiro explorar. Mesmo que a experiência não seja perfeita e depois outras pessoas gostem de fazer trabalhos extremamente precisos. Bem, assim há trabalho para todos.

### Também temos de falar sobre computação quântica, claro.

Essa é a quarta fase.

### Precisamente. A Pascal, por exemplo [empresa de computação quântica que financiou].

Não só a Pascal. Antes, fizemos simulação quântica. Uma vez que dominámos o movimento dos átomos, somos capazes de estudar o fenómeno que já tinha sido descrito teoricamente, mas não tínhamos visto diretamente. Essa é a ideia da simulação quântica.

O que é que isto significa? Tem eletrões num pedaço de matéria. Cria teorias a dizer que o motivo pelo qual a matéria se comporta de certa maneira é porque os eletrões movem-se e fazem isto e aquilo. Por exemplo, perceber os fluxos de correntes ou como controlar a corrente num semicondutor. Então, temos todos estes modelos de física da matéria condensada que não conseguimos testar diretamente. É sempre indiretamente. Observo-se mudo a voltagem ou a temperatura, observo isto e aquilo e construam-se modelos baseados em física quântica, mas em geral não se conseguem ver [os seus efeitos] diretamente. Existia uma ideia de Richard Feynman em 1982: a ideia de simulação quântica. Postulava que se conseguisse substituir um eletrão num pedaço de matéria por outra coisa mais fácil de observar, seria ótimo. Foi exatamente o que fizemos, substituímos os eletrões por átomos ultrafrios, porque os eletrões estão num campo elétrico dentro da matéria. Nós substituímos esse campo elétrico através de feixes de laser, emitindo forças nos átomos. E no fim, conseguimos estudar o fenómeno que as pessoas inventaram do ponto de vista teórico, mas nunca viram diretamente. O melhor que fizemos foi mostrar a localização de Anderson, um fenómeno quântico fantástico e do qual só existiam provas indiretas da sua existência - mas conseguimos mostrar diretamente.

E desta ideia de simulação quântica, alguns dos meus antigos estudantes começaram a ideia de usar um simulador quântico num computador quântico. Perguntaram-me o que achava. Eu encorajei-os. Quando jovens querem começar uma empresa, isto significa dar também algum dinheiro. E para mostrar que realmente confiava no trabalho deles, dei algum dinheiro. E é assim que também estou envolvido na empresa. Mas é porque são antigos estudantes meus, sei o quanto bons são e é um belo projeto.

### E quais são as suas ideias para o futuro desta área?

As pessoas que dizem saber o que vai ser o futuro [da computação quântica] são vigaristas. Posso dizer-lhe que há uma boa probabilidade de que algo interessante possa ser alcançado com aquilo que pensamos ser a computa-

ção quântica.

Ainda existem entraves enormes, mas a minha experiência diz-me que quando algo não é proibido por uma lei fundamental da física, mais cedo ou mais tarde os investigadores e engenheiros conseguem ser bem-sucedidos. O melhor exemplo que conheço é o da deteção de ondas gravitacionais. Quando começou nos anos 1990 parecia uma loucura completa. Bem, 20 anos mais tarde, tiveram sucesso. Então, à escala de décadas, estou seguro de que existirão trabalhos muito úteis para a computação quântica.

Agora, será uma revolução? Será uma coisa interessante apenas para algumas áreas? Ninguém pode dizer. Quem poderia antecipar a aplicação das lâminas no início? Leiam os jornais. Os físicos estavam entusiasmados porque era uma coisa nova. Mas não tinham planeado toda a aplicação da lâmina. Portanto, se alguém lhe disser “sei que vai funcionar” ou “sei que não vai funcionar”, por favor. Quando as pessoas investem em capital de risco, investem em dez empresas, dez *start-ups*, e sabem que nove em cada dez vão falhar, mas há uma que irá florescer. Estamos precisamente nessa situação quanto à computação quântica. É um ótimo momento para trabalhar, inventar e investir - isto para as pessoas que têm dinheiro. Mas não invistam o dinheiro todo. [mais risos]

**Há o outro lado da moeda. Temos computação quântica e temos a criptografia quântica, uma área que também cresceu bastante.**

A criptografia quântica já está a trabalhar. É pioneira, mas funciona. E está mais avançada do que a computação quântica.

**É um enorme passo face à criptografia tradicional.**

A criptografia quântica é outro mundo.

**Será mais importante na melhoria da nossa segurança ou será meramente militar?**

Diria que nenhuma. Bem, a componente militar talvez. Mas olhemos para a diplomacia. A troca [de informações] entre a capital portuguesa e a embaixada de Portugal em qualquer lado. Precisam de comunicações secretas. Lembre-se do WikiLeaks, foi um enorme escândalo. Temos de entender que com o método atual de codificar, pode não conseguir decifrar já, mas pode monitorizar e daqui a cinco anos se calhar já consegue decifrar aquela comunicação. E cinco anos não chegam. O WikiLeaks é um exemplo disso. Cinco anos depois dirão Ah, Portugal tomou esta decisão - será um enorme escândalo na mesma.

Para mim, a diplomacia será um dos melhores exemplos de uma área em que a criptografia quântica será útil, porque, até onde compreendemos a física quântica, não há forma de um espião conseguir decifrar a mensagem que enviámos - mesmo que o computador seja cem vezes mais poderoso. Na criptografia atual, devemos assumir que o adversário não tem um computador muito mais poderoso do que nós ou que não tem o teorema matemáti-

co [para descodificar as mensagens encriptadas]. Não há prova de que tal teorema não exista e se o adversário tiver esse teorema, pode ler calmamente tudo o que escreveu. Na criptografia quântica, não há tal assunção. Só tem de assumir que a mecânica quântica está certa. E até ver, temos boas razões para achar que está.

*[Truz-truz, ouve-se durante a entrevista. “Sim?”, responde Alain Aspect a quem aparece à porta a avisar que estamos a atrasar um encontro com estudantes da Universidade do Minho. “Não me pressionem. Preciso de relaxar”, ri-se, o físico francês, recostando-se novamente no sofá.]*

**Tenho mais três questões, vamos a isto. A primeira é sobre o gato de Schrödinger, dado que esta é uma imagem recorrente quando falamos da sobreposição quântica - embora seja apenas uma experiência de pensamento, não realizável. Esta imagem é mais útil ou prejudicial para a mecânica quântica?**

É uma imagem. Quando as pessoas tentam entrelaçar mais e mais bits quânticos para um computador quântico, em certa medida estão a tentar construir o gato de Schrödinger. Querem ter muitos milhares de partículas, até quase um milhão, enquanto no gato há biliões e biliões de átomos. É só uma imagem. Mas quando as pessoas tentam entrelaçar os bits quânticos, estão a perseguir a ideia do gato de Schrödinger, a ideia de quantos bits quânticos podemos entrelaçar sem destruir tudo devido à incoerência. E aí deixa de ser quântica e passa a ser [física] clássica. Portanto, é útil? Bem, pelo menos atrai atenção para o facto de que entrelaçar muitas partículas é difícil. É uma imagem divertida.

**Há diferentes abordagens relativamente à mecânica quântica, como o determinismo forte [defendido por Stephen Hawking]**

Isso não me interessa. [Silêncio.] Posso explicar por quê. Se aceitar esse “superdeterminismo” [segundo esta perspectiva, todos as acções estão dependentes das escolhas anteriores, numa eterna relação de causa-consequência], significa que qualquer coisa aqui foi determinada pelo passado. Então, para quê ser um físico a rodar um puxador para perceber como muda? Se me disser que quando rodo o puxador, não sou de facto livre para rodar o puxador, uma vez que foi determinado pelo passado que assim o faria não é um mundo que me agrade.

**Há ainda o outro extremo: os multiversos.**

Não tenho opinião sobre os multiversos. Mas o “superdeterminismo” é logicamente possível, mas significa que todas as questões que me fez foram determinadas pelo passado, quiçá no tempo do Big Bang, e a minha resposta é determinada pelo passado. Por que é interessante que tenhamos uma discussão? É igual para um físico. Se eu soubesse que rodar o puxador tinha sido determinado no passado, não fazia sentido ser físico.

**Para terminar, há algo que não sabe e queria ainda descobrir.**

Sim: quantos bits quânticos conseguimos entrelaçar? [Risos].