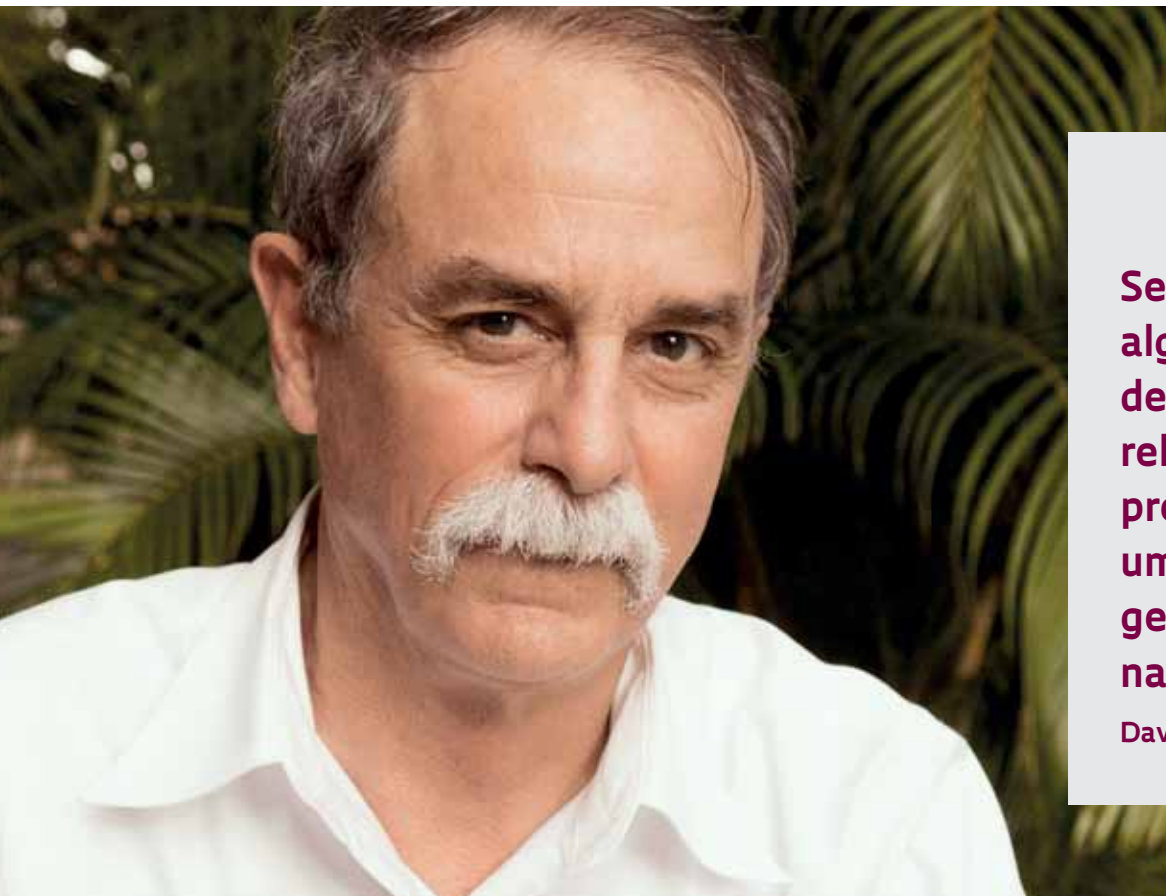


**Não gosto da
ideia de me
apresentar como
um engenheiro
que vai construir
o computador
quântico**

Serge Haroche



**Sempre que
alguém
desenvolve um
relógio mais
preciso, aparece
um novo uso,
geralmente na
navegação**

David Wineland

Apostas quânticas

Os prêmios Nobel de 2012 falam dos desafios de desenvolver um novo conceito de computador e criar um GPS para prever terremotos

Marcos Pivetta

A mecânica quântica é um ramo da física que causa estranheza à maioria das pessoas. Superposição de estados, emaranhamento de partículas, decoerência de sistemas – esses conceitos geralmente escapam à compreensão de quem, como todos na Terra, vive no mundo da física clássica. Ainda assim, o homem convive hoje com inventos que operam a partir de efeitos quânticos, como o laser e os aparelhos de ressonância magnética. O prêmio Nobel de Física do ano passado foi dividido por uma dupla de pesquisadores que trabalha de forma independente, e com abordagens distintas, numa área de fronteira desse campo. Por seus “métodos experimentais inovadores que permitem medir e manipular sistemas quânticos individuais”, o americano David Wineland, do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (Nist) e da Universidade do Colorado em Boulder, e o francês Serge Haroche, da École Normale Supérieure e do Collège de France, partilharam a honraria de 2012.

Ao lado de outros três prêmios Nobel, Wineland e Haroche estiveram entre fins de fevereiro

e início de março deste ano num simpósio promovido pelo Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo, onde concederam entrevistas exclusivas a *Pesquisa FAPESP* (ver reportagem sobre o simpósio na edição 205). Ambos frequentam o Brasil há pelo menos duas décadas e Haroche, que costuma passar férias numa praia da Bahia, fez recentemente nova visita ao país após o evento no interior paulista. Eles falam de suas pesquisas, que têm certa complementaridade, e dos possíveis caminhos a que seus estudos podem levar. Wineland conjectura, por exemplo, que relógios atômicos mais precisos talvez possam ser úteis para prever terremotos. E o tão sonhado computador quântico? “Não gosto da ideia de me apresentar como um engenheiro que vai construir o computador quântico. Ninguém sabe qual rota devemos tomar para chegar nisso. Estamos fazendo progressos em pequenos passos”, afirma Haroche. As entrevistas foram concedidas em separado. Mas, como os temas tratados por vezes se tocam e se repetem, as falas foram editadas lado a lado.

Ganhar o Nobel do ano passado foi uma surpresa?

WINELAND – Acho que a maioria das pessoas que ganham o Nobel ouviu, de um jeito ou de outro, que seu nome estava sendo cogitado para o prêmio. Ouvi meu nome ser mencionado um par de vezes. Nesse sentido, o prêmio não foi totalmente inesperado. Mas, nos últimos anos, não estava pensando no assunto. Algumas pessoas acordam para acompanhar as notícias e ver quem são os ganhadores do Nobel. Mas estava dormindo quando ocorreu o anúncio. Minha mulher foi quem me acordou. Quando se ganha um Nobel, fica implícito que você virou uma espécie de porta-voz de seu campo de pesquisa. Isso aconteceu comigo e com o Serge. Você passa a ser uma inspiração para os estudantes, que hoje têm tantas distrações, seguirem a carreira científica. Uma forma simples de fazer isso é contar a minha história. Quando era jovem, no ensino médio, estava mais interessado em carros e motos, não em ciência. Com certeza, não era um dos melhores alunos. Mas devo dizer que sempre gostei de matemática e física quando estava na escola.

Wineland
usa a luz
para
controlar
propriedades
dos átomos
e Haroche
faz o inverso

HAROCHE – Esse tipo de prêmio não é algo que se fique esperando. Claro que eu sabia que estava fazendo um trabalho que despertava atenção na comunidade. Mas nossa área é vasta, há muitos temas e subáreas que estão produzindo resultados interessantes. Então era impossível prever quem ia ganhar o prêmio. Você também precisa entender – e o David concorda comigo nesse ponto – que o prêmio é para nossa área como um todo. Não é para mim e ele. A pesquisa é um trabalho em grupo. Em meus estudos, contei com o trabalho de dois pesquisadores seniores. Tenho certeza de que foi assim também com o David. Mas, pela natureza do Nobel, eles têm de associar o prêmio a algumas pessoas.

Suas equipes eram rivais?

– As abordagens eram distintas o bastante para não nos sentirmos como competidores da mesma área. Rainer Blatt [físico da Universidade de Innsbruck], que também esteve no seminário de São Carlos, tem um grupo muito forte e é um dos meus maiores concorrentes. Apesar de sermos competidores, somos bons amigos há muitos anos. Meus trabalhos e os do Serge são um pouco complementares. Para explicar as coisas de uma maneira simples, diria que uso a luz para controlar algumas propriedades dos átomos e Serge usa átomos para investigar e controlar propriedades da luz. Embora um trabalho seja descrito como o oposto do outro, utilizamos a mesma física quântica para descrever interações entre átomos e luz.

– Há uma bela simetria entre nossas pesquisas. Na verdade, ambos trabalhamos com as interações da luz e dos átomos no nível quântico mais fundamental. Eu olho as coisas de uma perspectiva e ele, de outra. Talvez essa simetria tenha levado o comitê do Nobel a pensar que seria uma boa coisa premiar ambos.

O emaranhamento é a assinatura de que há algo de quântico num sistema?

– Antes do emaranhamento há a ideia de superposição de estados. Um dos experimentos que fizemos em nosso laboratório foi mostrar que uma partícula, um íon ou um átomo pode estar em dois lugares ao mesmo tempo antes de haver emaranhamento. A superposição é a marca registrada de que entramos no estranho mundo da mecânica quântica. Para mim e também para outras pessoas, uma questão fundamental ainda não respondida é saber onde termina o mundo clássico e começa o quântico. Se houver uma linha divisória, precisamos saber onde ela fica. Isso traz à tona conceitos como o da existência

– A noção central [da quântica] é a superposição, o fato de um sistema poder estar ao mesmo tempo em diferentes estados. O emaranhamento é uma consequência disso. Dois sistemas estão emaranhados quando interagem e podem estar em uma superposição de estados. Isso quer dizer que o que ocorre com um sistema imediatamente produz um efeito sobre o outro – mesmo se eles estiverem separados por uma grande distância. Isso se chama não localidade. Essa é uma propriedade muito bem estabelecida da matéria e da radiação. De uma forma superficial, pode se pensar que essa propriedade viola a noção de

de vários mundos ou universos [em paralelo]. No momento, considero que a tese dos vários mundos é perturbadora, mas tão válida quanto qualquer outra ideia do que realmente esteja ocorrendo. Até onde sei, ela é uma solução válida para o problema. Como físico experimental, sinto que há algo a ser descoberto nesse sentido. Mas não temos um experimento que possa ser feito para responder essa questão. Talvez haja algum mecanismo, alguma nova física, que ainda não vimos que provoca essa barreira (entre o quântico e o clássico). Esse campo é muito especulativo. Não acho que alguém tenha a resposta para essa questão. Mas sinto que há algo muito profundo a ser descoberto.

O que podemos esperar em termos de novas aplicações derivadas da física quântica?

– A maioria dos físicos acredita que as aplicações na área de computação quântica deverão lidar com simulações. Por exemplo, uma coisa que estimulou muito a computação (quântica) foram os algoritmos de fatoração. Mas efetuar uma fatoração útil é um desafio muito difícil, pois utiliza muitos recursos que ainda não dominamos. Com um número pequeno de qubits [bits quânticos] dá para fazer coisas interessantes. Talvez com 50 ou 100 qubits seja possível simular um sistema. Para mim, essa questão se tornará interessante quando conseguirmos aprender algo novo com essa simulação. Por ora, estão fazendo na quântica demonstrações de simulações que já conseguimos fazer com um computador normal. É difícil fazer previsões, mas talvez nos próximos 10 anos consigamos fazer uma simulação que realmente nos ensine algo de novo.

Os progressos são muito mais palpáveis na área de relógios atômicos?

– Esse é um campo muito mais desenvolvido. Fazemos relógios atômicos que servem a um propósito, tanto com átomos como com íons. Um bom exemplo são os sistemas de navegação baseados no GPS. Há décadas, relógios atômicos para esses sistemas têm sido feitos. E há séculos é assim: sempre que alguém desenvolve um relógio mais preciso, um novo uso aparece, geralmente na área de navegação. Foi e ainda é assim. Há algumas aplicações em comunicação que também usam relógios atômicos. Por exemplo, se tivermos um relógio atômico para um sistema do tipo GPS com precisão de milímetros, poderíamos medir a deformação da Terra. Potencialmente, um sistema assim poderia prever terremotos. Claro que seriam necessárias outras ferramentas também, mas um relógio com essa precisão poderia ser útil nesse sentido.

causalidade, pois não é possível propagar informações a uma velocidade maior do que a da luz. Ainda assim, existem alguns tipos de correlação que são instantâneos. Mas essas correlações não podem ser usadas para propagar informações. Portanto, não há contradição alguma. Há muitos grupos trabalhando nessa questão, sobretudo com fótons se propagando no espaço aberto e em fibras ópticas. Um dos pioneiros nesse campo é meu colega Alain Aspect [do Instituto de Óptica e da Escola Politécnica de Paris, que também participou do simpósio], que fez um experimento em 1982 mostrando pela primeira vez esse tipo de emaranhamento.

A fronteira que separa o mundo quântico e o clássico ainda não foi delimitada pelos físicos

– Há coisas que são uma realidade, como a criptografia quântica. Mas a questão que se coloca é se ela é útil e competitiva em relação à criptografia clássica. Há também a metrologia, em que se usa a quântica para aprimorar a precisão das medidas. Um bom exemplo disso é o trabalho do David com relógios atômicos. Ele usa o emaranhamento para medir o que ocorre num íon, que seria o relógio atômico mais preciso já construído. O computador quântico poderia trabalhar num estado de superposição de tal maneira que alguns cálculos poderiam ser feitos de forma mais rápida e eficiente do que em um computador clássico. Isso é um sonho. Os conceitos necessários para isso estão estabelecidos, mas eles funcionam em sistemas pequenos. Para ter um computador quântico, precisamos controlar centenas de partículas. Há problemas técnicos e práticos e não sabemos se eles serão resolvidos. Não gosto da ideia de me apresentar como um engenheiro que vai construir o computador quântico. Ninguém sabe qual rota devemos tomar para atingir esse objetivo. Estamos fazendo pequenos progressos. Por exemplo, estamos aprendendo a corrigir pequenos erros que ocorrem nos sistemas quânticos, que chamamos de decoerência. A superposição quântica é um estado muito frágil, que desaparece facilmente. Em Paris, fazemos experiências que denominamos de correção de *feedback* nas quais conseguimos manter, em média, certo número de fótons por um tempo muito longo. Conseguimos corrigir as perturbações assim que elas ocorrem. Isso é bom para algumas coisas, mas não o suficiente para a computação quântica. É muito difícil prever o que vai acontecer. Se olharmos para a história, todas as tecnologias derivadas da quântica, como o laser e as imagens de ressonância nuclear magnética para fins médicos, saíram de pesquisa básica não concebida com essa finalidade. Tenho quase certeza de que as aplicações vão aparecer. Mas não dá para adivinhar o que vai acontecer. ■