

LIMITES DA CIÊNCIA

Fui levado a escolher este título, porque, em finais de Outubro do ano passado, estive envolvido num episódio que tem a ver com o tema "Limites da Ciência". A 25 e 26 de Outubro de 2007, teve lugar na Fundação Gulbenkian, uma conferência em que se colocava a questão filosófica "A Ciência Terá Limites?"¹ a qual foi organizada por George Steiner e João Caraça, Director do Serviço de Ciência da Fundação. No sábado, seguinte, dia 27, apareceu no jornal Expresso, uma entrevista a um dos participantes "John Horgan" que é um jornalista que tem dedicado a sua vida a anunciar o fim da ciência. A escolha do jornalista do Expresso, deste participante na conferência, sem fazer qualquer referência a outros pontos de vista, opostos, indignou-me. Levou-me a escrever uma carta ao Director do Expresso em que acusava o jornalista que fez a entrevista de prestar um mau serviço à sociedade, ao escolher apenas um ponto de vista contrário à ciência, quando a maioria dos participantes tinham uma perspectiva oposta. Enviei cópia da minha carta, por e-mail, a João Caraça, que passados minutos me respondeu que estava de acordo comigo e estava a preparar um artigo de opinião para enviar ao Público que também tinha publicado um artigo sobre as opiniões de John Horgan. É claro, que o Expresso não publicou a minha carta mas o Público publicou o artigo de João Caraça, embora algumas semanas depois.

Os obstáculos que se colocam à ciência advêm da ignorância, iliteracia e indiferença dos políticos, dos *media* e de grande parte da sociedade, e sobretudo da crescente onda de irracionalidade, fundamentalismo e superstição que paira sobre nós.

Extracto da carta enviada ao Expresso (não publicada)
Luís Alcácer, http://dererummundi.blogspot.com/2007/10/cincia-ter-limites_29.html

... a mensagem transmitida pelos cientistas foi a de que o progresso científico não está limitado na actualidade nem no futuro previsível. Isto é, observadas de dentro, a ciência e a investigação científica não têm limites.

...

... os limites, barreiras, fronteiras, demarcações, condicionantes e condições aparecem quando se olha de fora para a ciência. Estão ligados com o facto de a ciência ser, como todas as outras, uma actividade social que é praticada numa sociedade altamente mediatizada.

João Caraça, Público, 21 de Novembro de 2007

Vou aproveitar a deixa de João Caraça, para falar de alguns dos limites da ciência nas duas perspectivas: **a ciência vista de fora** (pela sociedade, *media*, etc.) e **a ciência vista pelos cientistas**, nesse diálogo com a Natureza, embora esta divisão seja apenas para ajudar a arrumar as ideias, pois as duas perspectivas ou atitudes não são separáveis, na medida em que os cientistas fazem parte da sociedade.

Antes de começar a filosofia (que se confundia com a ciência), os gregos tinham uma ideia sobre o universo de natureza religiosa ou ética.

A natureza gosta de se ocultar, disse Heráclito, há 2500 anos². Essa máxima tem, desde então, perseguido a cultura ocidental. Das várias interpretações do fragmento de Heráclito, emergem duas atitudes contraditórias: uma baseada na inquirição como um meio de levantar o véu, para obrigar a natureza a revelar os seus

¹ <http://www.gulbenkian.org/cienciatateralimites/main.htm>

² "Phusis kruptesthai philei." Heráclito (ca 535-475 BC), filósofo jónio pré-socrático.

segredos, e outra de contemplação e adoração.

Antes de começar a filosofia (ciência), os gregos tinham uma ideia sobre a natureza de carácter religioso ou ético.

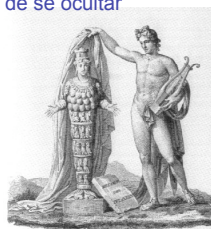
"Phusis kruptesthai philei" = A natureza gosta de se ocultar
Heráclito, (ca 535-475 BC)

Relação Homem — Natureza

Antes da Ciência: monólogo



Natureza
como deusa



Apolo levanta o véu que cobre a estátua da Natureza, representada pela deusa Artemisa de Éfeso.

Depois da Ciência: diálogo

Isis

Exagerando um pouco essa dicotomia, diria que a primeira é a atitude dos cientistas, e a segunda, a actual atitude dos media e da sociedade, que vêem a ciência como magia, ou melhor, confundem ciência com tecnologia e vêem esta como magia.

Quando do episódio do artigo do Expresso escrevi no blog de Rerum Natura:

É provável, diria mesmo, quase certo, que a ciência, tal como a conhecemos, venha, mais tarde ou mais cedo, a dar lugar a uma nova época de obscurantismo, com eventuais grupos de "empresas" ou "gurus" detentores únicos do conhecimento científico e tecnológico, secreto, que fornecerão os "telemóveis" e os "gadgets" de então, limitando-se o comum habitante do planeta ou talvez até, apenas uma pequena elite, a utilizá-los como objectos mágicos.

Luís Alcácer, http://dererummundi.blogspot.com/2007/10/cincia-ter-limites_29.html

É interessante que, sem o saber, eu tenha citado Umberto Eco numa palestra sobre "Ciência, Tecnologia e Magia", que proferiu em Roma em Novembro de 2002, publicada no Jornal italiano "La Repubblica":

Umberto Eco salienta o aspecto mágico da ciência:

"A magia é a presunção de que podemos saltar da causa para o efeito por curto-circuito, sem passar pelas fases intermédias. A confiança, a esperança depositada na magia não se perdeu com o advento da ciência. **O desejo de simultaneidade entre causa e efeito transferiu-se para a tecnologia**, a filha natural da ciência

O que os media deixam transparecer da ciência é apenas o seu aspecto mágico. Isto nos raros casos em que a ciência é notícia.

Umberto Eco, "A Passo de Carangueijo", Difel, S.A. 2007, pag 120.

Os *media* confundem a imagem da ciência com a da tecnologia e divulgam essa confusão às pessoas que julgam que é científico tudo o que é tecnológico, ignorando a dimensão própria da ciência, da qual a tecnologia é apenas uma aplicação e uma consequência.

A tecnologia é-nos dada de maneira imediata, ao passo que a ciência progride devagar.

Desde as civilizações primitivas que a magia fascina as pessoas. Através da magia, podemos saltar directamente da causa para o efeito sem passar por quaisquer fases intermédias. Espetamos um alfinete num boneco que representa um nosso inimigo e ele morre. Dizemos umas palavras mágicas e o ferro transforma-se em ouro, ou o doente cura-se. Com a magia não precisamos de chegar às conclusões através de provas sucessivas que demonstrem uma relação reprodutível entre causa e efeito.

O utilizador carrega numas teclas do seu telemóvel e, quase instantaneamente fala com o amigo que está na Austrália. Carrega num botão no seu computador pessoal, lê o New York Times, on-line, e compra um bilhete para um espectáculo na Broadway, para daqui a um mês quando vai passar por Nova York. O cientista acaba de fazer uma experiência, envia ao resultado por e-mail, para um amigo em Singapura, que interpreta os resultados, escreve o resto de um artigo e envia para uma revista científica on-line.

E ninguém faz a mínima ideia de como isso tudo acontece.

Os políticos e até governantes confundem *tecnologia* com qualquer coisa que não sei muito bem o que é. *Tecnologia* como o longo e árduo processo de produção de bens resultantes da aplicação da ciência, não é de certeza.

Para os *media* e, claro está, para os políticos, tecnologia é *software*. Basta ler os jornais.

O público e a sociedade, em geral, espera muito mais da ciência do que aquilo que ela lhe dá, e isso implica por vezes uma grande desconfiança e frustração.

Depois de uma época de grande progresso científico e tecnológico após as duas grandes guerras, na Europa, que muitos apelidam de idade de ouro, começam, sobretudo nos Estados Unidos, a surgir movimentos que põem em dúvida a ciência e mesmo movimentos anti-ciência.

Uma das primeiras manifestações dessa crise foi o livro "The Coming of the Golden Age: a View of the end of Progress"³ do biólogo Gunther Stent, da Universidade da Califórnia Berkeley, publicado em 1969. O mesmo argumento é usado por John Horgan no livro "The End of Science"⁴ de 1996, tese que reiterou na Conferência da Gulbenkian.

Stent pensava que a ciência teria chegado ao fim. Todas as grandes descobertas já teriam sido feitas. Apenas restariam alguns aperfeiçoamentos. A ciência estaria a enveredar por um caminho de elaboração barroca, subjectivismo, e introspecção já evidentes nas artes criativas. Segundo Stent, a ciência teria chegado a um estado de "Idade de Ouro"⁵ da mitologia grega, que terminaria quando Pandora abrisse a sua caixa e soltasse os males do mundo. Para Stent, a queda da ciência dever-se-ia ao seu próprio sucesso, ao sustentar um crescente aumento de nível de vida, bem estar social e segurança, após os horrores das guerras mundiais. A ciência quando bem sucedida tenderia a criar condições sociais nas quais a motivação psicológica necessária para manipular o mundo natural em proveito da sociedade, se atrofiou.

Talvez na sequência desta onda, surge no final dos anos 1970, o movimento filosófico chamado de *pós-modernismo* que põe em causa a ciência como fonte da verdade⁶. Um exemplo curioso dessa guerra entre a ciência e a "anti-ciência" é o artigo de Alan Sokal⁷, físico teórico da Universidade de Nova Iorque, submetido ao jornal *Social Text*, com o título "*Transgredir fronteiras: para uma hermenêutica transformativa da*

³ "The Coming of the Golden Age: a View of the end of Progress" G. Stent, Natural History, Press New York (1969)

⁴ J. Horgan, *The End of Science*. Addison-Wesley, Reading, Mass. (1996)

⁵ De acordo com a lenda grega, os antigos evocavam uma "Idade de Ouro" mitológica em que uma dada raça privilegiada de mortais (homens) viviam na Terra num estado de graça, que terminou quando Pandora abriu a sua caixa e deixou sair uma série de malefícios para o mundo. A essa idade de ouro sucedeu-se o declínio em brilho deixando de ser idade de ouro e passando a ser uma idade de prata, depois um idade de bronze até chegar à idade do ferro, de trabalhos e canseiras durante a qual a humanidade pagava as amargas colheitas dos deuses.

⁶ http://pt.wikipedia.org/wiki/Fran%C3%A7ois_Lyotard

⁷ Alan D. Sokal, "Transgressing the Boundaries: Towards a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity" publicado em *Social Text* #46/47, pp. 217-252 (spring/summer 1996).

Ver http://www.physics.nyu.edu/~as2/transgress_v2/transgress_v2_singlefile.html

gravitação quântica". Pretendia ser um artigo erudito sobre as implicações filosóficas e políticas «**pós-modernas**» das teorias da física do século XX. Contudo, como o próprio autor revelou mais tarde, o seu ensaio não passava de uma trapalhada de incongruências deliberadas e disparates, alinhavados de forma a ter boa aparência e a lisonjear os preconceitos ideológicos dos directores da revista. Depois de ser avaliada por cinco membros do conselho editorial da *Social Text*, a paródia de Sokal foi aceite para publicação como se fosse um ensaio académico sério. Foi publicada em Abril de 1996. O escândalo rapidamente se globalizou dando origem às mais diversas reacções da parte dos sociólogos e humanistas, tendo também em Portugal dado origem a grandes discussões nos *media* e a várias publicações, incluindo, pelo menos, dois livros.

Uma questão completamente diferente, mas que surge como limites da ciência ou, se calhar mais propriamente como limites da actividade científica, são os limites éticos, que para mim são evidentes, quer da parte da sociedade, quer da parte dos cientistas.

Um cientista está necessariamente condicionado por princípios éticos, como qualquer membro da sociedade.

No caso dos Nazis, na Alemanha de Hitler, não foi a procura do conhecimento que foi responsável pelas atrocidades, mas sim o facto de que os cientistas não olharam aos princípios normais da ética. Segundo o que sei, os padrões nazis não foram impostos aos cientistas. Pelo contrário, creio ter sido o oportunismo, a convicção, e a ambição pelo poder, que deram suporte às ideias de classificar os seres humanos em válidos, inferiores e sem valor, fornecendo uma base ideológica do estado Nazi.

Otmar von Verschuer, director do Kaiser Wilhelm Institute para a Antropologia, por exemplo, colaborou com Josef Mengele em Auschwitz. A aceitação de órgãos e sangue de prisioneiros do campo de concentração, propositadamente infectados, é considerada pelo geneticista alemão Benno Müller-Hill, como o crime mais hediondo no qual os geneticistas jamais participaram. Esses investigadores claramente transgrediram os limites da ciência.

O exemplo da Alemanha Nazi mostra que a ciência "politicamente responsável" provida de poder pode ter consequências desastrosas para pessoas inocentes e para a própria ciência. A chamada de atenção para uma ciência politicamente responsável, não resolve o problema de como os cientistas podem impedir a ciência de servir fins imorais e desumanos.



Um médico alemão conduz investigação etnológica interrogando uma mulher

Limites éticos e morais como este, estão na ordem do dia, na altura em que a ciência está provavelmente à beira de criar vida biológica artificial.

A CIÊNCIA VISTA PELOS CIENTISTAS

Na perspectiva dos cientistas, os limites da ciência têm que ver com a condição do homem enquanto dialogante com a natureza.

A ciência não só descreve e explica a natureza; é parte do diálogo entre a natureza e nós; descreve a natureza tal como ela se expõe aos nossos métodos de inquirição.

Werner Heisenberg

Que tipos de limites poderemos encontrar na nossa tentativa de compreensão do Mundo?

Limites da Condição Humana

Quando questionamos a natureza, definem-se, de certo modo, **horizontes**: o maior do que nós, o macrocosmo e o mais pequeno do que nós, o microcosmo. Não sei porquê, temos tendência em colocar-nos na escala intermédia. Mas é claro que essa é uma posição relativa.

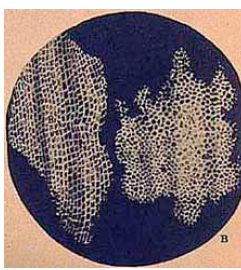
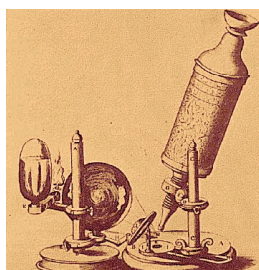
A ciência começou investigar o maior do que nós, os astros. Em 585 a.C. Thales prevê um eclipse. Essa data marca o começo da filosofia ocidental e da ciência.

O telescópio e o microscópio desenvolvidos, em paralelo, nos séculos XVI e XVII, abriram as portas aos dois infinitos diametralmente opostos. O telescópio foi usado em astronomia em 1609 por Galileo Galilei, que foi o primeiro ser humano a ver as crateras da lua, as manchas do sol e as quatro luas de Júpiter, bem como os anéis de Saturno.

Hoje, o telescópio óptico deu lugar ao radiotelescópio e aos observatórios no espaço.

O microscópio foi provavelmente descoberto em resultado de trabalhos com o telescópio, sabendo-se que foi usado em medicina por Petrus Borellus em 1653. Algumas das imagens mais famosas de objectos microscópicos foram as de folhas muito finas de cortiça feitas por Robert Hooke e publicadas, em 1665, no seu livro Micrographia.

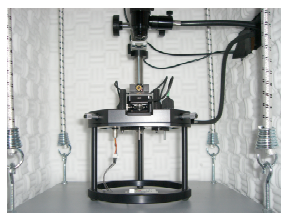
Microcosmo



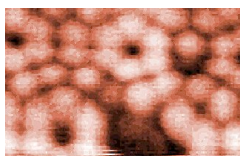
Microfotografia de folhas de cortiça feitas por Robert Hooke e publicadas, em 1665, no seu livro Micrographia.

...estes poros ou células ... foram, na verdade, os primeiros poros microscópicos que vi, e talvez jamais vistos, pois nunca encontrei alguém que os tivesse mencionado antes.

<http://www.ucmp.berkeley.edu/history/images/hooke/ork.jpg>



AFM no nosso Lab do IT/IST



Átomos numa superfície de silício
Imagem AFM

Wayne State University
Nanomechanics Laboratory

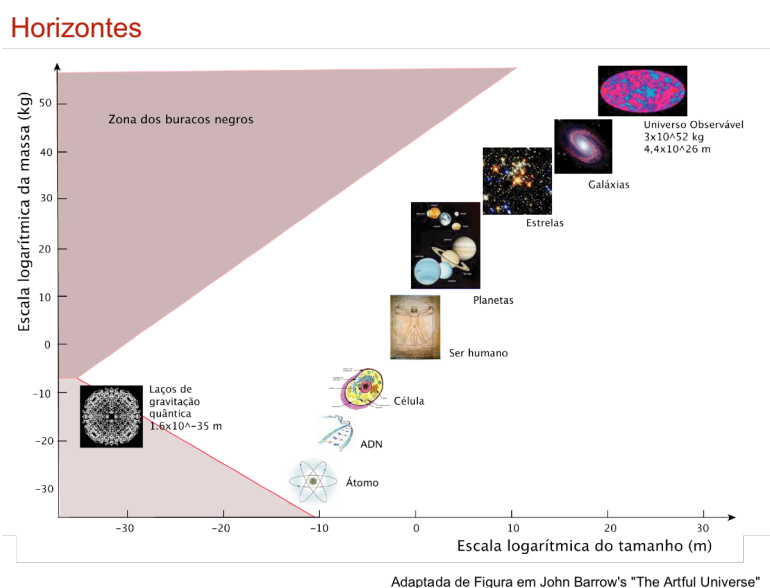
O microscópio óptico evoluiu até ao microscópio electrónico e toda uma plêiade de instrumentos de uso já rotineiro como o microscópio de efeito de túnel e o microscópio de força atómica, com os quais se podem observar átomos e moléculas individuais.

Desde então, a investigação do macrocosmo acompanha a investigação do microcosmo. Talvez, de certo modo, esquecendo o *mesocosmo*, ou seja, o que á nossa volta é mais directamente observável.

No extremo do maior do que nós, sabemos que há limites fundamentais à pesquisa cosmológica.

O facto de a velocidade da luz ser finita implica que apenas podemos observar o universo dentro de um horizonte determinado pela velocidade da luz. Não podemos descobrir se é finito ou infinito, se tem uma origem no tempo, se a sua entropia aumenta, ou se é aberto ou fechado. As nossas observações estão confinadas à determinação da estrutura da parte visível do universo. Mesmo a origem da parte do universo visível não nos é acessível. Tudo indica que as teorias da relatividade e da MQ se poderão vir a combinar para nos dar uma visão do universo visível independentemente de como começou.

O universo é não só maior do que nós podemos saber, é mesmo maior do que o que podemos alguma vez vir a saber.



O nosso horizonte é o raio do universo observável, estimado em 4.4×10^{26} m ou, seja, 46 mil milhões de anos luz.

Alguns intelectuais cépticos como o próprio George Steiner⁸, consideram que já se vislumbram limites à observação do *cosmos*, já que os instrumentos mais poderosos se aproximam dos confins do universo observável, recuperando a radiação emanada dos primeiros instantes do *Big Bang* enquanto que, à medida que, devido à expansão do universo muitas galáxias escapam para além do nosso horizonte do potencialmente observável.

Freeman Dyson⁹, um dos físicos teóricos que fez uma das intervenções de síntese na Gulbenkian, contradiz George Steiner, afirmando, que, em média aparece no horizonte uma nova galáxia por dia. Portanto os astrónomos terão ainda galáxias para explorar nas próximas dezenas de milhões de anos.

⁸ (Francis) George Steiner (born April 23, 1929, in Paris, France) is emeritus professor of comparative literature at the University of Geneva, and a prolific writer, philosopher, and literary critic. Steiner é um céptico nos dons redentores da cultura. Elitista e liberal, embora pouco sulista, não acredita que o conhecimento ou as musas tornem alguém melhor. Os SS de Auchwitz tocavam violino, recorda.

⁹ Freeman John Dyson FRS (born December 15, 1923) is an English-born American theoretical physicist and mathematician, famous for his work in quantum mechanics, solid-state physics, nuclear engineering, and for his serious theorizing in futurism and science fiction concepts, including the search for extraterrestrial intelligence.

No extremo do mais pequeno que nós, o limite à vista é o comprimento de Plank, que é 1.6×10^{-35} m.

$$\ell_p = \hbar G c^3 = 1.616252 \times 10^{-35} \text{ m}$$

Se atendermos a que as dimensões do objectos mais pequenos que hoje se observam, os próprios átomos, são da ordem do Ångstrom (10^{-10} m) então até chegarmos ao comprimento de Planck ainda há muito a explorar. E quando lá chegarmos, logo se vê.

Limites Profundos: Gödel [?!]

Será que neste diálogo com a natureza, teremos limitações impostas pela nossa capacidade mental? É claro que aquilo que podemos observar será apenas uma parte diminuta da realidade física. Já Platão referia essa limitação na sua alegoria da caverna.

Há quem diga que o teorema de Gödel, impõe limites à ciência. O teorema de Gödel é um teorema da matemática, mais concretamente, da teoria de números, que diz que numa teoria axiomática, há proposições sobre as quais não se pode decidir se são verdadeiras ou falsas.

Pergunto eu:

Se a lógica tradicional não impediu a MQ porque haveria o teorema de Godel impedir o avanço da ciência?

Mas a ciência não diz respeito apenas aos extremos, nos limites dos dois infinitos. Ao olhar apenas para esses extremos, estamos a esquecer o mundo à nossa volta. Estamos a esquecer as ciências da matéria comum e as ciências da vida.

Sabe-se provavelmente mais sobre a natureza e a origem do universo do que sobre a natureza e origem da vida.

Estamos a esquecer o essencial.

Cuenta la historia que en aquel pasado
Tiempo en que sucedieron tantas cosas
Reales, imaginarias y dudosas,
Un hombre concibió el desmesurado

Proyecto de cifrar el universo
En un libro y con ímpetu infinito
Erigió el alto y arduo manuscrito
Y limó y declamó el último verso.

Gracias iba a rendir a la fortuna
Cuando al alzar los ojos vio un bruñido
Disco en el aire y comprendió, aturdido,
Que se había olvidado de la luna.

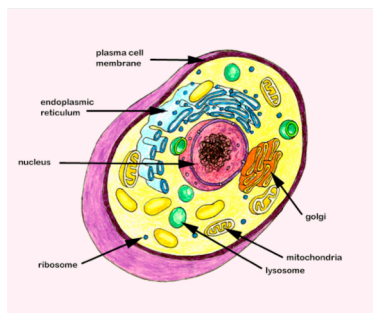
La historia que he narrado aunque fingida,
Bien pude figurar el maleficio
De cuantos ejercemos el oficio
De cambiar en palabras nuestra vida.

Siempre se pierde lo esencial. Es una
Ley de toda palabra sobre el numen.

...

La Luna, Jorge Luis Borges

À mesma escala que nós, e na nossa vizinhança imediata, temos um mundo infinito de coisas por compreender. Temos, creio, os maiores desafios que se colocam à ciência actual: a natureza e origem da vida, o funcionamento da célula viva, o funcionamento do cérebro e a natureza da consciência; para só mencionar algumas.



Célula

Dimensões: 10 - 100 μm

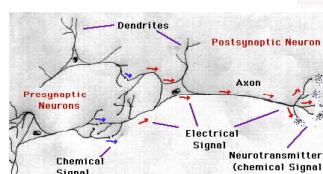
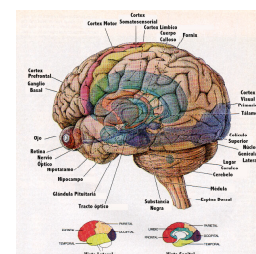
Numa célula viva há cerca de 10 000 proteínas que se movem de modo organizado.

Cada célula sabe a sua posição no organismo, pensa-se que, *falando* com as vizinhas.

A origem evolutiva da célula está relacionando com a origem da vida.

Não se sabe quase nada!

O Cérebro Humano
 $\sim 10^{11}$ neurónios
 $\sim 10^4$ ligações sinápticas por neurónio
 $\sim 10^6$ km de ligações



Se não tenho competência para falar do universo físico, menos tenho ainda, para falar do cérebro e da consciência. Como químico, ou como eu gosto de me chamar, como químico-físico, restam-me alguns limitados aspectos sobre a natureza e origem da vida.

A grande questão diz respeito à natureza e às regras que governam o processo de organização de átomos em moléculas e estruturas.

A revista Nature de 3 de Agosto de 2006 publicou os resultados de um inquérito junto de alguns dos químicos mais eminentes do planeta. Perguntou quais são as grandes questões que se colocam à química. As respostas foram as que constam do quadro seguinte:

AS GRANDES QUESTÕES QUE SE COLOCAM À QUÍMICA:

- Qual é a base química da célula viva?
- Qual a base química do pensamento e da memória?
- Como começou a vida na terra, e como e onde poderá começar noutros mundos?
- Como poderemos fazer o "design" de moléculas com funções e dinâmicas específicas?
- Como poderemos fabricar os materiais necessários para o futuro, nas áreas da energia, da indústria aeroespacial e da medicina?
- Como poderemos explorar todas as possíveis combinações de todos os elementos químicos?

Nature, vol. 442, (2006) pags. 486 e 500-502

Afinal, o que É a Vida? E como Começou? Qual é a Base Química da Célula Viva?

A existência de fósseis coloca a origem da vida na Terra, a pelo menos 3,5 mil milhões de anos¹⁰. Há mesmo vestígios fósseis de células primitivas em rochas da Groenlândia com pelo menos 3,8 mil milhões de anos. A vida poderia ter começado, ainda muito antes, noutro astro de um qualquer sistema, ou em mais do que um. Para o caso, isso é irrelevante.

¹⁰ A Terra deve ter-se formado há cerca de 4,56 mil milhões de anos.

De entre as moléculas que havia na Terra antes do aparecimento da vida (há 3 ou 4 mil milhões de anos) estavam provavelmente a água, o dióxido de carbono, o metano e o amoníaco. Os químicos têm tentado imitar essas condições, colocando essas substâncias num balão e aplicando-lhes uma fonte de energia (luz ultravioleta ou descarga eléctrica — uma simulação de descargas atmosféricas). Passadas algumas semanas encontram no balão moléculas mais complexas do que as originais: aminoácidos, (blocos da construção de proteínas), purinas e pirimidinas (blocos da construção do ADN¹¹).

Em dado momento formou-se, por causas ainda obscuras, uma molécula capaz de criar cópias de si mesma: um "replicador", que actuava como modelo, no caldo rico nos blocos moleculares necessários à formação de cópias.

Surgiram entretanto vários replicadores que competiam entre si pelos tais blocos. As variedades menos favorecidas ter-se-ão extinguido. As que sobreviveram construíram "dispositivos de sobrevivência" dentro das quais pudessem viver¹².

Actualmente os replicadores são os genes e os "dispositivos de sobrevivência" somos nós!

O gene é uma "entidade molecular" de extraordinária estabilidade — só assim se justifica a sua sobrevivência. Essa estabilidade de moléculas e agregados só se pode explicar, pela ligação química e pelas interacções intermoleculares. Um bom exemplo é o ADN, que é formado por 2 hélices enroladas uma sobre a outra. A teoria que explica a ligação química e estabilidade das moléculas é a teoria QUÂNTICA.

A descoberta da síntese da ureia em 1828 por Friedrich Woehler, a partir do cianato de amónio (sal inorgânico) deitou abaixo a teoria de que os compostos orgânicos só poderiam ser sintetizados pelos organismos vivos (teoria da força vital).

Em 1922 o cientista russo Oparin sugeriu que a vida da célula foi precedida de um período de evolução química.

Em 1953, Stanley Miller, na Universidade de Chicago, então com 23 anos, realizou uma experiência que ficou célebre¹³:

Colocou num reator (balão), uma mistura de amónia, hidrogénio e vapor de água (a que se chamou depois, a sopa primitiva). Queria assim simular a atmosfera primitiva. Depois de selar o reator, provocou sucessivas descargas eléctricas no seu interior. Duas semanas depois, e muitas descargas, o líquido começou a mudar de cor. Quando o analisou encontrou pelo menos dois aminoácidos: a alanina e a glicina. As interacções entre estas moléculas poderiam levar à formação de moléculas mais complexas. A formação de ácidos nucleicos poderia ser um indício de vida pré-celular. De facto, em experiências posteriores (com outros reagentes inorgânicos simples) foram detectados ácidos nucleicos. A adenina poderia ser obtida a partir da polimerização de cianeto (que se poderia facilmente formar numa atmosfera primitiva). A adenina e outras bases poderiam, na presença de ácidos nucleicos, auto-organizar-se e formar hélices. Eventualmente, estes elementos pré-celulares poderiam ser envolvidos por uma membrana (lípidos-proteína) dando origem a células primitivas.

É possível criar um ser vivo artificial a partir de matéria inorgânica?

A experiência de Miller levou à ideia de criar vida artificial. Tem havido muitas tentativas. David W. Deamer, por exemplo, da Universidade da Califórnia, Santa Cruz, lançou a ideia de criar uma "protocélula" (célula primitiva) há cerca de 30 anos.

¹¹ Ácido desoxirribonucleico

¹² Richard Dawkins, O Gene Egoísta, Gradiva, 3ª edição, 2003

¹³ Science 1953; 117: 528-529

Segundo ele, a protocélula deveria satisfazer 12 requisitos, nomeadamente, ter uma membrana que capta energia, manter gradientes de concentração de iões, confinar macromoléculas e dividir-se. As macromoléculas devem poder crescer por polimerização, evoluir, armazenar informação, ter a possibilidade de sofrer mutações, promover o crescimento de polímeros catalíticos. Vários laboratórios já conseguiram alguns destes requisitos, mas ainda faltam dois: i) a célula deve conter genes e enzimas que podem ser replicados e ii) esses genes devem ser partilhados entre as células filhas. David W. Deamer espera que, brevemente, seja possível atingir estes objectivos, talvez através de uma enzima que se duplique, e actue simultaneamente como material genético e catalisador.

Albert Libchaber, da Universidade Rockefeller, em Nova York, sintetizou um plasmódio (célula com vários núcleos, formada através da divisão de um núcleo inicial) que gera proteínas e as coloca em sacos de membranas.

Estas células (que funcionam) sobrevivem por alguns dias, mas não conseguiu que se reproduzissem.

Em Junho de 2007 apareceu nos media (e. g., BBC News) uma notícia que surpreendeu muito gente¹⁴: um grupo de cientistas submeteu um pedido de patente para um método de criar um "organismo sintético". O pedido de patente, do Instituto J. Craig Venter, reclama propriedade exclusiva de um conjunto de genes e de um organismo sintético vivo, que pode crescer e replicar-se, feito a partir desses genes.

Mais recentemente a equipa de Craig Venter publicou um relato de mais um passo no processo de criação de vida artificial, criando, em laboratório, o primeiro genoma sintético de uma bactéria, um passo considerado crucial para a criação de uma forma de vida artificial.

O termo "**BIOLOGIA SINTÉTICA**" apareceu pela primeira vez no título de um artigo na revista NATURE em 1913, mas desapareceu até 1980, altura em que é aplicado no mesmo sentido que a tecnologia do ADN recombinante. Hoje em dia, o termo é usado para descrever a engenharia de circuitos genéticos, genomas e mesmo organismos.

A definição de biologia sintética é ilusiva, com o que é a definição de "vida". Há ainda muitas questões fundamentais a resolver.

A vida parece ser comportamento ordenado da matéria, não baseado na tendência para passar da ordem à desordem (segunda lei da termodinâmica), mas sim na ordem existente, que se perpetua, ou mesmo na passagem da desordem à ordem (por *self-assembly* ou auto-organização).

Os cientistas estão em vias de demonstrar, de uma forma simples e clara, que uma célula viva é um sistema complexo mas que pode ser feito a partir dos seus constituintes.

O que é Auto-organização?

Alguns dos processos essenciais à vida são processos de auto-organização e/ou de *self-assembly*. Os dois termos são por vezes usados como sinónimos mas, penso que é possível distinguir entre os dois.

A auto-organização é um processo no qual a ordem de um sistema aumenta, correspondendo a uma diminuição de entropia, a custo de uma dissipação de energia, que permite manter uma certa estrutura. Atingido um patamar de complexidade, os sistemas podem sofrer transições para fases mais estáveis. O termo auto-organização refere-se a um processo no qual a organização interna de um sistema, normalmente

¹⁴ <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6733797.stm>

um sistema afastado do equilíbrio, aumenta automaticamente sem intervenção de uma fonte exterior.

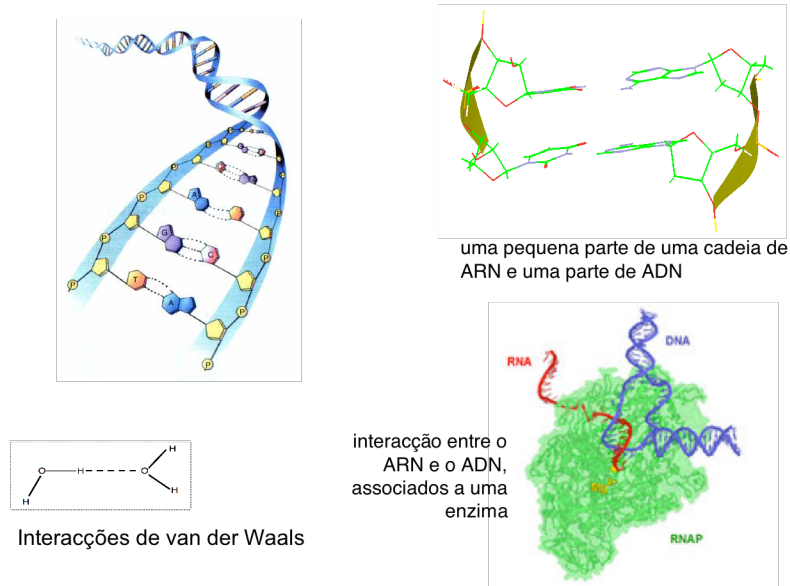
O termo self-assembly (que talvez possa traduzir-se por auto-agregação) é usado em química para descrever processos de associação espontânea de moléculas e/ou átomos, em condições de equilíbrio, de modo a formar agregados estruturalmente bem definidos, ligados por ligações não-covalentes.

As interacções intermoleculares responsáveis pela auto-agregação actuam a um nível estritamente local, naturalmente sem violação da segunda lei da termodinâmica, implicando um compromisso entre a entalpia e a entropia de modo a garantir a evolução para estados de equilíbrio, necessariamente correspondentes a mínimos da energia de Gibbs.. As interacções são do tipo de van der Waals, interacções entre orbitais do tipo π ou ligações de hidrogénio, portanto interacções fracas, quando comparadas com as ligações químicas covalentes.

A estabilidade termodinâmica e o facto de as interacções serem fracas implicam, em geral, uma grande sensibilidade a perturbações provocadas pelo meio ambiente. Pequenas variações dos parâmetros termodinâmicos podem provocar mudanças na estrutura ou mesmo comprometê-la, sendo a natureza das interacções responsável pela flexibilidade da arquitectura molecular, apresentando também *reversibilidade*.

São estas condições que permitem a formação das estruturas secundárias e terciárias das moléculas da vida, como o ADN, o ARN e as proteínas.

Auto-organização e auto-agregação (self-assembly)



Claro que destas arquitecturas e de outras mais complexas que os bioquímicos e biólogos conhecem bem, e que se podem compreender, até às células e aos seres vivos, há muito terreno a desbravar.

Os sistemas auto-organizados apresentam muitas vezes propriedades EMERGENTES.

O conceito de *emergência* surge associado à complexidade. Já Aristoteles, há mais de 2000 anos, escrevia na *Metafísica*, que "o todo é algo de diferente e acima das suas partes, e não apenas a soma de todas elas"¹⁵. Foi no entanto no século XIX que essa ideia surgiu entre os biólogos para explicar como alguns aspectos dos seres vivos são estáveis e reprodutíveis, enquanto que as leis microscópicas da química donde descendem são aleatórias e probabilísticas.

Os especialistas consideram que os fenómenos emergentes são governados por regras de selecção, que

¹⁵ Aristoteles, *Metafísica*, Livro H, 1045:8-10

controlam o modo como os agentes interactivam uns com os outros. Essas regras são muitas vezes expressas em modelos matemáticos. É curioso como um pequeno conjunto de regras simples pode gerar comportamentos de grande complexidade.

Alguns sistemas vivos têm ciclos de retroacção (feedback), que constituem regras de selecção. Esse mecanismo leva um organismo a adaptar-se às condições ambientais em mudança. Por exemplo, quando, num dado organismo, uma enzima produz uma dada substância necessária ao organismo em quantidade suficiente, um ciclo de feedback gera uma segunda enzima que pára a reacção. Quando é necessária mais substância a segunda enzima deixa de ser gerada. A primeira enzima é reactivada e o ciclo repete-se.

Um sistema com um conjunto fixo de regras de selecção é um *sistema directamente adaptativo*. Um exemplo de uma regra desse tipo é um termostato regulador da temperatura num sistema de ar condicionado. Um aspecto importante é que as regras de selecção devem ser simples e não mudar.

Em certos sistemas adaptativos as regras podem evoluir, por um processo de aprendizagem. É o caso do nosso sistema imunológico.

Qualquer definição de vida implica *adaptação complexa*.

A vida é o caso de emergência mais extremo!

Uma simulação (computacional) interessante de como um sistema biológico governado por regras simples, pode evoluir, foi realizada por Daniel E. Nilsson e Suzanne Pelger, usando apenas duas regras de selecção. Começando com um *olho* primitivo plano formado por três camadas, semelhante a organismos multicelulares simples, o programa aplica uma variação de mais ou menos 1% na curvatura da abertura. Por adaptações sucessivas, seleccionando as que melhoravam a acuidade visual, em cerca de 1000 passos formou-se uma pequena abertura no *olho plano* e adquiriu uma certa curvatura. Quando o programa fez variar o índice de refacção da camada superior transparente, seleccionando as adaptações com maior sucesso, formou-se uma lente, e um *olho* quase ideal *emergiu*. Usam-se as regras de selecção e deixa-se correr o programa.

Qual a base química do pensamento e da memória?

O cérebro humano é considerado um dos sistemas mais complexos, e a o seu funcionamento constitui um dos maiores desafios à ciência moderna.

Naturalmente que não tenho competência para falar do cérebro, para além de referir a sua extraordinária complexidade.

As outras grandes questões que se colocam à química afiguram-se simples quando comparadas com estas.

E é claro que não será só a química que irá dar todas as respostas. São temas multidisciplinares, que irão requerer muitos meios e muitas equipas de muitas especialidades.

E A MECÂNICA QUÂNTICA? MANIFESTAÇÕES QUÂNTICAS MACROSCÓPICAS

Gostaria de falar agora em alguns aspectos da ciência contemporânea, onde se põem ainda questões de natureza muito fundamental e que, a meu ver não estão completamente resolvidas. A possibilidade de fazer experiências com um só fóton, com um só electrão ou com uma só molécula abrem novas perspectivas para investigar certos aspectos menos compreendidos da mecânica quântica.

A teoria quântica é a teoria mais exacta da história da ciência.

Mas, apesar disso e do facto que a hipótese dos quanta, já tem mais de cem anos, a teoria quântica continua a ser uma teoria tabu, considerada muito estranha por quase toda a gente e, em particular, pelos alunos que pela

primeira vez têm contacto com ela. No entanto, sendo a teoria do microscosmos, ela é o suporte de todo um conjunto de tecnologias que vão dos semicondutores à criptografia quântica, sendo também o fundamento teórico da química moderna.

A teoria quântica explica o quadro periódico dos elementos e a razão pela qual as reacções químicas acontecem. Dá previsões exactas sobre a operação dos lasers e microchips e explica a estabilidade do ADN. Muitos cientistas, em particular químicos e biólogos, usam software nela baseado para prever a forma, as propriedades e a reactividade de moléculas, muitas vezes sem ter uma noção da teoria subjacente. Usam programas computacionais como quem usa um telemóvel. No fundo, como um objecto de magia.

Para o cidadão comum, a teoria quântica é algo de misterioso. Os seus conceitos têm sido comparados à filosofia oriental e usados para explorar os segredos da consciência, do livre arbítrio e do paranormal. Cita-se o princípio de incerteza de Heisenberg, como o arauto do fim do determinismo. Os pós-modernistas rejubilam pela subjectividade da realidade física. O adjetivo *quântico* torna-se sinónimo de *poder mágico*, como por exemplo, na chamada *medicina quântica*¹⁶. Um livro sobre química quântica que publiquei foi recomendado numa clínica de transexuais no Brasil¹⁷; felizmente estava bem acompanhado pois outro dos livros recomendados era um livro de Prigogine.

A mecânica quântica é, de facto, uma teoria não intuitiva, difícil de explicar e de entender sem recorrer ao formalismo matemático, prestando-se a várias interpretações diferentes. A interpretação mais comum é a interpretação da escola de Copenhaga, devida aos seguidores de Bhor. Desde início posta em causa por Einstein e pelo próprio Schrödinger, acabou por prevalecer.

Que problemas tem ainda a mecânica quântica?

Um dos problemas consiste em pretender usar indevidamente a teoria quântica no seu formalismo mais elementar, apenas aplicável a sistemas isolados e como um todo. Os sistemas reais, como, átomos ou moléculas, são sistemas de muitas partículas, cuja individualidade é questionável. Os electrões num átomo ou numa molécula não são *partículas individuais identificáveis*. O seu comportamento é talvez melhor descrito como ondas que interferem umas com as outras.

O problema da dualidade onda-partícula está mal colocado! Einstein tinha razão ao dizer que era um disparate considerar duas descrições, um de onda e outra de partícula, para uma única realidade. A de partícula nitidamente não serve, pois há muitos fenómenos que contradizem essa hipótese.

É certo que actualmente se podem ter interpretações da teoria quântica logicamente aceitáveis, baseadas na descoberta e aceitação que ocorreu no período de 1975 a 1982, do efeito de *descoerência*, que é responsável por destruir as sobreposições lineares, típicas dos sistemas quânticos, e que se perdem nos sistemas macroscópicos, que assim apresentam comportamento clássico.

Há algum tempo, a physicsworld.com¹⁸ inquiriu junto dos seus leitores, sobre qual seria a experiência de física mais bonita (most beautiful). Ganhou a experiência de difracção de electrões. Na minha opinião há uma mais bonita, ou, pelo menos, mais intrigante: a experiência de Aspect.

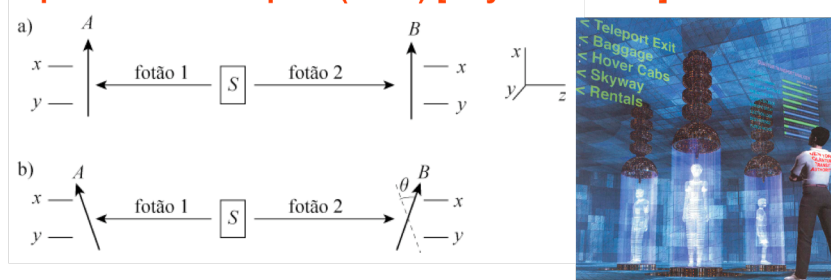
¹⁶ Basta fazer uma busca no Google para encontrar vários sites, até em Portugal. por ex.: <http://www.quanticated.com/>, O seguinte é um site que denuncia essa fraude: <http://www.barrettdorko.com/articles/quantum.htm>

¹⁷ <http://www.gendercare.com/Brasil/clinicP.html> creio que já não menciono o meu livro, uma vez que não respondi a um pedido de autorização para o disponibilizar gratis na internet.

¹⁸ <http://physicsworld.com/cws/article/print/9745>;

ver também: <http://physicsworld.com/cws/search?section=&query=The+most+beautiful+experiment>;

Experiência de Aspect (1982) [Phys.Rev.Lett.]



um par de fótons é gerado numa fonte S , saindo cada uma para seu lado, em direcção aos analisadores A e B .

Probabilidade de serem detectados com a mesma polarização:

$$\text{Prob} = \cos^2\theta$$

Acção fantasma a distância (Einstein)?

Interacção vudu?

Percepção extrassensorial?

Os físicos dizem que os fótons estão entrelaçados!

Na experiência realizada em 1982 por Alain Aspect¹⁹, (Figura 1.a), dois fótons com polarização idêntica [i] eram produzidos numa fonte S , por desexcitação de um átomo de cálcio, e enviados em direcções opostas, para os analisadores A e B , cuja orientação era escolhida ao acaso, após a partida dos fótons da fonte e da sua a separação. A polarização dos fótons era então medida independentemente em cada um dos analisadores, colocados a cerca de 12 m um do outro. Os resultados da experiência mostraram que os fótons apresentavam a mesma polarização nos dois analisadores, sempre que estes ficavam orientados paralelamente um ao outro.

Note-se que isso acontece, mesmo que os polarizadores sejam rodados aleatoriamente para novas orientações depois da separação dos fótons. Como é que um fóton sabe a polarização que foi medida no outro, e que, pode até ter sido alterada após a separação, se não comunicar com ele? Mas os resultados da experiência têm ainda mais surpresas. Se os analisadores forem rodados aleatoriamente e independentemente um do outro, mesmo depois da separação dos fótons, a probabilidade de serem detectados com a mesma polarização é proporcional ao $\cos^2 \theta$, (Figura 3B.1. b) sendo θ o ângulo entre as orientações dos analisadores.

Desta e de outras experiências idênticas pode concluir-se que, em certo sentido, objectos (e.g., fótons), que provêm de uma origem comum, permanecem em contacto através do espaço e do tempo. No entanto, embora este fenómeno seja a base da teleportação quântica, isso não implica a possibilidade prática de comunicação a velocidade superior à da luz²⁰. Existem já aplicações tecnológicas potenciais e algumas já realizadas, que utilizam este comportamento das partículas, como a *criptografia quântica*, a *computação quântica* e o *teleportação* (a teleportação de *Star Trek*).

As contas são fáceis de fazer e de perceber, desde que se conheça minimamente o formalismo.

O difícil, pelo menos para mim, é acreditar nestes resultados!

Muitas experiências deste género têm sido feitas, as quais confirmam a validade da teoria.

Os únicos exemplos populares de acção instantânea a distância, que me vêm à cabeça, são a *interacção voodoo* e talvez a percepção extra-sensorial.

¹⁹ Aspect, A., Grangier, P. & Roger, G., *Phys. Rev. Lett.* 49, 91 (1982).

²⁰ A. Aspect, *Nature*, vol. 398 (1999) 189

Os físicos quânticos diriam que os fótons estão entrelaçados.

O **entrelaçamento quântico** é difícil de acreditar porque o **FENÓMENO EMERGENTE**, que nos permite controlá-lo, e que é a **DESCOERÊNCIA**, é difícil de observar.

É claro que a mecânica quântica tem a forma que tem por razões históricas. Foi assim que foi sendo criada, ao longo das três primeiras décadas do século XX. Certamente que a evolução poderia ter sido diferente, provavelmente chegando a conclusões coerentes com as actuais.

Quando foi descoberta a supercondutividade em 1911, por Kamerling Onnes²¹ ninguém fazia a mínima ideia de que tipo de fenómeno se tratava, e portanto ninguém iria descobrir que se tratava de uma manifestação macroscópica de um efeito quântico. Se tivesse sido medido, por exemplo, o fluxo magnético gerado num anel de material supercondutor por onde se fizesse passar uma corrente eléctrica, que persiste, mesmo quando se deixa de aplicar uma tensão, poderíamos observar que o fluxo magnético era quantizado.

O **entrelaçamento quântico** é difícil de acreditar porque o **fenómeno emergente**, que nos permite controlá-lo, e que é a **descoerência**, é difícil de observar.



Robert Laughlin
1998 Nobel Prize in physics for his explanation of the fractional quantum Hall effect.

Todos sabemos que as sociedades humanas se organizam.
Mas também é verdade que a natureza se organiza, e que os princípios pelos quais o faz é o principal tema da ciência moderna

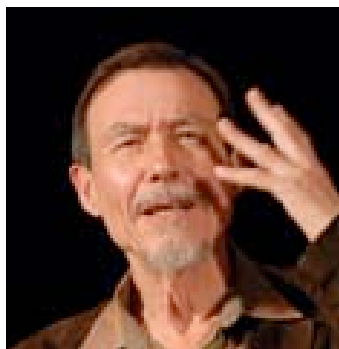
Robert Laughlin, prémio Nobel de Física de 1998, juntamente com Horst Störmer e Daniel Tsui por terem descoberto e explicado o efeito de Hall quântico fraccionário, defende que algumas das questões da mecânica quântica, difíceis de entender decorrem da natureza **EMERGENTE** das medidas feitas sobre os sistemas de muitas componentes microscópicas *configuracionalmente entrelaçadas*. O entrelaçamento (entanglement) é um fenómeno não intuitivo de difícil compreensão. Robert Laughlin compara-o ao processo de cálculo do IRS. Para chegar ao resultado final é preciso fazer um grande número de cálculos de valores interdependentes, difíceis de acompanhar e verificar.

Robert Laughlin não é o único a defender uma perspectiva diferente da actual para a mecânica quântica. Carver Mead, professor emeritus de Engenharia e Ciência Aplicada no Caltec, é ainda mais radical no seu

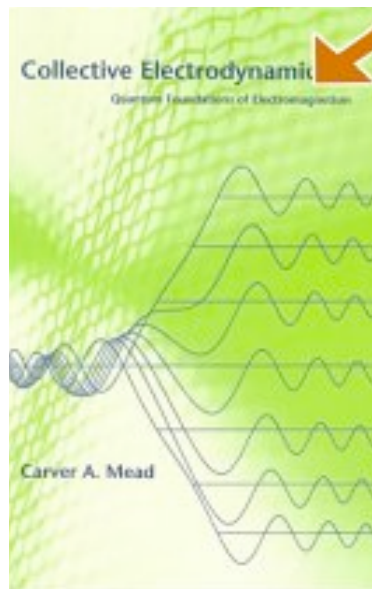
²¹ Superconductivity was discovered in 1911 by Heike Kamerlingh Onnes, who was studying the resistance of solid mercury at cryogenic temperatures using the recently-discovered liquid helium as a refrigerant. At the temperature of 4.2 K, he observed that the resistance abruptly disappeared. In subsequent decades, superconductivity was found in several other materials. In 1913, lead was found to superconduct at 7 K, and in 1941 niobium nitride was found to superconduct at 16 K.

livro "Collective Electrodynamics"²². Motivado pela ideia da simplificação e unificação do conhecimento, parte da natureza quântica da matéria para deduzir as leis da electrodinâmica, baseando-se em resultados experimentais que mostram como os electrões interactivam. Carver Mead considera que é possível reformular os conceitos da mecânica quântica de um modo claro e compreensivo, a partir dos resultados de experiências relativamente simples.

As experiências de que Carver Mead fala são as mesmas que Robert Laughlin considera como geradoras dos conceitos mais fundamentais da mecânica quântica. São as manifestações quânticas macroscópicas que têm nitidamente carácter emergente.



Carver Mead



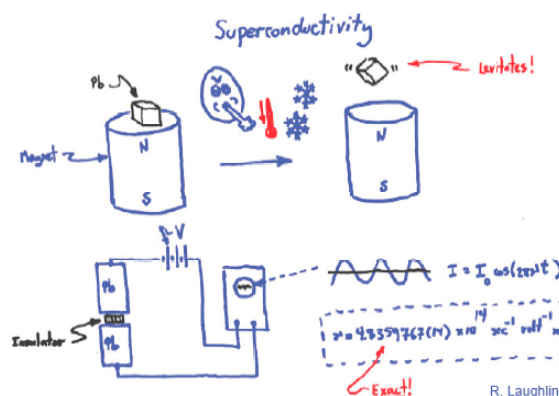
A percepção correcta da realidade física difere de outras percepções erradas na medida em que se torna mais clara à medida que a precisão das medidas aumenta. Através da precisão expõe-se a falsidade. O que exactamente se mede, como funciona o aparelho, como se analisam os erros, quais os factores incontroláveis que determinam o limite da reprodutibilidade, têm mais importância do que o conceito subjacente. A boa ciência tem de ser fundamentada em boas experiências. Assim, por exemplo, quando se fala de quantidades ou constantes universais devem realmente referir-se as experiências que as medem com maior precisão.

Um conjunto de experiências de elevada precisão tem na ciência um grande significado. Há uma ou duas dezenas de experiências desse tipo, dependendo de como se contam, e são todas veneradas²³. A maior parte dessas experiências só são conhecidas dos especialistas. Os valores das constantes universais actualmente recomendados são baseados nessas experiências.

O quantum de fluxo, $\Phi_0 = h/2e$, pode ser medido com grande precisão pelo efeito de Josephson.

²² Carver Mead, "Collective Electrodynamics", The MIT Press (2002)

²³ <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>



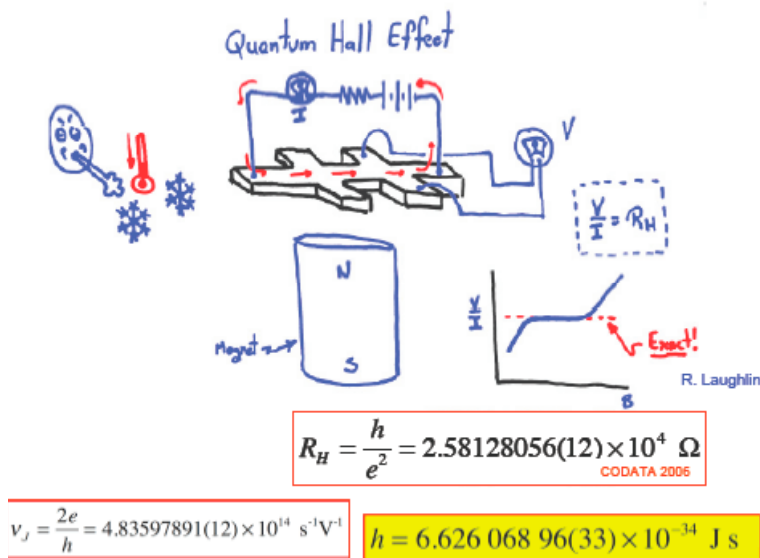
A constante de Josephson (inverso do quantum de fluxo) relaciona a carga elementar com a constante de Planck, e pode ser medida com a precisão de 1 em 10^8 . O seu valor é independente de do tamanho, da forma ou composição do anel.

$$\nu_J = \frac{2e}{h} = 4.83597891(12) \times 10^{14} \text{ s}^{-1} \text{ V}^{-1}$$

CODATA 2006

CODATA = Committee on Data for Science and Technology

A constante de Josephson (inverso do quantum de fluxo) relaciona a carga elementar com a constante de Planck, e pode ser medida com a precisão de 1 em 10^8 . O seu valor é independente de do tamanho, da forma ou composição do anel, desde que seja de material supercondutor (do tipo II) e esteja abaixo da temperatura crítica.



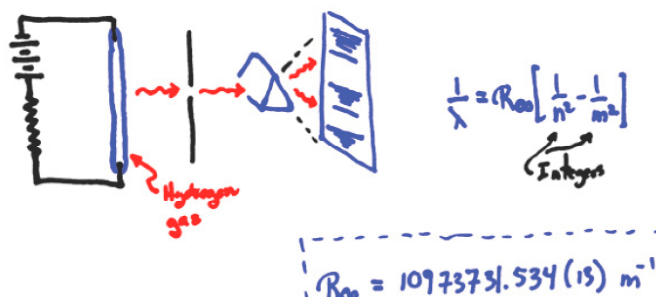
Quando combinada com a medição da constante de von Klitzing, $R_K = h/e^2$, dá os valores mais precisos até hoje, da constante de Planck.

Isto é notável, uma vez que a constnte de Planck está geralmente associada ao comportamento dos ssistemas microscópico, enquanto que o fluxo magnético num supercondutor e o efeito de Hall quântico são ambos fenómenos colectivos associados a grande número de partículas.

Outras grandezas igualmente fundamentais podem também ser determindas a partir de experiências simples. A constante de Ridberg, que caracteriza a quantização dos comprimentos de onda emitidos pelos gases atômicos rarefeitos, e que são a base dos relógios atômicos, conhecida com uma precisão de 1 em 10^{14}

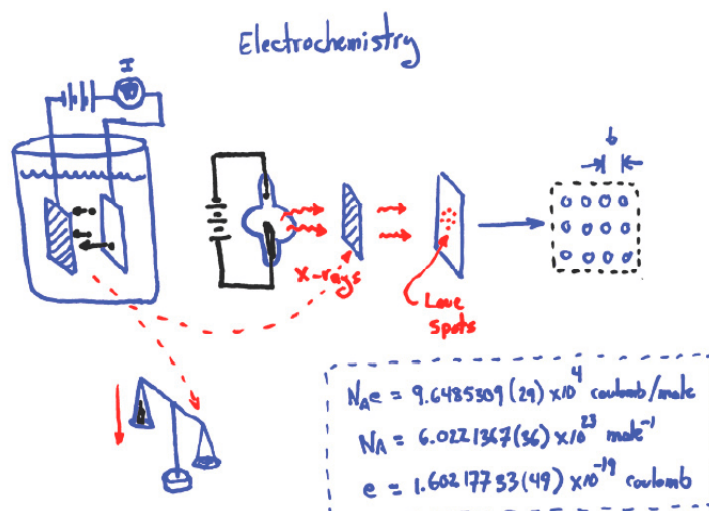
$R \Rightarrow$ constante de Rydberg : precisão 1 em 10^{14} $R = 10\,973\,731.568\,527(73)\,\text{m}^{-1}$ ^{24,25}

"Fundamental" Exactness



A carga elementar pode ser determinada com uma experiência de electroquímica:

Electroquímica: $e = 1.602\,176\,487(40) \times 10^{-19}\,\text{C}$



Estes valores mostram que se podem medir as *grandezas básicas* que descrevem a realidade física com uma precisão enorme, sem lidar directamente com elas. Isto é decepcionante para muitos físicos. No caso, por exemplo, da constante de von Klitzing, as amostras usadas para fazer as medições, nem precisam ser de extraordinária pureza. Na altura da descoberta, ninguém tinha uma explicação. O efeito de Hall quântico é um exemplo magnífico da perfeição que *emerge* da imperfeição. Para Robert Laughlin, esta descoberta marca o fim da era do reducionismo e o começo da era da *emergência*.

O conhecimento exacto só é possível porque a natureza se auto-organiza segundo certos princípios.

Se é assim, pergunto-me eu se não seria sensato procurar partir destes fenómenos relativamente fáceis de compreender para edificar a teoria quântica, que levanta tantos problemas de compreensão e de interpretação,

²⁴ Os números entre parêntesis são a incerteza

²⁵ Rydberg formula, in 1888, which is used to predict the wavelengths of photons (of light and other electromagnetic radiation) emitted by changes in the energy level of an electron in an atom.

embora o seu edifício formal seja extremamente robusto e coerente.

Como diria Heisenberg, "se um átomo não pode ser visto, então não é um conceito com **significado**".

Aliás, **o conceito de determinismo é talvez um mito**. Pelo menos, parece ser uma das ideias defendidas por Ilya Prigogine²⁶. Passo a citar: "A base da visão da física clássica era a convicção de que o futuro é determinado pelo presente, que uma análise cuidadosa do presente permite prever o futuro. No entanto, nunca isso foi mais do que uma possibilidade teórica. Contudo, em certo sentido, esta ilimitada predictibilidade era um elemento essencial à imagem científica do mundo físico. Podemos até chamá-la o mito fundador da ciência clássica.

Mas, sem alguma espécie de determinismo, talvez o universo não fizesse sentido e muito menos nós próprios. Igualmente poderosa é a lógica, descendente directa do determinismo. É com base nessas convicções que somos capazes de fazer previsões.

Robert Laughlin diz que não chegámos ao fim da ciência, mas sim ao fim do pensamento reducionista.

Não chegámos ao fim da ciência, mas sim ao fim do pensamento reducionista.
Robert M. Laughlin

Eu sou um reducionista ferrenho. Mesmo na supercondutividade, que reconheço como fenómeno cooperativo, penso sempre nos electrões individuais, ou melhor dizendo nos pares de Cooper, e é a partir daí que construo o estado cooperativo.

No entanto, rendo-me à evidência em casos, como o da vida e da consciência, e naturalmente também, no caso das artes, como na música e na pintura.

Em casos como Vieira da Silva a emergência está associada a composições provavelmente fractais.

²⁶ Ilya Prigogine, *From Being to Becoming: Time and complexity in the Physical Sciences*; Freeman, S. Francisco, 1980.



Há um episódio curioso que ocorreu com quadros de Jackson Pollock, a maior parte dos quais também parece ter motivos fractais.

A certa altura apareceram vários quadros pretensamente de Jackson Pollock, mas de origem duvidosa. A Fundação Pollock-Krasner, (dos herdeiros de Pollock) procurou meios para descobrir a autenticidade desses quadros, tendo finalmente recorrido ao físico Richard Taylor, actualmente na Universidade de Oregon. Taylor analisou 14 Pollocks autênticos, 37 imitações e 46 de origem desconhecida. Procurou descobrir se as pinturas tinham motivos fractais, e descobriu, que, de facto, esse tipo de composição existia nos quadros autênticos, mas não nas imitações.

Há duas razões para suspeitar que as pinturas de Pollock podem ter composição fractal.

Ao mover-se à volta da tela, estendida no chão, o artista deixa a tinta voar de todos os ângulos, usando todo o seu corpo.

Sabe-se que os movimentos do corpo humano têm propriedades fractais, quando as pessoas retomam o equilíbrio, e os filmes de Pollock parecem mostrar que ele pintava num estado de *desequilíbrio controlado*.

Em segundo lugar, o derramar e o pingar da tinta, podem ser processos *caóticos*.

Diria que esta investigação sobre os quadros de Pollock, vem dar razão a Ross Ashby, o psiquiatra, neurocientista e matemático britânico, que nos anos 1960, escreveu sobre os princípios da auto-organização, **repudiando a ideia** de que qualquer sistema possa, por si só, auto-organizar-se. Segundo Ashby, a auto-organização de um conjunto de coisas implica, não apenas que haja interacções ou comunicabilidade entre elas, mas também algum outro *input*, mesmo que seja sob a forma de regras, ou constrangimentos a essas interacções que têm de ser poucas e estáveis.

As tintas de Jackson Pollock não se auto-organizaram por si, dando a estrutura emergente que nós admiramos. Foi preciso o input do génio de Jackson Pollock.

Outros exemplos de pinturas com motivos possivelmente fractais são algumas das composições do último dos surrealistas portugueses, Mário Cesarini de Vasconcelos, que também as realizou derramando "aleatoriamente" as tintas sobre as telas.



Figuras de sopra, 1947
Óleo, tinta-da-china e verniz industrial sobre platex
37,5 x 24,5 cm

Mário Césariny de Vasconcelos



exemplo que dedico ao meu mais antigo amigo nesta sala.
