

A Física Moderna

Carlos Antonio Fragoso Guimarães

Uma Nova Visão de Mundo

Com os trabalhos de Michael Faraday e James Clerk Maxwell, no século XIX, sobre o electromagnetismo, a até então sólida concepção científica mecanicista sofre um primeiro grande abalo: era possível que existisse uma forma de realidade independente da matéria redutível a componentes básicos - o campo electromagnético. O conceito de campo é um conceito subtil. O campo não pode ser decomposto em unidades fundamentais. Mas foi só com a descoberta dos quanta de energia, por Max Planck, em 1900, que a visão de mundo, em Física, começou a se transformar radicalmente. E Albert Einstein, em 1905, ao publicar sua Teoria Especial da Relatividade - mais tarde ampliada na Teoria Geral da Relatividade -, promoveu uma ruptura conceitual revolucionária entre a nova realidade de um novo universo curvo e inserido num contínuum espaço-temporal e os conceitos mais básicos da física newtoniana, como, por exemplo, o do espaço euclidiano rígido, independente de um tempo universalmente linear, e de uma matéria inerte constituída de minúsculas bolinhas indestrutíveis, os átomos. Hoje sabemos que a medida do tempo varia conforme a velocidade com que se deslocam diferentes observadores, em diferentes referenciais, que o espaço é curvado pela presença de matéria, que matéria e energia são equivalentes, etc. Nasceu assim, junto com o século XX, a chamada Física Moderna.

O trabalho de Einstein possibilitou uma nova mentalidade para o estudo dos fenómenos atómicos. Assim, os anos 20 estabeleceriam uma nova compreensão da estrutura da matéria. Com o desenvolvimento da Mecânica Quântica, através dos trabalhos de Niels Bohr, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Erwin Schrödinger e outros, descobrimos uma estranha propriedade quântica: os elementos atómicos, a luz e outras formas electromagnéticas têm um comportamento dual - ora se comportam como se fossem constituídos por partículas, ou seja, por elementos de massa confinada a um volume bem definido numa região específica do espaço, ora agem como se fossem ondas que se expandem em todas as direcções. E, ainda mais estranho, a natureza do comportamento observado era estabelecida pela expectativa expressa no experimento a que estavam sujeitos: onde se esperava encontrar partículas, lá estavam elas, da mesma forma como ocorria onde se esperava encontrar a onda. Era como se o esperado se reflectisse na experiência. Como se poderia conciliar o fato de que uma coisa podia ser duas ao mesmo tempo, e como manter a objectividade se o tipo de experimento, e consequentemente a expectativa do esperado, pareciam determinar um ou outro comportamento experimental? A solução foi dada por Niels Bohr ao elaborar o *princípio da complementaridade*. Ele estabelece que, embora mutuamente excludentes *num dado instante*, os dois comportamentos são igualmente necessários para a compreensão e a descrição dos fenómenos atómicos. O *paradoxo é necessário*. Ele aceita a discrepância lógica entre os dois aspectos extremos, mas igualmente complementares para uma descrição exhaustiva de um fenómeno. No domínio do *quantum* não se pode ter uma objectividade completa... Ruiu, assim, mais um pilar newtoniano-cartesiano, o mais básico, talvez: *não se pode mais crer num universo determinístico, mecânico, no sentido clássico do termo*. A nível

subatômico não podemos afirmar que exista matéria em lugares definidos do espaço, mas que existem "*tendências a existir*", e os eventos têm "*tendências a ocorrer*". É este o *Princípio da Incerteza* de Heisenberg. Tais *tendências* possuem propriedades estatísticas cuja fórmula matemática é similar à fórmula de ondas. É assim que as partículas são, ao mesmo tempo, ondas. A Física deixa de ser determinística para se tornar probabilística, e o mundo de sólidos objectos materiais, que se pensava bem definido, se esfumaça num complexo modelo de ondas de probabilidade. Cai o determinismo em Física. As "partículas" não têm mais significado como objectos isolados no espaço; elas só fazem sentido se forem consideradas como interconexões dinâmicas de uma rede subtil de energia entre um experimento e outro (Capra, 1982, 1986; Grof, 1988; Heisenberg, 1981). Ficou demonstrada que a certeza num universo determinístico era fruto do desejo humano de controlo e previsibilidade sobre a natureza, e não uma característica intrínseca da mesma. A concepção newtoniana era apenas uma formulação lógica sobre a natureza, reflectindo uma ideia pessoal de mundo.

"O mecanicismo, com todas as suas implicações, retirou-se do esquema da ciência. O Universo mecânico, no qual os objectos se empurram, como jogadores numa partida de futebol, revelou-se tão ilusório quanto o antigo universo animista, no qual deuses e deusas empurravam os objectos à sua volta para satisfazer seus caprichos e extravagâncias" - Sir James Jeans

A mais revolucionária descoberta, porém, foi a demonstração experimental do pilar central da Teoria da Relatividade: as partículas materiais podem ser criadas a partir da pura energia e voltar a ser pura energia. A equivalência entre matéria e energia é expressa pela famosa equação $E=mc^2$. As teorias de campo transcenderam definitivamente a distinção clássica entre as partículas e o vácuo. Segundo Einstein, as partículas representam condensações de um campo contínuo presente em todo o espaço. Por isso o universo pode ser encarado como *um teia infinita de eventos correlacionados*, e todas as teorias dos fenómenos naturais passam a ser encaradas como meras criações da mente humana, esquemas conceituais que representam aproximações da realidade., pois, segundo a *interpretação de Compennhagem*, formulada por Bohr e Heisenberg, não há realidade até o momento em que ela é *percebida* pelo observador. Dependendo do ajuste experimental, vários aspectos complementares da realidade se tornaram visíveis. É o facto de se observar que gera os paradoxos! Por isso a realidade é fruto do trabalho mental e ela tenderá a ter os contornos de quem a observa e que escolhe o *quê* e o *como* observar.

Fritjof Capra assim se expressa em relação a esse fenómeno: "A característica principal da teoria quântica é que o observador é imprescindível não só para que as propriedades de um fenómeno atómico sejam observadas, mas também para ocasionar essas propriedades. Minha decisão consciente acerca de como observar, digamos, um electrão, determinará, em certa medida, as propriedades do electrão. Se formulo uma pergunta sobre a partícula, ele me dá uma resposta sobre partícula; se faço uma pergunta sobre a onda, ele me dá resposta sobre onda. O electrão não possui propriedades objectivas independentes da minha mente. Na física atómica não pode ser mais mantida a nítida divisão entre mente e matéria, entre o observador e o observado. Nunca podemos falar da natureza sem, ao mesmo tempo, falarmos de nós mesmos" (Capra, 1986, destaques meus). Eugene Wingner, prémio Nobel de Física, também concorda que "a consciência, inevitável

e inevitavelmente, entra na teoria" (Di Biase, 1994).

"É a mente que vemos reflectida na matéria. A ciência da Física é uma metáfora com a qual o cientista, como o poeta, cria e amplia significado e valor na busca por entendimento e propósito... O que torna a ciência útil para nós e que nos faz apreciá-la - previsibilidade, objectividade, consistência, generalidade - não existe de facto em alguma realidade externa, independente da consciência. É parte de nossa experiência e interpretação do mundo. Vejo a obra monumental de Newton como uma monumental criação mental, um sistema de mundo concebido humanamente, incorporando consistência e ordem causal, que satisfaz a mente humana e a ajuda a aplacar o medo de um universo caótico. Seu trabalho é tanto uma obra de arte como uma obra de ciência. Protestar que a concepção de Newton é validada por inúmeras observações do universo físico não é argumento, pois minha ideia é que a concepção ou teoria e as quantidades são criadas paralelamente para a corroboração mútua (não necessariamente sem conflito e não necessariamente consciente). Além disso, as próprias quantidades se baseiam em uma definição e procedimentos de medida, que são fundamentalmente subjectivos". - Roger Jones

Todos os principais teóricos da Psicologia Transpessoal estão interessados profundamente nas implicações das descobertas e contribuições teóricas da Física moderna, pois elas alargam amplamente nossa concepção de mundo, nela se discutindo fortemente o papel da percepção e da consciência, incluindo-se até mesmo um ambiente mais favorável para a aceitação dos chamados fenômenos psíquicos parapsicológicos (Charon, 1981; Andrade, 1987 LeShan, 1993). E, reciprocamente, físicos de ponta estão interessados nas profundas implicações do movimento Transpessoal e nas similaridades entre a visão de mundo que emerge da Física moderna e o pensamento oriental. David Bohm e outros físicos chegam a declarar que a consciência deverá ser incluída numa teoria abrangente que una a realidade Quântica com a Teoria da Relatividade, numa explicação unificada do universo. O físico brasileiro Mário Schenberg declarou que "a Física e a Psicologia são aspectos diferentes de uma mesma realidade, vista sob ângulos diferentes".

"No conceito moderno da física (...) não existe a possibilidade de uma existência desligada, autónoma". - Alfred North Whitehead

"O homem moderno tem utilizado a relação de causa e efeito do mesmo modo como o homem da antiguidade usava os deuses, isto é, para ordenar o universo. Isto não ocorria apenas porque se tratava do sistema mais verdadeiro, mas porque era o mais conveniente". - Henri Poincaré

"O homem dispõe a si mesmo e constrói essa disposição com o mundo". - Sir Arthur Eddington

"A razão pela qual nosso ego pensante, perceptivo e consciente não se encontra em nenhum lugar, na imagem que temos do mundo, pode ser facilmente explicada em sete palavras: ele PRÓPRIO é a imagem do mundo. Ele é idêntico ao todo e, portanto, não pode estar contido nele" - Erwin Schrödinger

"O ser humano vivencia a si mesmo, seus pensamentos, como algo separado do resto do universo - numa espécie de ilusão de óptica de sua consciência. E essa ilusão é um tipo de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afecto

apenas pelas pessoas mais próximas. Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá atingir completamente este objectivo, mas lutar pela sua realização já é por si só parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior". - Albert Einstein

Capra, Fritjof. O Ponto de Mutação Ed. Cultrix, São Paulo, 1986.

Capra, Fritjof. O Tao da Física Ed. Cultrix, São Paulo, 1985.

Di Biase, Francisco. O Homem Holístico Ed Vozes, Petrópolis, 1995.

Guimarães, Carlos. Percepção e Consciência, Ed Persona, João Pessoa, 1996.

Mundos existentes fora da nossa percepção.

Através da física quântica, nasce uma nova possibilidade de se explicar ocorrências que são injustificáveis para os sentidos humanos.

POSSIBILIDADE DIMENSIONAL – A tentativa de explicar a origem dos discos voadores encontra reforço na suposição de que estas naves vêm de outras dimensões da realidade. A capacidade destes engenhos em aparecer e desaparecer como já foi constantemente reportado, indica uma possibilidade dimensional.

Neste ponto, podemos considerar as especulações do Astrofísico John Archibald Wheeler, da Universidade do Texas, nos EUA. Os argumentos de J.A. Wheeler utilizam razões matemáticas muito abstractas.

Ele introduz um conceito chamado “superespaço”, que possui um número de dimensões muito grande, possivelmente infinitas, onde cada universo é representado por um ponto neste superespaço. Neste contexto, as constantes físicas (velocidade da luz, força da gravidade e outras) deverão de alguma forma, serem diferentes.

Não é possível calcular-se quantos universos haveria com vida, mas é obvio que seriam uma minoria, segundo Wheeler.

Alguns destes universos poderiam ser tão parecidos ao nosso que haverá um outro planeta Terra, uma outra raça humana.

O avanço do conhecimento científico tem favorecido deduções novas, comprováveis.

A teoria da Relatividade de Albert Einstein foi o caminho para uma nova visão do Universo. O estudo da estrutura da matéria, das concepções atômicas e dos campos de energia aumentou nosso conhecimento sobre o funcionamento e mecânica celeste.

TEORIA QUÂNTICA – A teoria Quântica tornou-se uma espécie de fundamento para compreendermos a natureza. Ela fundamenta-se na “dualidade” partícula-onda da matéria.

Num nível fundamental, não se refere à luz comum, em que os físicos de hoje estão habituados a pensar na luz ou como onda contínua ou como uma série de pequenas partículas energéticas denominadas fótons.

Na concepção de que a matéria se comporta como uma colecção de ondas electromagnéticas e que estas ondas electromagnéticas podem diferir em comprimentos de onda e frequência, podem existir outros estados de matéria que não conhecemos.

VISÃO – A visão ocorre devido à adaptação de ondas electromagnéticas que penetram pela retina. Nossos outros sentidos também são variantes de amplitude frequência, como a audição. A visão humana pode captar ondas electromagnéticas nos comprimentos de onda na faixa de 380 a 780 nanómetros (um nanómetro corresponderia a 0,000000001 metros). Abaixo de 380nm temos ultravioleta e acima de 780 nm encontramos infravermelho. Acima e abaixo destes limites nossa retina não detecta nada. Sabemos que as abelhas vêem na faixa ultravioleta.

Tudo o que percebemos através de nossa retina é o resultado do reflexo da luz nos corpos, permitindo-nos enxergá-los. Em relação à audição, captamos sons na faixa entre 20 hz a 20000 hz (1 Hz + Hertz ou ciclo por segundo).

No limite inferior a 20 Hz temos o infra-som e acima de 20000 Hz temos o ultra-som. Como exemplo, determinados animais conseguem detectar o infra-som, exemplo: os ratos; bem como o ultra-som como os morcegos, os cães, etc.

Desta forma, não possuímos sentidos que captam a grande maioria das vibrações da natureza. Da mesma forma, podemos também analisar a constituição da matéria. Segundo Albert Einstein, matéria é energia e energia é matéria.

MATÉRIA É IGUAL A ONDA – Se a matéria pode ser interpretada como uma colecção de ondas electromagnéticas e que estas variam em amplitude e em frequência, concluímos que pode existir a matéria em diversos níveis, e a maioria deles nossos sentidos não podem detectar sensorialmente. Sabemos hoje que existem 4 estados da matéria: sólido, líquido, gasoso e o plasma.

É bem provável que os extraterrestres dominem e utilizem outros estados da matéria para deslocamento nas suas naves; de alguma forma ligada à força gravitacional.

Os discos voadores de alguma forma podem sofrer variações vibratórias de seus átomos atingindo uma condição energética na faixa do infravermelho ou do ultravioleta estando fora da capacidade visual humana. Assim, não os veríamos.

FOTOGRAFIAS REVELAM – É facto confirmado de fotografias tiradas em que curiosamente ao serem reveladas observa-se um disco voador que não era visível no momento. Ora, nós vemos sempre é o reflexo da luz nos corpos que atingem nossa retina.

O infravermelho e o ultravioleta não são captados pelos olhos humanos, mas detectados em emulsões fotográficas que possuem cristais de prata. Assim, um

OVNI pode estar invisível para o nosso campo visível, mas a energia que ele emite pode ser detectada na película fotográfica.

Se notarmos fotos assim são muito comuns indicando a possibilidade de outros campos dimensões formados por outras frequências e comprimentos de onda onde os discos voadores deslocam-se em nosso Universo.

UNIVERSO PENTADIMENSIONAL – Várias hipóteses e teorias surgiram indicando que vivemos em um mundo multidimensional. O matemático Dr. David Hilbert, nascido na Alemanha, em 1862 postulou sobre o que foi denominado “O Espaço Hilbert” onde oferecia uma descrição matemática de universos e de realidades múltiplas. O Químico e Matemático Dr. John Von Neumann trabalhou em suas “Equações do Tempo” – intrincados meios matemáticos para desenvolver um sistema d o tempo e sua ligação com universo. Segundo o Dr. Neumann: “Não vivemos num universo tridimensional, mas sim de cinco dimensões”.

Em 1931, o matemático russo Dr. P. D. Ouspensky publicou um livro o “Tertium Organum – Um novo modelo do Universo”, no qual afirma a mesma coisa: vivemos em um universo de cinco dimensões.

As experiências com o tempo culminam em 12 de Agosto de 1943, na chamada “Experiência Filadélfia”. A Marinha Norte-Americana desencadeou uma experiência militar na qual tornaria invisível um navio. Utilizaram-se dos trabalhos dos grandes físicos e matemáticos da época.

HIPERESPAÇO – De alguma forma, o navio foi enviado para algum lugar do espaço e no tempo, atestado pelos tripulantes utilizados no projecto. Segundo consta, a experiência teria criado um “buraco no hiperespaço”, o hiperespaço seria entendido da seguinte forma: você não está em lugar nenhum – está entre universos.

No campo da especulação há referência de que a experiência teria criado uma abertura hiperespacial, o que teria possibilitado uma invasão de alfa-cinzentos (os populares grays) tudo a partir de 1950. Eles chegaram vindos de um outro *continuum* espaço-tempo, um universo diferente do nosso.

Especulação? É interessante observar que não consta do registo de contactados em anos inferiores a 1943 a existência de “Grays”. É uma pesquisa nova, mas talvez encontremos algo importante com esta referência.

Podemos conceber que um ser dimensional em sua totalidade seria tão físico quanto nós. Não há dúvida de que os contactos ocorridos desencadeiam fenómenos paralelos, como a telepatia, a vidência, premonição, o que seria a capacidade de “perceber” outras dimensões que nos envolve.

Dentro da Ufologia existem muitos paradoxos e informações contraditórias que precisam ser analisadas.

A origem da vida, por exemplo.

CONSCIÊNCIA QUÂNTICA

David H. Freedman



Nada na ciência é tão misterioso quanto a Mecânica Quântica - excepto, talvez, os mecanismos da mente. Agora, o gênio em vários campos, Roger Penrose diz que os dois estão intimamente conectados. Numa pequena sala de aulas no Estado de Pensilvânia, o matemático de Oxford e físico Roger Penrose dá uma palestra a uma pequena multidão de pessoas se acotovelando, formada de colegas e estudantes. O professor de fala mansa, com 62 anos de idade é um dos especialistas mundiais em Relatividade Geral e Mecânica Quântica, as duas complexas teorias que explicam tudo o que ocorre em nosso universo. Entretanto, sua palestra de hoje, parece estar ligada a um pequeno pacote de tubos, que ele rapidamente desenhcou de maneira esquemática na lousa. O pacote poderia ser uma entre dúzias de entidades exóticas provenientes do reservatório de objetos matemáticos e físicos de Penrose: 'superenoveladores', 'buracos de minhocas' e 'mundos tubulares' - todos curiosidades do espaço-tempo a que a audiência já está acostumada a ouvir e conhecer.

Entretanto, esse pacote em particular acaba tornando-se pouco familiar para seus ouvintes, embora seja de fato muito, mas muito mais mundano. É um arranjo de estruturas proteicas encontradas em todas as células vivas. De acordo com Penrose, essas estruturas poderiam desempenhar um papel muito especial no universo: seriam as responsáveis pela capacitação do cérebro, que afinal das contas nada mais representa do que um acúmulo do mesmo tipo de materiais que compõem as rochas e as estrelas, em gerar a mente, aquela entidade intangível, ilimitada que nos fornece aquela voz interna, imaginação, emoções, pensamento e o nosso sentido de ser.

Embora o assunto possa parecer estar afastado do campo de interesses deste grupo de pessoas, Penrose o coloca de maneira soberba dentro da perspectiva do grupo. A busca pelas leis últimas da natureza conduziu os físicos a locais tão maravilhosos quanto o interior de gigantescos buracos negros e nas inimagináveis pequenas ilhotas de matéria que são conjuradas dentro de aceleradores de partículas. Penrose afirma que a pista finalmente se aproxima do alvo, passando directamente através de cerca de quilo e meio de uma gelatina acinzentada que está vibrando dentro das nossas cabeças. Para compreender a mente, diz ele, você necessita da nova física e, paradoxalmente, a descoberta dessa nova física poderá muito bem depender de novos conceitos sobre a mente.

Penrose primeiro discutiu a possibilidade de uma profunda, embora vaga, conexão entre a mente e a física em seu surpreendente best-seller de 1989, 'The Emperor New Mind' (A Nova Mente do Imperador). Naquele livro ele sugeriu que a mente seria criada por algum fenómeno mecânico-quântico misterioso que ocorreria dentro das células do cérebro. Desafortunadamente, as células do cérebro parecem ser um local pouco provável para as peripécias quânticas. O estranho comportamento quântico, já bastante bem conhecido, parece ocorrer exclusivamente em partículas subatômicas isoladas, e facilmente se mascara em massas extensas e apinhadas de átomos, tais como existem na matéria em geral. Naquela época, Penrose foi incapaz de fornecer qualquer sugestão ou pista sobre como tal conflito poderia ser resolvido. Mas durante o ano passado (1993) ele descobriu uma maneira. Penrose pode agora apontar para um componente específico das células cerebrais que parece constituir um canal ideal para os fenómenos da mecânica quântica. Esse componente, conhecido como microtúbulo, é o indicado por Penrose para ser a raiz física da consciência.

Surpreendentemente, a inspiração de Penrose sobre os microtúbulos não foi desencadeada por um artigo publicado num dos jornais de ponta da neurociência, mas através de um encontro fortuito com um livre-pensador de Tucson, Arizona, um anestesista chamado Stuart Hameroff. Embora o folclórico e obscuro Hameroff e o reservado mas reconhecido Penrose formem uma dupla pouco provável, a parceria produziu aquilo que poderá ser a teoria mais explícita da base física da consciência até hoje apresentada, uma teoria que, se comprovada, poderia causar um terremoto em campos tão diversos quanto a física, biologia, ciências da computação e filosofia.

Penrose se auto-descreve como um 'bisbilhoteiro'. Diz que é uma característica que adquiriu de seu pai, um médico que activamente tinha interesses em psicologia, filosofia e enigmas matemáticos. Incapaz ou não, desejando manter sua mente focalizada naquilo que as outras pessoas poderiam considerar como material mais do que suficiente para perseguir numa única carreira, Penrose continuou a coleccionar novas especializações durante as últimas décadas. Depois de receber o seu Ph. D. em Matemática da Universidade de Cambridge em 1957, ele rapidamente passou pelas ciências da computação, moveu-se para a física e focalizou seu interesse na mecânica quântica, depois na relatividade geral durante algumas incursões em Princeton e Syracuse, antes de fechar contrato em Oxford.

Ao longo desse processo, Penrose começou a pensar sobre a mente. De forma particular, se perguntava se seria possível ou não programar um computador de forma que este viesse a adquirir algo que se aproximasse de uma consciência. Os pesquisadores de inteligência artificial já criaram programas que parecem capturar pelo menos um 'sabor' de todas as actividades inconscientes, incluindo o trabalho dos cinco sentidos, controle muscular e instintos. Tais programas permitem com que robôs encontrem e escolham blocos, que computadores respondam a perguntas sobre conserto de automóveis e criaturas de 'vida artificial' que se parecem com desenhos animados, encontrem seus companheiros para procriação, encontrem alimento e 'vivam' suas vidas numa tela de vídeo. Entretanto, os pesquisadores não dispõem de nenhuma pista de como fazer com que um computador venha a confirmar intuitivamente a verdade de algum argumento subtil ou ver o humor numa piada, sentir o impacto emocional da

música, criar filosofias sobre o sentido da vida ou venham com soluções contra-intuitivas para problemas não-familiares. Resumidamente, eles não têm a menor ideia de como investir os computadores com aqueles aspectos da mente que parecem ser claramente conscientes, que permitiram com que Descartes declarasse: 'Cogito, ergo sum'.

Mas por que tais processos são tão subtis? Poderia ser que, como a maioria dos pesquisadores de inteligência artificial afirma, que a sua simulação em um computador exigiria programas muito mais complexos do que qualquer um até agora idealizado. Mas Penrose acha que essa explicação não é suficiente. De um lado, a pesquisa sugere que a maioria das células do cérebro parece estar preocupada com tarefas inconscientes tais como o processamento e armazenamento de imagens e em controlar os músculos e que apenas porções relativamente pequenas do cérebro estão dedicadas ao tipo de tarefas que associamos com o pensamento consciente. Tais evidências vão contra a noção de que a consciência emerge de uma versão mais complexa do mesmo tipo de processos cerebrais que dão origem ao pensamento inconsciente; se assim fosse, poderíamos esperar que esta ficasse com a parte do leão da substância cerebral.

Além disso, se a consciência nada mais fosse do que um programa - mesmo que horrendamente complexo - por que então os pesquisadores da vida artificial ou os neurocientistas não obtiveram ainda sequer um único insight sobre a sua natureza? A razão é, concluiu Penrose, que a 'qualidade da compreensão e sentimento possuídos pelos seres humanos não é algo que possa ser simulado computacionalmente'; ou seja, não pode ser quebrada numa série de passos, como um tipo de receita, que quando executada por um computador, iria resultar numa imitação aceitável da coisa real.

A noção de processos não-computáveis não é desconhecida aos matemáticos e cientistas da computação. Um exemplo particularmente bem conhecido e impressionante deste processo nos é fornecido pela matemática dos arranjos de formas ('tilling') que se preocupa com as maneiras nas quais diferentes conjuntos de formas planas, ou 'azulejos', podem ou não ser arranjados de forma a recobrirem uma superfície plana infinita sem deixar vazios. Que certas formas, tais como quadrados ou triângulos ou hexágonos são capazes de fazer isso é algo quase intuitivamente óbvio. Curiosamente, os matemáticos provaram que é impossível planejar um programa de computador - um conjunto de regras gerais - que possa prever se mosaicos de uma dada forma básica podem cobrir completamente um plano. (O próprio Penrose explorou este problema e, de suas investigações, descobriu um par de 'azulejos' de forma hexagonal que podiam cobrir completamente uma superfície, mas apenas numa variedade infinita de padrões que nunca se repetiam.)

Se a questão de que certos 'azulejos' podem recobrir um piso não é computável, então a tarefa de avaliar a beleza de um objecto assim como alguma outra tarefa da consciência não seria igualmente não-computável? Penrose tem certeza que sim. Mas se a consciência não é computável, então qualquer que seja o processo no cérebro que dá origem à consciência também deverá ser não-computável. Essa conclusão tem uma implicação perturbadora e inevitável: presumivelmente, tudo o que acontece no cérebro obedece as leis da física e, se quisermos manter a religião e

metafísica fora do jogo, todas as leis conhecidas da física são computáveis. De acordo com essas leis, todo processo físico no universo, de colisões atômicas a colisões galácticas, podem ser simulados sem erro num computador, pelo menos em princípio. Se este é o caso, Penrose decidiu que o cérebro deveria incorporar um processo físico que simplesmente não estava debaixo das leis conhecidas da física. A consciência, concluiu, estava fundamentada numa nova física, ou seja, em leis que ainda não foram descobertas ou formuladas. Mais ainda, pensou que sabia onde deveria procurar por elas: no mundo subterrâneo e exótico da mecânica quântica.

A mecânica quântica é uma teoria teimosamente estranha. Entre outras coisas, nos diz que um electrão ou qualquer outro habitante do mundo subatômico tende a existir numa multiplicidade de estados simultaneamente: está aqui e ali simultaneamente, movendo-se depressa e devagar, girando numa direcção e noutra. Mas, no momento em que o electrão interage com a matéria ou energia ordinárias, quando se choca com as moléculas em um detector, por exemplo, ou é bombardeado por um raio de luz, a perturbação de alguma maneira faz com que o elétron 'escolha' um único estado. Neste ponto ele passa a se comportar como se esperaria que uma minúscula bola de bilhar actuasse. As bolas de bilhar reais nunca exibem personalidades múltiplas porque a estranheza da mecânica quântica geralmente fica aparente somente se os objectos têm o tamanho aproximado de um átomo ou ainda menores, e que se encontrem em ambientes 'quietos', isolados da agitação casual das outras partículas e forças.

Cada medida já feita apoia esta imagem bizarra, de forma que a física a considera como se fosse um evangelho. Ainda assim, não existe uma explicação amplamente aceita de como uma partícula escolhe um único estado quando é perturbada. No que se refere aos cientistas, simplesmente escolhe. Logicamente, eles não se queixariam se uma boa teoria viesse a aparecer, mas provavelmente, qualquer explicação deste tipo também viria a exigir uma mudança fundamental em nossa compreensão da mecânica quântica, assim como a teoria geral da relatividade de Einstein necessitou de uma modificação fundamental da nossa compreensão da gravitação. E mesmo uma pequena modificação seria um desenvolvimento chocante para uma teoria que suportou tantos testes rigorosos.

Penrose sempre sentiu-se pouco confortável com esse hiato na visão de mundo da mecânica quântica e desde há tempo tem discutido que a teoria deve ser modificada para poder explicar com precisão o processo de escolha de um estado único. Mas, ao pensar sobre a necessidade de um processo físico não-computável no cérebro, lhe ocorreu que poderia senão matar, pelo menos dar uma raspada em dois pássaros com a mesma pedra. E se o processo de escolher quantum-mecanicamente fosse não-computável? Então este seria um candidato viável para representar o processo físico que dá origem à consciência. 'Algumas vezes', diz ele, 'o bisbilhotar se junta sem nenhuma razão aparente'.

De acordo com a neurociência convencional, o cérebro processa informações através do padrão de impulsos eléctricos que as células nervosas do cérebro, ou neurónios, trocam umas com as outras. Talvez, se perguntou Penrose, esses sinais se iniciem numa mistura quantum-mecânica caótica de estados que permitem a existência simultânea de incontáveis padrões diferentes ao mesmo tempo; desta

mistura quântico-mecânica, um padrão torna-se capaz de realizar a tarefa solicitada - ele 'se liga' e é este padrão que se torna um pensamento consciente.

Penrose não explica exactamente como é que o cérebro sabe quando uma solução é a 'certa'. Logicamente ele não sabe, mas de alguma maneira, no meio do zumbido das actividades inconscientes que sempre estão acontecendo por detrás da cena, ocasionalmente um pensamento, inspiração ou sentimento emerge da generalidade do ruído de fundo e é trazido para a nossa consciência. O porquê deste estado específico ser 'escolhido' em contraposição aos demais, é algo que provavelmente tem relação com algum tipo de concordância existente entre padrões na mente. Além disso, pelo menos por enquanto, ninguém pode falar mais.

Essa escolha quântico-mecânica entre muitos estados é o modelo para a consciência que Penrose apresentou no seu 'A Nova Mente do Imperador'. A argumentação, na realidade, aparece nas últimas páginas do livro; o restante é uma brilhante apresentação e actualização sobre a física, ciências da informação, neurobiologia e outros campos necessários para que haja uma compreensão dos argumentos. O livro criou um turbilhão de opositores oriundos virtualmente de todos os campos que se preocupam com o assunto. Os pesquisadores de inteligência artificial aventaram que o elegante discurso de Penrose sobre a não-computabilidade falhou em fornecer evidências convincentes de que a consciência não é computável. O que importa que a intuição, o insight ou a autoconsciência nos pareçam misteriosas agora? Quarenta e cinco anos atrás, disseram eles, sequer tínhamos computadores e actualmente eles ensinam as crianças a jogar xadrez e jogam até o nível de grande mestre; quem sabe o que os computadores estarão pensando daqui a 45 anos? O que se refere aos físicos, a ideia de modificar a mecânica quântica, simplesmente porque o processo da escolha de um estado a partir de uma infinidade destes parece ser arbitrário, atrai muitos poucos admiradores.

No início de 1992, Penrose se propôs escrever um livro-sequência que iria fornecer maiores evidências aos seus argumentos. Mas quanto mais progressos fazia, mais sentia-se incomodado por uma pergunta. Como é que os impulsos nervosos, os pacotes de energia eléctrica que os neurónios trocam entre si quando disparam, podiam ser quânticos? Os impulsos nervosos estão viajando no meio de um dos ambientes mais ruidosos imagináveis: o cérebro é uma estrutura densa de células que estão em franca actividade eléctrica e química e é exactamente este tipo de interacção com a matéria e energia ao redor que tende a abafar o comportamento quântico. 'Estava completamente incomodado com a ideia de que o disparo neuronal pudesse ser um evento quântico', diz Penrose. Mas onde mais, além dos impulsos nervosos, a mecânica quântica poderia actuar significativamente no pensamento?

Como estudante na Escola Médica Hahnemann de Philadelphia, no início de 1970, Stuart Hameroff foi cativado pela questão de como as células conseguem realizar o processo de divisão celular. A resposta parecia estar relacionada com aqueles recentemente descobertos componentes celulares chamados de microtúbulos, tubos longos, finos, compostos de proteínas, com cerca de um milionésimo de polegada de diâmetro. Estes filamentos delgados agrupam-se lado a lado para formarem longos feixes, parecendo-se com um maço de canudos de refrescos frouxamente

enroscados. Os feixes de microtúbulos, mesmo assim não maiores que um milionésimo de polegada, atravessam toda a célula, formando redes parecendo com malhas. Essas redes de microtúbulos servem como uma espécie de esqueleto para a célula, conferindo estrutura e criando caminhos para o transporte de substâncias químicas no interior das células. Mas, o que é muito intrigante, quando uma célula está para se dividir, os feixes se dissolvem e em seguida reaparecem em novas configurações que repartem a célula no lugar exacto. Comportam-se como guardas de trânsito, direccionando o complexo processo de divisão da célula.

Hameroff também tinha interesse nos mistérios da consciência e inteligência e, quando iniciou o seu internato no Centro Médico de Tucson, começou a pensar em especializar-se em neurologia. Mas um colega anestesista acabou convencendo-o a mudar de rumo ao lhe contar um achado curioso: anestésicos inalantes, tais como éter ou halotano, que podem 'desligar' significativamente a consciência, sem entretanto causar danos ao cérebro, pareciam actuar através de uma deformação temporária dos microtúbulos situados dentro dos neurónios. A molécula de proteína que constitui o microtúbulo possui um tipo de 'bolso' ao longo de seu comprimento; um único electrão pode deslizar para frente e para trás ao longo desta invaginação e a posição do electrão nesta, irá determinar a forma que a proteína irá se configurar e assim a configuração final e função do microtúbulo. As moléculas de um gás anestésico são capazes de imobilizarem o electrão, bloqueando a proteína e tornando inútil o microtúbulo. Embora ninguém saiba precisamente como a forma da proteína resulta em actividades específicas, a teoria parecia sugerir que os microtúbulos estavam directamente relacionados à consciência.

Hameroff continuou a estudar os microtúbulos depois de ter assumido um emprego na Escola de Medicina da Universidade do Arizona em Tucson, descobrindo, entre outras coisas, que os longos tubos eram extraordinários condutores de vibrações físicas, ou ondas sonoras. Utilizando modelos em computadores para simular o comportamento dos microtúbulos, descobriu que uma vibração introduzida numa das extremidades do tubo era capaz de se propagar ao longo de todo o seu comprimento vazio e preenchido de água, sem sofrer qualquer alteração. Mais ainda, que as perturbações ocorrendo nos microtúbulos vizinhos apresentavam uma 'coerência', ou seja, uma vibração num microtúbulo podia fazer com que um outro microtúbulo vibrasse exactamente da mesma maneira, assim como um diapasão vibrando é capaz de fazer com que um diapasão de mesma ciclagem comece a vibrar, igualmente. Finalmente, um 'tranco' propagando-se ao longo de um único microtúbulo podia ser transmitido a feixes inteiros de microtúbulos que estavam vibrando em sincronia e talvez mesmo, espalhar-se, através das membranas das células, para microtúbulos de células vizinhas.

Hameroff suspeitou que essa propriedade estava relacionada com a função de 'guarda de trânsito' dos microtúbulos: se eles estavam encarregados do comportamento de organização da célula, então eles teriam de se comunicar uns com os outros e para isso, teriam de dispor de um sistema sensível e rápido de sinalização. 'Parecia que os microtúbulos eram óptimos para transmitir sinais', diz Hameroff. Eles eram tão bons nisso que parecia muito pouco provável que uma tão eficiente rede de comunicações não possuísse um propósito mais sofisticado para

sua existência. 'Mas para o que mais serviriam esses sinais?', perguntava-se Hameroff.

Uma resposta possível apareceu em 1982, quando Rich Watt, um engenheiro eléctrico que trabalhava do outro lado do corredor e que sabia do interesse de Hameroff nos microtúbulos, certo dia entrou na sala de Hameroff e lhe mostrou uma fotografia tirada através de um microscópio electrónico, perguntando; 'O que é isso?' 'Parece com um microtúbulo', respondeu Hameroff instantaneamente. 'Olhe de novo', disse Watt. A fotografia na realidade era de uma das chaves microeletrónicas que constituem os chips. Hameroff percebeu então que aquilo que estava meio escondido no meio de suas ideias era algum tipo de rede de processamento de informações.

Hameroff gastou a maior parte dos próximos dez anos desenvolvendo uma teoria sobre como essa propriedade de carregamento de informação dos microtúbulos podia capacitar uma rede destes a funcionar como um computador actuando no interior de uma célula. Tudo o que um chip de computador faz é transportar pulsos eléctricos ao redor de uma rede de 'linhas de trem', com pequenos transístores funcionando como pequenas chaves comutadoras. Esta é também a maneira que o cérebro funciona, com os neurónios funcionando como chaves comutadoras. Mas Hameroff suspeitava intensamente que as redes de microtúbulos nas células podiam também actuar no papel de tal campo de manobras, direccionando pulsos vibracionais ao longo de certas trajectórias situadas no interior das células e também entre células; ao se arranjam e estabelecerem interconexões entre eles de forma correta, direccionavam os sinais vibratórios aqui e ali da mesma maneira que fios eléctricos direccionavam o fluxo de sinais electrónicos. Uma vez que uma rede podia existir no interior de uma única célula, no caso uma célula nervosa que por sua vez fazia parte de uma outra rede computacional maior - uma rede de microtúbulos na realidade seria como um computador dentro de um computador maior.

Se a rede de neurónios do cérebro é um computador, por que então seria necessário que cada neurónio individual funcionasse como seu próprio computador? De acordo com Hameroff, a rede neural do cérebro é muito inadequada para dar conta de tarefas tais como, uma pessoa entrar numa sala e reconhecer instantaneamente cada objecto nela existente.

Embora isto nos pareça bastante ordinário, de facto é quase um feito miraculoso de processamento de informação, nem mesmo uma dúzia dos maiores computadores do mundo sequer seriam capazes de se aproximar em reproduzi-lo. Os neurónios actuando como chaves comutadoras relativamente simples não poderiam possivelmente ser capazes de fornecer este grau de computação, discutia Hameroff. O poder cerebral adicional, afirmava ele, estava à disposição no interior de cada neurónio.

Neste ponto, Hameroff não estava preocupado com a consciência como fenómeno em si. Estava simplesmente impressionado que o cérebro parecia solicitar um poder de computação muito maior do que os neurónios eram capazes de fornecer e que os microtúbulos, sinalizando-se mutuamente através de uma vibração simpática pareciam fornecer um mecanismo adicional plausível.

Quando o cérebro está tentando resolver um problema, de acordo com Hameroff, ele lida com a enorme quantidade de processamento necessário em dois níveis distintos: a nível dos microtúbulos, trocando sinais vibracionais e a nível de neurónios inteiros, trocando sinais electrónicos. Hameroff propôs vários mecanismos para a interligação entre esses dois sistemas algo dessemelhantes. A sinalização do microtúbulo poderia proporcionar o nível inferior de processamento que irá determinar quando é que os neurónios irão 'disparar' no último estágio de processamento, por exemplo. Ou os dois processos poderiam trabalhar em conjunto, trocando sinais entre si, num diálogo contínuo. Ou então, os microtúbulos poderiam passar os sinais de neurónio a neurónio, em resposta ao disparo neuronal, gerando um esquema para uma sintonia fina dos padrões de disparo, assemelhando-se a um observador que diz aos soldados que estão maneando os canhões como ajustar suas miras depois de cada tiro.

A teoria de Hameroff, inovativa como era, não atraiu muita atenção da corrente de neurociências. Não ajudou em nada que o seu entusiasmo e imaginação fizeram-no sugerir, em suas palestras e artigos, que os microtúbulos podiam ser gerados artificialmente e direccionados a criar 'nanorobots' programados a realizar serviços médicos na corrente sanguínea de pacientes, ou criarem gigantescos cérebros artificiais em órbita ao redor da Terra. Enquanto isso, a pesquisa no final dos anos 80, feita por biofísicos começou a produzir pistas intrigantes de que os microtúbulos, devido as suas minúsculas dimensões e forma tubular, apresentavam propriedades quânticas únicas. Normalmente, qualquer pulso de uma energia vibracional ou outra dentro do cérebro, não poderia existir numa mistura quântica de estados, isto porque toda a matéria e actividade ocorrendo no cérebro iria perturbá-la e fazê-la escolher um único estado instantaneamente.

Mas, de acordo com os cálculos de alguns pesquisadores, um microtúbulo poderia isolar um pulso da balbúrdia restante; este pulso poderia viajar ao longo do microtúbulo totalmente separado do ruído ao seu redor, sem ter de interagir com as moléculas que constituem as paredes do microtúbulo. E enquanto esse pulso não fosse obrigado a escolher um único estado, estaria livre para explorar simultaneamente qualquer número de padrões possíveis no interior e ao longo dos microtúbulos. (Até mesmo uma travessia em direcção a outras células não perturbaria necessariamente este pulso, um diapasão vibrando pode fazer com que um outro diapasão passe a vibrar em sincronia, mesmo se o ambiente ao redor está cheio de ruídos de outros sinais.) Hameroff suspeitou que esse novo aspecto dos microtúbulos poderia abrir ainda outras possibilidades, mas não compreendia o suficiente da mecânica quântica para ser capaz de ver como isto poderia ocorrer.

Então em 1992, ele leu o livro de Penrose. Embora tivesse de lutar em algumas seções que lidavam com a física, compreendeu o suficiente do material para reconhecer que enquanto ele possuía uma teoria da estrutura quântica no cérebro, não dispunha de uma teoria da consciência que se aplicasse a ela e Penrose dispunha de uma teoria de consciência quântica à qual faltava uma estrutura biológica apropriada. 'Imaginei que realmente deveria entrar em contacto com ele', relembra Hameroff.

Desde a publicação da 'Mente Nova do Imperador', Penrose recebeu uma grande quantidade de cartas, cuja maior parte ele polidamente caracterizava como 'pouco

razoável'. De início, quando começou a ler uma carta enviada por um anestesista de Tucson, não se sentiu particularmente encorajado. Mas à medida que lia e depois que examinou os artigos que com ela foram enviados, o seu interesse cresceu. 'Algumas coisas que Stuart está disposto a publicar são algo que, diríamos, é, às vezes, exagerado', diz ele. 'Mas mesmo que as ideias soassem como algo de ficção científica, não desejamos jogar o bebê fora, junto com a água do banho. Parecia que havia algo realmente importante ali.'

Hameroff encerrava sua carta informando que estava planejando visitar Londres em sua próxima viagem à Europa. Penrose respondeu: apareça. Num dia chuvoso do Outono de 1992, Penrose encontrou-se com Hameroff na estação de trem em Oxford. Em seu escritório, num pequeno espaço situado no meio daquela espectacular confusão de materiais e livros, suficiente apenas para se acomodar duas cadeiras, os dois sentaram-se ao lado da janela que dava para o jardim. Hameroff respondeu as perguntas de Penrose por mais de duas horas: explicou o que eram os microtúbulos, como estavam configurados no cérebro, as formas com que, parece, se transmitiam os sinais. Os dois discutiram cálculos mostrando que as propriedades isolantes dos microtúbulos poderiam permitir com que pulsos vibratórios quânticos pudessem explorar caminhos múltiplos. Enquanto ouvia, Penrose sentiu que as suas preocupações concernentes a Hameroff lentamente se evaporavam. 'Pessoalmente, Stuart era muito mais cuidadoso para indicar quais das ideias se situavam num campo mais selvagem e quais não, do que quando as publicava'. 'Geralmente acontece o contrário com a maioria dos pesquisadores.'

Embora Penrose parecesse completamente intrigado com os microtúbulos, Hameroff se perguntava, depois de ter sido conduzido de volta à estação de trem, se Penrose poderia fazer algo com a ideia. 'Me parecia que era como um tiro à distância', diz Hameroff. Foi depois de duas semanas que ele soube que Penrose havia anunciado a uma audiência - alguns dias depois de terem-se encontrado - que graças a Hameroff, ele finalmente havia encontrado um local plausível para localizar as raízes da consciência.

Mesmo modificada para incluir as ideias de Hameroff, a teoria de Penrose está longe de ser considerada como comprovada. Ainda é vaga em muitos pontos cruciais: por exemplo, Hameroff ainda está lutando para determinar como é que os pensamentos são representados por padrões de sinalização nos microtúbulos e como esses padrões disparam, suplementam ou modificam os disparos dos impulsos nervosos. E Penrose não parece estar próximo de dizer precisamente como é que uma mistura quântica de padrões acaba 'escolhendo' uma alternativa. É lógico, a teoria poderia simplesmente estar totalmente errada. 'Existem muitos lugares em que poderíamos ter tomado a direcção errada', concorda Penrose.

Não existem ainda evidências comprovadas de que a mente está baseada num processo não-computacional, por exemplo, ou mesmo que tal processo exista na mecânica quântica ou em qualquer outro lugar na física. Essencialmente, o que ele sabe é que o cérebro, ao criar a mente, parece estar fazendo algo não-computável e que o mecanismo situado por detrás da 'escolha' quântica é tão sugestivamente incompleto que poderia muito bem envolver processos não computáveis, e aqui existe um belo entrelaçamento entre os dois, que parece convergir nos microtúbulos.

Mas ele tem ideias para confirmar, pelo menos, partes de sua teoria. Sua afirmação de que existe um hiato na teoria quântica, porque esta não consegue explicar o processo de escolha de um único estado, seria tremendamente reforçada se pudesse fazer uma previsão sobre o processo que não pudesse ser extraída da teoria corrente. Se a teoria atual estivesse completa, seria capaz de fornecer, pelo menos em princípio, todas as previsões que podem ser feitas. SE podemos fazer uma previsão que não vem da teoria, então a teoria está incompleta. Penrose e outros físicos acreditam que uma tal previsão é possível de ser feita. Eles propuseram um acréscimo à mecânica quântica que iria descrever quanto tempo, na média, perduraria uma dada partícula num dado ambiente de misturas de estados quânticos, antes que viesse a escolher um estado único - uma questão sobre a qual a teoria convencional não fala. 'Acredito que esses tempos poderiam ser medidos', diz ele. 'Estou falando aos experimentalistas sobre essa possibilidade'.

Hameroff, por sua vez, está tentando criar um esquema para determinar experimentalmente como é que os microtúbulos processam os padrões de sinais. Para fazer isso ele está planejando um aparelho dotado de duas pinças microscópicas: uma iria produzir um pequeno choque eléctrico em certos pontos numa rede de microtúbulos; a outra detectaria quaisquer choques eléctricos que emergissem num outro ponto. Ao determinar onde emergem os choques eléctricos isto poderia oferecer alguma indicação de como os microtúbulos se interconectam e dirigem o fluxo de sinais, e também como esses arranjos modificam-se com o tempo. Finalmente, Hameroff gostaria de determinar como é que os padrões de sinais dos microtúbulos representam a informação, à semelhança da maneira como um chip de computador representa a informação, com longas séries de 1 e 0. 'Se pudermos decodificar os padrões', diz ele, 'poderemos ser capazes de conectar os microtúbulos a um computador e trocar informação de ida e volta'.

Mas mesmo na ausência de evidências experimentais, Penrose tem um sentimento sobre a teoria. 'É a velha discussão sobre Sherlock Holmes', diz ele. 'Depois que você eliminou o impossível, aquilo que permanece, por mais improvável que seja, é a verdade. Estou com 90 por cento de certeza de que essas ideias são basicamente corretas.' Depois de algum momento, acrescenta, 'Bem, tenho 80 por cento de certeza. O argumento de Sherlock Holmes pode ser perigoso'.

O modelo de consciência quântica, na forma de um presente extra esquisito, poderia em princípio, conduzir o caminho em direcção a uma nova teoria da física que poderia solucionar um buraco sério (de partes) da mecânica quântica. Penrose acredita que tal teoria virá à luz mais cedo ou mais tarde, esteja ele certo ou não com respeito à consciência, mas poderia acontecer mais cedo, se o modelo vier a se provar correto.

Que grande piada a natureza teria feito em nós, se todo o pensamento que foi colocado na descoberta das leis últimas do universo viesse a revelar que uma das maiores pistas estava entremeada o tempo todo no próprio tecido do pensamento...

Tradução do Instituto Nokhooja

Artigo publicado na revista Discover, Junho de 1994, pp. 89-98.

...

O TEMPO NA FÍSICA

Henrique Fleming

Neste artigo, destinado a leitores não-especialistas, mas afeitos ao pensamento teórico, pretendemos descrever as contribuições da física, em especial da física deste século, à elucidação da natureza do tempo e de suas relações com outros conceitos fundamentais usados na ciência. O tempo de que vamos falar não é nenhuma construção especial da física moderna, mas é o tempo mesmo, de domínio público, e sobre o qual se manifestaram muitos filósofos importantes, dois dos quais, Santo Agostinho e Kant, exerceram e exercem grande influência sobre os físicos mais indagadores. Kant, por sua origem, nos está mais próximo, em suas considerações sobre o tempo (nas Antinomias, por exemplo). Mas mesmo filósofos deliberadamente distantes da ciência, como Benedetto Croce, influem sobre a conceituação do tempo na física, ou iluminam a interpretação daquilo que a estrutura formal das teorias nos propõe ou impõe. Pois o que é um resultado importante na física? A resposta esperada, de que importante é o resultado que encontra aplicação na vida prática, é correta, mas aborda só um lado da questão e nem mesmo o mais importante. Em 1957, Chen Ning Yang e Tsung Dao Lee receberam o prêmio Nobel de física pela descoberta de que a natureza permite que se defina a mão esquerda de maneira absoluta (ou seja, sem ser por comparação com uma mão direita). Nenhum prêmio Nobel de física foi considerado tão importante quanto este, desde então. As aplicações práticas (dentro da física) da descoberta de Yang e Lee foram surgindo com o tempo, na teoria dos neutrinos, nas modernas teorias de grande unificação, etc. Mas o seu grande impacto se deve ao fato de que ensinou algo sobre um problema de antiga tradição na filosofia, tema dos debates Leibnitz-Clarke, e que ainda não se esgotou até hoje. Vale dizer, um problema que está na raiz mesma do nosso conhecimento do Universo, ou do conhecimento tout court. Enfim, um resultado é tanto mais importante na física quanto mais nobre o pedigree do problema ao qual ele se refere. Uma ocasião, foi perguntado a Einstein por que, tendo ele estudado em uma escola mais forte em matemática do que em física, tinha escolhido esta última como carreira. "Porque, respondeu, na física sou capaz de discernir os problemas importantes, enquanto na matemática não." Não há dúvida de que ele se referia ao critério de importância a que nos referimos acima. Pois bem, a física moderna obteve resultados que nos parecem importantes sobre o conceito de tempo e suas relações, algumas totalmente inesperadas, com outros conceitos fundamentais na descrição da realidade. Apresentaremos uma descrição das relações entre tempo e espaço (teoria da relatividade restrita) e entre tempo, espaço e massa (teoria da relatividade geral) que transcendem a província da física e são do interesse de todos.

Existe um único conceito de tempo, ou uma profusão de homônimos pouco aparentados espalhados pelas várias áreas do conhecimento teórico e prático? O tempo que, conquanto idéia clara, não cabia nas palavras de Santo Agostinho, tem algo a ver com o conceito para cujo estudo Einstein lançou as bases em 1916? Até que ponto as propostas da física moderna satisfariam o grande pensador de Tegesta? É difícil dizer. Às vezes o que para um físico é um grande progresso pode, para um filósofo, parecer um detalhe irrelevante. Contudo, há descobertas novas sobre temas que já preocupavam antigos pensadores. Muito do que se fez pode ser pensado como formalização de idéias desses filósofos proféticos, mas não tudo. O

alto grau de abstração da física teórica moderna permitiu a escalada de patamares dificilmente concebíveis para mentes desaparelhadas do instrumental matemático adequado.

Três problemas

O tempo flui em um sentido bem definido, cuja manifestação mais dramática é o nosso envelhecimento biológico. Surpreendentemente, a inclusão deste dado da realidade (a "flecha do tempo") no ideário da física teórica constituiu um dos grandes problemas dos últimos cem anos. Se deixarmos de lado as ínfimas forças ligadas ao decaimento beta dos núcleos, as teorias fundamentais da física colocam passado e futuro em situações simétricas: se uma sucessão de fenómenos ocorre, a sucessão inversa, como um filme passado ao contrário, também ocorre. De acordo com as leis da física, um ancião pode, com o passar dos anos, evoluir para uma criança! Ludwig Boltzmann, numa das maiores realizações da história da física, mostrou que a flecha do tempo é um fenómeno estatístico. A probabilidade de o ancião rejuvenescer é essencialmente zero, enquanto a de um jovem envelhecer é essencialmente 1. Mas, levando o reducionismo físico ao extremo, ambos os processos são permitidos pelas leis. Debates furiosos subsistem até hoje sobre isso, mas, em minha opinião, há só alguns detalhes a acrescentar à obra de Boltzmann. O primeiro problema dos três que vou citar consiste em digerir esse surpreendente resultado, cabendo aos físicos recuperar, dentro do seu formalismo, a naturalidade das concepções intuitivas de passado e futuro. É uma tarefa muito técnica e por isso não será tratada aqui, bastando esta menção: só para sistemas com um grande número de constituintes existe, nítido (mas probabilístico), o sentido do tempo. Para sistemas constituídos por um pequeno número de elementos, perde-se a sua flecha.

O segundo problema diz respeito à individualidade (e objectividade) do conceito de tempo. Em 1908, após ter estudado a teoria da relatividade, o grande matemático Hermann Minkowski iniciou sua célebre conferência dizendo: "As visões do espaço e do tempo que eu desejo expor diante dos senhores brotaram do solo da física experimental, e aí está a sua força. São radicais. De agora em diante o espaço em si mesmo, e o tempo em si mesmo, estão designados a dissolver-se em meras sombras, e somente em uma espécie de união dos dois subsistirá uma realidade independente". Esta união é o espaço-tempo, e aprendemos com a teoria da relatividade que a sua decomposição em espaço e tempo separados depende do observador, isto é, é subjectiva. Eis o segundo problema. Mais surpreendente ainda é o terceiro, fruto da relatividade geral, lançada por Einstein em 1916. Aqui aprenderemos que é possível agir sobre o espaço-tempo, e, portanto, sobre o tempo. Deixa o espaço-tempo seu papel passivo de palco dos acontecimentos para tornar-se, ele mesmo, um sistema físico, e atinge-se, finalmente, a possibilidade de estudar o sistema físico por excelência: o Universo como um todo. A história do Universo é a história do tempo, como bem a designou S. W. Hawking, grande físico teórico inglês contemporâneo.

A relatividade restrita

Como foi dito acima, o conceito objectivo, independente do observador, é o de espaço-tempo, e se trata de uma "superfície" quadridimensional. Como não somos

capazes de visualizar um objecto assim, temos que nos valer, nos nossos trabalhos académicos, dos métodos da matemática, para a qual essa extensão dimensional é simples e bem conhecida. O leitor poderá usar a imagem de uma superfície usual, bidimensional, considerando que uma dessas duas dimensões é o tempo. O espaço-tempo e o conjunto de todos os pontos e todos os instantes. O movimento de um corpo puntiforme é nele representado por uma curva chamada de linha de universo da partícula. Uma propriedade básica dessa curva é que, conhecido um de seus pontos e a velocidade do móvel naquele ponto, todo o resto da curva está determinado, ou seja, para um ser hipotético que vivesse além do espaço e do tempo e contemplasse o espaço-tempo, a linha de universo de cada partícula estaria completamente desenhada, representando o movimento em sua totalidade (passado, presente e futuro). Em imagens simples, a inclusão do tempo na geometria do movimento transforma o filme do movimento numa fotografia estática de idêntico conteúdo. O ingrediente revolucionário que injecta física nessa representação (até aqui) formal é a descoberta de Einstein de que existe uma distância bem definida nesse espaço-tempo. As consequências disso têm direito ao adjectivo de extraordinárias. Cito aqui só duas, as duas de interesse mais geral. A simultaneidade de dois acontecimentos é relativa, depende de quem está observando os fenómenos. Diante de mim, e em repouso em relação a mim, duas luzes piscam "simultaneamente". Por essa ocasião, passava por mim a grande velocidade outro observador. Ele as verá como não-simultâneas, e, se não estiver familiarizado com a teoria da relatividade, se surpreenderá com a minha insistência na simultaneidade. A diferença só é perceptível quando a velocidade relativa entre os observadores for enorme, próxima da velocidade da luz, o que explica que esse fato seja anti-intuitivo. Por fim, teremos alguma novidade sobre a independência da ordenação temporal dos acontecimentos em relação a quem os observa. Este é um problema caro a Hume. A causa deve preceder o efeito, e a discriminação do que é causa e do que é efeito deve ser, se serve para alguma coisa, independente do observador. Informa a teoria da relatividade o seguinte: suponhamos que, para um determinado par de acontecimentos, exista um observador para o qual eles são simultâneos. Então haverá um observador que os verá numa certa ordem causal, e outro que os verá na ordem inversa. Consequentemente, acontecimentos que são simultâneos para alguém não podem ter qualquer relação causal um com o outro. Ao contrário, consideremos agora dois pares de acontecimentos que, para um observador, acontecem em um mesmo lugar, e um depois do outro. Mostra a teoria da relatividade que a ordenação temporal determinada por esse observador privilegiado (seu privilégio está em ver os dois acontecimentos no mesmo ponto espacial) se mantém para qualquer outro observador. Para essa classe de acontecimentos, então, existe uma ordenação que pode ser chamada de causal. Várias outras manifestações da relatividade da simultaneidade, de carácter mais ou menos circense, existem, como a dilatação do tempo, e o exemplo associado a ela denominado "paradoxo dos gémeos". Mas são bem conhecidos e amplamente tratados.

Relatividade geral

A ideia de espaço-tempo só desenvolve sua potencialidade nos trabalhos de Einstein de 1916 e 1917, sobre a Relatividade Geral e a aplicação desta à descrição do Universo como um todo, isto é, à Cosmologia. Já na relatividade restrita o conceito de tempo sofrera modificações profundas, advindas da descoberta de seu

carácter subjectivo. A simultaneidade passou a depender do observador; qualquer relógio tem o seu ritmo modificado, para um observador que se move em relação a ele. Com o advento da relatividade geral as surpresas serão ainda maiores: o tempo, amalgamado ao espaço no espaço-tempo, passa a ser um fenómeno. Não flui mais de maneira uniforme, indiferente aos fenómenos, que se limitava a ordenar. Passa a ser possível agir sobre ele. A evolução da matéria do Universo não se limita a exibir a ordem no tempo, mas atua sobre o tempo e estabelece, dentro de certas condições, que o tempo tem um começo e pode ter um fim.

A relatividade geral é a teoria do espaço-tempo. Segundo ela, as forças gravitacionais resultam da curvatura do espaço-tempo. Onde não há forças gravitacionais o espaço-tempo é plano, e um corpo se move em linha recta. As forças gravitacionais são consequências do encurvamento do espaço-tempo devido à presença de massas. Os corpos continuam a percorrer, entre dois pontos desse espaço-tempo curvo, o caminho mais curto, mas numa superfície curva o caminho mais curto entre dois pontos não é uma recta, e sim uma curva que depende dos detalhes do espaço-tempo. Por causa dos nossos hábitos tridimensionais, preferimos interpretar essa trajectória como causada por forças, no caso gravitacionais.

A relatividade geral abriu o caminho para a cosmologia quantitativa, pois as equações de Einstein podem ser aplicadas ao Universo como um todo. O tecido do Universo é o espaço-tempo: onde o espaço-tempo acaba, acaba o Universo, e acaba o tempo.

As equações de Einstein não possuem uma solução única para o Universo: apresentam um catálogo de possibilidades, e cabe às observações experimentais determinar qual delas descreve o Universo que efectivamente se realizou. No nosso estágio actual de conhecimento a escolha se resume a três possibilidades, que são os universos de Friedmann aberto, chato e fechado. O preferido de Einstein, e também o mais fácil de descrever para não-especialistas, é o fechado. Todos são universos em expansão, no sentido de que, para a imensa maioria das galáxias, a distância entre duas galáxias cresce continuamente. Um modelo que descreve bem as principais propriedades do Universo de Friedmann fechado é o de uma bexiga de borracha que, inflada, expande-se mantendo a forma esférica. A superfície da bexiga, que está ela mesma crescendo, seria o espaço em expansão. O espaço é finito e se fecha sobre si mesmo (forma esférica), mas é ilimitado, já que nunca se chega ao seu fim, como descobriu, em outras circunstâncias, Fernão de Magalhães.

A descrição dinâmica deste universo é a seguinte: no estado inicial está concentrado em um ponto, e expandindo-se vertiginosamente. A taxa de expansão diminui gradualmente e chega um momento em que o Universo cessa de se expandir para, depois, começar a se contrair, refazendo, ao contrário, a primeira parte da evolução, e retornando ao ponto singular inicial. Nesta descrição temos, então, o início do tempo, quando se inicia a expansão, e o seu fim, quando se conclui a contracção. Fora deste intervalo não existe Universo, ou espaço, ou tempo. Como disse acima, esta não é a única possibilidade. As duas outras, os universos de Friedmann aberto e chato, são, neste nível de descrição, muito semelhantes e podem ser tratados simultaneamente. Ambos possuem uma singularidade inicial (reduzem-se, no início, a um ponto), como o modelo descrito anteriormente, ou seja, possuem um início do tempo. Mas, à diferença dele, não

possuem um fim do tempo. São universos de vida infinita e são infinitos também espacialmente, ou seja, não são circunavegáveis. Na presente situação experimental o candidato mais forte é o modelo de Friedmann aberto, mas não é possível, com segurança, excluir os outros dois.

Resumindo, a aplicação da relatividade geral ao Universo sugere fortemente a existência de um início para o tempo, e abre a possibilidade para que também exista um fim para ele. Uma belíssima crônica da evolução do Universo é apresentada por S.W. Hawking em seu famoso livro, apropriadamente intitulado *Uma breve história do tempo*.

Como era de se esperar, não há nenhuma luz lançada sobre a antinomia de Kant relativa à duração do Universo na Crítica da razão pura. O dilema ali apontado, alegadamente inerente ao pensamento humano, não pode ser resolvido "por uma conta". Há sempre uma sensação de perda, quando a física apresenta um tratamento quantitativo de um problema que anteriormente era abordado sob outra forma, com ênfase nos "porquês", e não nos "comos". Mesmo que, inequivocamente, se chegue a saber que o tempo teve um começo, não se poderá eliminar a pergunta "e antes?". Como disse Ezra Pound no *Guide to Kulchur*, "In our time Al Einstein scandalized the professing philosophists by saying, with truth, that his theories of relativity had no philosophic bearing".

A quarta dimensão

Em primeiro lugar teremos a teoria especial da relatividade de Einstein. A importância central dessa teoria é que a passagem do tempo não é absoluta. A velocidade com que o tempo passa é diferente para uma pessoa "em repouso" e para a outra pessoa que está se movendo em grande velocidade em relação àquela pessoa em repouso, apesar de que para cada uma delas o tempo seja o tempo real, isto é, normal. Com a descoberta da relatividade descobrimos que o tempo e o espaço não são separados. A relatividade espacial, mostrou que os princípios de Newton não são válidos para condições extremas.

Galileu e Newton também estudaram a "relatividade", mas na época seu conceito era diferente. Na relatividade galileana mostram a necessidade de um referencial para descrever o movimento de um objecto.

Aproximando – se o fim do século XIX, os factos que eram descobertos pareciam contradizer ou não ser abordados pelas leis físicas da época.

O físico escocês James Clerk Maxwell, em 1861 e 1865, publicou seus dois célebres ensaios sobre um campo electromagnético invisível que incluía um amplo conjunto de ondas. Ele mostrava que as ondas luminosas são simplesmente a porção visível desse espectro e que todas as ondas moviam – se a aproximadamente 300 mil quilómetros por segundo. Einstein supôs que essas velocidades devem ser uma constante e não uma velocidade relativa. A velocidade do observador não deveria fazer diferença na velocidade dessas ondas. Ou as equações de Maxwell eram incorrectas ou era incorrecta a mecânica de Newton. Einstein em sua teoria especial, afirma a exactidão das equações de Maxwell e a inadequação da física de Newton para explicar o espaço e o tempo quando um objecto ou um observador se aproxima da velocidade da luz. Mas apesar de Maxwell ter demonstrado que a luz

é um fenómeno electromagnético a maioria dos físicos continuou a acreditar em uma espécie de éter que conduziria as ondas luminosas.

Os experimentos de Michelson – Morley de 1887 destinavam – se a confirmar a existência do éter. Eles tentavam prova-la demonstrando a diferença do tempo que luz demoraria para viajar a noventa graus daquela direcção. Nesse ano Michelson e Morley repetiram os experimentos anteriores de Michelson e obtiveram o mesmo resultado, ou seja, não detectaram a presença do éter.

A teoria especial da relatividade aplica – se apenas à relação entre dois objectos, quando um se move em relação ao outro ou se afasta do outro em grande velocidade. Se um objecto ou observador está em repouso em relação a outro objecto ou observador que se move em grande velocidade, este movimento do segundo objecto ou observador em relação ao primeiro resulta em uma diferença na passagem do tempo para cada observador, conforme ela é medida pelo outro.

A teoria de Einstein quando lidando – se com observadores e objectos que se movem um em relação ao outro com velocidades superiores a aproximadamente a metade da velocidade da luz é a única maneira correta de se obter o resultado correto. Quando qualquer matéria atinge uma velocidade próxima a metade da velocidade da luz, o efeito sobre o tempo passa a ser cada vez mais marcante, pois há um efeito crescente e muito mais evidente da velocidade sobre os intervalos de tempo. Essa ideia de que o tempo pode verdadeiramente mudar e é uma função da velocidade contraria totalmente nossa experiência cotidiana.

A matéria submetida a essas altas velocidades não sofrem alterações físicas, mas se examinarmos as características físicas da própria matéria, o conceito de relatividade torna – se ainda mais claro. Imaginando um objecto dentro de uma nave espacial, como por exemplo um átomo de hidrogénio e tendo também outro átomo idêntico sobre a superfície da Terra. Se cada pessoa possuísse um equipamento capaz de simultaneamente ou de algum modo medir e registrar o número de órbitas que cada um dos electrões completassem em um certo período de tempo, o verdadeiro número de órbitas seria diferente para os dois átomos. O electrão do átomo da nave espacial é mais lento que a do da Terra. Ambas as pessoas poderiam ver essa diferença relativa porque seu equipamento seria condizente com as mensurações.

A Segunda observação a respeito do efeito físico do movimento em alta velocidade é o encolhimento da matéria na direcção do movimento. Assim, o comprimento de uma régua de 30 centímetros para um observador que meça essa régua que passa por ele perto da velocidade da luz a própria régua parecerá Ter encolhido na direcção do movimento.

Durante o processo de desenvolvimento da teoria especial Einstein descobriu a mais famosa equação da ciência: $E = mc^2$. Essa equação reflecte a compreensão de Einstein de que a massa inerte é simplesmente energia latente. Nunca antes se percebera ou se reconhecia que a massa e a energia são simplesmente e precisamente os dois lados da mesma equação. A massa do átomo aumenta segundo o factor relativístico à medida que sua velocidade se aproxima da velocidade da luz.

Nos 10 anos seguintes à publicação de seu artigo sobre a teoria da relatividade especial, Einstein expandiu essa teoria para a teoria geral da relatividade. A teoria geral explica a gravidade além da física newtoniana. Einstein esclareceu por que a matéria causa a gravidade. Enquanto a teoria especial limita – se a referenciais que se aproximam ou se afastam em linha recta em do outro com velocidade constante, a teoria geral fornece uma fórmula para a relação da matéria por todo o espaço movendo – se em qualquer direcção, com ou sem aceleração.

Entre as principais previsões derivadas da teoria geral incluem – se as seguintes:

- 1) Toda radiação electromagnética (inclusive a luz) é deflectida pela força gravitacional.
- 2) A órbita de Mercúrio desvia – se da órbita calculada pela física newtoniana.
- 3) Um relógio na superfície de um objecto imenso trabalhará mais lentamente do que um relógio idêntico livre no espaço.
- 4) Existem ondas gravitacionais, irradiando – se à velocidade da luz a partir de grandes massas que estão em aceleração.

Apesar de não parecer tão natural mas a relatividade apresenta uma certa influência na prática de nossa vida cotidiana. Como os GPS etc.

A ideia de viagem no tempo, mais especificamente de retorno ao passado, pode ser uma possibilidade real e não apenas ficção científica, como apareceu em, *Time Machine*, principal obra do escritor e jornalista inglês Herbert George Wells (1866- 1944), publicado em 1895. Mas essa chance não está restrita à criação de um veículo capaz de viajar no tempo. Ela depende especialmente de uma concepção cosmológica naqual, em determinadas circunstâncias, grandes quantidades de massa e energia seriam capazes de curvar poderosamente o espaço-tempo, a ponto de conduzir um observador ao seu passado (ver arte nesta página). Há três semanas o cosmólogo brasileiro Mario Novello, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) - unidade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no Rio lançou um livro sobre o caso: *O Círculo do Tempo - Um Olhar Sobre Viagens Não-Convencionais no Tempo*. Novello escreveu o livro por sugestão do diretor do Instituto de Ciências da Matéria da Universidade de Lyon, na França, E. Elbaz, a partir de exposições que havia feito em seminários internacionais para físicos. Exóticos - Nesse curto espaço de tempo, Novello - um cientista respeitado no Brasil e no exterior, com publicações nas mais conceituadas revistas internacionais - colecionou experiências que julga mais exóticas que a possibilidade de um corpo material - partícula ou pessoa - retornar ao passado. A primeira delas envolveu um homem jovem, acompanhado de um guarda-costa mudo e vigilante. Ele gostaria de retornar no tempo, encontrar seu pai falecido e descobrir onde ele teria ocultado bens que não quis especificar. A segunda, teve como protagonista uma repórter de uma tradicional revista sensacionalista, interessada em aprofundar investigações na área de vidas passadas. Ao mesmo tempo, Novello atraiu o interesse de psicólogos, psicanalistas e filósofos e reuniu mais de 400 interessados numa palestra que lotou o planetário do Rio. Para ele, essa diversidade de reacções revela "a dificuldade que temos em aceitar fatos que não integram a experiência cotidiana e, nesse caso, está incluída a maior parte do conhecimento da física neste século." É o que acontece com a teoria da relatividade de Einstein ou com a aceitação da existência de partículas fantasmagóricas, como os neutrinos. Os neutrinos, partículas aparentemente destituídas de massa, podem

atravessar todo o corpo da Terra sem serem detidos, devido à fraca interação com a matéria.

Concordância

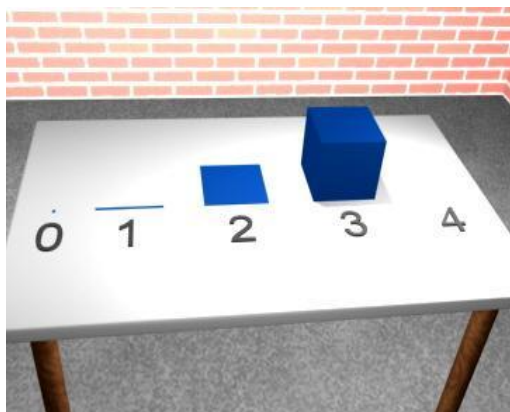
Novello lidera uma equipe que nos últimos 15 anos esteve teoricamente envolvida com a pesquisa de "time machine", como essa possibilidade de viagem no passado é conhecida entre os físicos. Além do grupo brasileiro, outras duas equipes, na Rússia, trabalham no assunto. Eles investigaram uma possibilidade levantada em 1949 pelo matemático Kurt Godel para as equações da relatividade geral de Einstein. Em essência, na solução encontrada por Godel para as equações da relatividade geral - que são equações de gravitação - tudo se passa, detalha Novello "como se a matéria, em todos os pontos do Universo, estivesse girando em torno de um eixo de rotação local." Essa hipótese, aparentemente inocente, tem uma consequência desconcertante: do ponto de vista físico, diz Novello "ela implica numa geometria capaz de abrigar Curvas de Tempo Fechadas", que os físicos chamam de CTC. As CTCs, do ponto de vista da física - ainda que nenhuma delas tenha sido observada até agora - são as regiões de arraste gravitacional do espaço-tempo: o caminho que conduz ao passado. Kurt Godel (1906-1978), matemático austríaco naturalizado norte-americano notabilizou-se especialmente por conclusões inesperadas sobre o completamento das matemáticas. Para Novello, poucas pessoas fora do círculo restrito dos relativistas conhecem seus trabalhos sobre a estrutura formal do tempo. "Não gosto disso" - No dia 31 de agosto de 1950, durante o Congresso Internacional de Matemática em Cambridge, Massachusetts -, onde Einstein estava sendo homenageado - Godel referiu-se às descobertas matemáticas que havia feito no ano anterior, envolvendo "time machine." Einstein, que segundo Novello, era um dos poucos presentes capazes de entender toda a extensão do que estava sendo dito, ao final da exposição respondeu apenas: "Eu não gosto disso." Para o cosmólogo brasileiro, a reação do físico não foi nada surpreendente: "Einstein era conservador neste sentido". De facto, e isto não só em relação a "time machine". Num primeiro momento, a ideia de um universo em expansão ou contração perturbou Einstein. Outro desconforto que ele sentiu foi em relação à ausência da causalidade na mecânica quântica, que estimulou discussões com Werner Heisenberg, outro dos físicos notáveis deste século. No final da década passada, o assunto "time machine" voltou à discussão. Por trás dela estava novamente um debate cosmológico. Entre os defensores da cosmologia do "Big Bang" ("Grande Explosão") -, a ideia de que o Universo surgiu de uma singularidade -, havia uma aceitação tácita de um tempo global, válido para todo o Universo. Nesse modelo, segundo Novello, estava excluída a possibilidade de "time machine", o retorno ao passado. E isso porque a topologia aceita indicava que um observador só poderia caminhar para o futuro. A ideia de Godel, da matéria girando em torno de um eixo para produzir as CTCs, era vista como "curiosidade matemática". A virada de mesa aconteceu com um artigo do físico norte-americano Kip Thorne, atualmente no California Institute of Technology. Ele publicou o trabalho na Physical Review Letters, órgão oficial da American Physical Society. O trabalho de Thorne, segundo Mário Novello, envolvia uma outra estrutura cósmica, que os astrofísicos conhecem como Ponte Einstein-Rosen. Essa estrutura é uma conexão teoricamente possível no espaço-tempo entre dois pontos de um mesmo universo ou entre dois possíveis universos ligados por uma singularidade, um ponto de extrema densidade, como

um buraco negro. Essas conexões no espaço-tempo, popularizadas sob o nome de "buracos de minhoca", podem, em princípio, permitir viagens no tempo. Uma série de descobertas sugerem que, de fato, o Universo como um todo não se comporta como as interpretações de Godel. Essa, no entanto, é uma situação frequente na investigação científica, onde as previsões teóricas devem ser confirmadas pela observação.

Abertura

O artigo de Kip Thorne, envolvendo "time machine" nas pontes de Einstein-Rosen, no entanto, abriu espaço para a consideração dos trabalhos teóricos de Novello e seu grupo, no Rio. O postulado de Novello e sua equipe é que se o Universo inteiro realmente não se comporta como a interpretação dada por Godel. Mas, regiões do Universo, que ele agora prefere chamar de "Células de Godel", podem se comportar assim, abrigando as CTCs e permitindo retornos ao passado. O curioso, acrescenta ele, é que os dois grupos na Rússia também chegaram à mesma conclusão, à mesma época, embora desconhecessem a existências, uns dos outros.

Simultaneidade



Descobertas idênticas e simultâneas feitas de forma independente certamente não podem ser chamadas de coincidência. Pelo menos em relação ao que diz o filósofo da ciência Thomas Kuhn, falecido recentemente. Os períodos de ciência normal, escreve Kuhn em sua *Estrutura das Revoluções Científicas*, são permeados por intervalos de crise, quando as teorias em vigor não conseguem mais explicar uma determinada realidade. Eles, provocam, assim, uma implosão paradigmática, com a

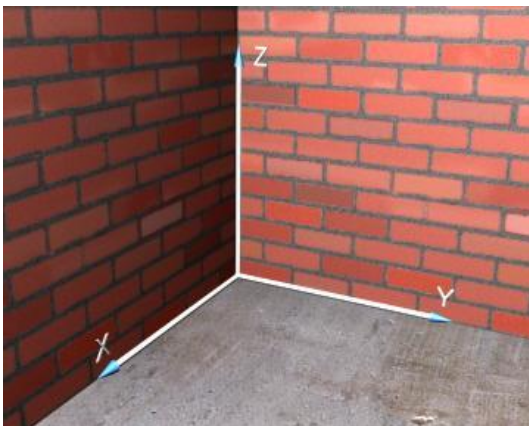
emergência de novos valores. Na avaliação de Novello, uma das consequências da confirmação de "time machine" é a refutação da ideia de que o mundo pode ser entendido de maneira linear e assim se possa, definitivamente, atingir o centro da "verdade das coisas como defende o pensamento positivista que impregna fortemente a investigação científica". Um dos sinais evidentes desta nova perspectiva, na avaliação de Novello, é a realização - de domingo passado a tarde de hoje, em Jerusalém - de um congresso internacional sobre cosmologia não singular, onde o assunto "time machine" é um dos temas de destaque dos debates. Ele foi convidado e aceitou coordenar essa discussão. Uma primeira tentativa para produção de um modelo teórico capaz de permitir que um corpo material caminhe sobre uma CTC na geometria proposta por Godel foi proposta no início da década passada. A ideia, segundo Novelli, é simples. Trata-se de considerar que "para seguirmos uma trajetória para o passado nessa geometria seria necessário que uma força actuasse sobre ele produzindo uma aceleração." Em princípio, argumenta, um foguete poderia fazer isso. O problema é que ele deveria atingir alta velocidade, próximo a 0,7% da velocidade da luz (2.100 quilômetros por segundo) e, para isso, atingir tal velocidade consumiria uma quantidade brutal de

energia. Uma alternativa é o uso de aceleração electromagnética. Nesse caso, um astronauta - guiado do interior de uma cápsula blindada - seria colocado em órbita em torno de um "raio crítico", região limite entre a possibilidade e impossibilidade de uma viagem no tempo. O que não se pode pensar, no entanto, adverte o físico "é que alguém possa voltar à Terra, no século 12, por exemplo. Para isso, seria necessário que a Terra fosse levada a essa região da Célula de Godel, o que é absurdo." Assim, complementa ele, na realidade "não sabemos o que é que volta ao passado." Um dos impedimentos lógicos que sempre apontaram a contradição de uma viagem ao passado é conhecida como "paradoxo do avô". Neste caso, um observador que retornasse no tempo poderia, em princípio, matar seu avô e assim impedir que sua mãe nascesse e ele próprio fosse gerado para retornar ao futuro. Viagem no tempo via CTCs, no entanto, elimina essa questão. Num retorno ao passado, argumenta Novello, "obrigatoriamente há perda de informação e isso é válido tanto para uma partícula quanto para um objeto mais complexo, como uma pessoa". Assim, ao menos em princípio, alguém que retornasse ao passado não teria nenhuma consciência disso.

Mais de três dimensões?

Agora que você já entendeu o que são as dimensões, vamos pensar um pouco mais sobre o ponto, a recta, o quadrado e o cubo, colocados sobre aquela mesa e mostrados novamente aqui, na figura 2.1, como exemplos de objectos de zero, uma, duas e três dimensões. Eles foram movidos para dar lugar, à direita do cubo, ao próximo objecto da sequência, que deve ter quatro dimensões.

Observe que existe uma lógica de construção de um objecto a partir do anterior, da esquerda. Se o ponto se deslocar para a direita, no sentido do comprimento da mesa, traçando sua trajectória sobre ela, ele vai gerar o segmento de recta. Se o segmento de recta se deslocar para trás, no sentido da largura da mesa, ele vai gerar o quadrado. Se o quadrado se deslocar para cima, perpendicularmente à mesa, vai gerar o cubo. Assim, se quisermos saber qual o próximo elemento da fila de objectos, teremos apenas que deslocar o cubo numa direcção apropriada e observar qual objecto ele gera.



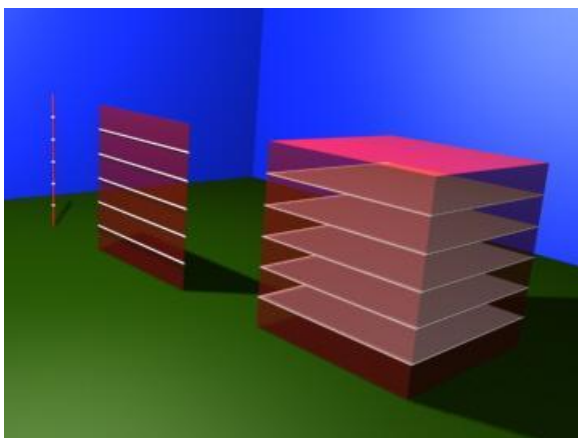
Para criar a recta, fomos para a direita. Para criar o quadrado, fomos para trás. Para criar o cubo, fomos para cima. Estas são as três direcções independentes do espaço em que vivemos, que são perpendiculares entre si. Se quisermos agora gerar o objecto 4D (quadridimensional), teremos que mover o cubo numa nova direcção, ainda não usada, que seja perpendicular às três direcções anteriores. Percebeu a lógica? Vamos repetir. Quando geramos a recta,

levamos o ponto para a direita e usamos a primeira direcção. Quando geramos o quadrado, levamos a recta para trás e usamos a segunda direcção, que é perpendicular à primeira. Quando geramos o cubo, levamos o quadrado para cima e usamos a terceira direcção, que é perpendicular às duas anteriores. É por isso

que o movimento do cubo deve ser feito agora em uma nova direcção, que seja perpendicular às três direcções anteriores, que já usamos. Mas é justamente aí que surge o grande problema, porque não temos mais para onde ir.

A figura 2.2 mostra um canto de parede com eixos que apontam para as três direcções independentes do nosso espaço 3D, com as quais estamos habituados. Damos o nome de origem ao ponto onde os três eixos se juntam. É aquele lugar que está, ao mesmo tempo, no chão, numa parede e na outra. Tente imaginar um quarto eixo que passe pela origem e seja perpendicular aos três eixos já desenhados (X, Y e Z). Por mais que você procure, não vai encontrar. Não há lugar para ele, ou, melhor dizendo, não há espaço para ele. Falta uma dimensão espacial extra, a quarta, para conter o novo eixo. Por isso dizemos que vivemos em um espaço de três dimensões (três direcções espaciais independentes, perpendiculares entre si).

Essa limitação parece ser definitiva, fisicamente inviolável. Porém, a mente humana é rebelde e não aceita a imposição de grilhões com facilidade. Então, há muito tempo, questionou-se se o fato de não conseguirmos traçar o quarto eixo não estaria ligado apenas a uma característica física do nosso espaço. Assim, nesse modo de ver, o próprio espaço em que estamos seria o limitador, responsável pela inexistência de objectos 4D dentro dele, já que não podemos colocar objectos em espaços com um número menor de dimensões. Daí vêm algumas perguntas inevitáveis. Será que não poderia haver outros espaços (universos) com um número de dimensões superior a três? Não estaríamos apenas incapacitados de imaginar objectos com quatro ou mais dimensões porque nunca os vimos antes, já que não cabem no Universo? Será que não poder ver esses objectos multidimensionais nos cria barreiras intransponíveis à tarefa de descobrir suas propriedades geométricas?



Embora estejamos definitivamente condenados a nunca ver coisas de quatro dimensões, é possível imaginarmos as suas características, algumas com facilidade. A análise simples nos dá um exemplo. Se a recta tem comprimento medido em metros, o quadrado tem área medida em metros quadrados e o cubo tem volume medido em metros cúbicos, o próximo objecto da série é algo a que chamamos de hipercubo e tem um hipervolume medido em metros

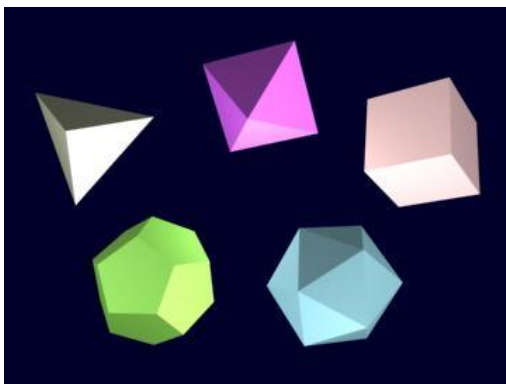
elevados à quarta potência. Dá para ver isso? Não, impossível, mas existe uma lógica muito forte para sustentar essa afirmação, como você pode perceber se colocar a sequência em uma tabela.

Um hipercubo tem uma dimensão extra, a quarta. Ele é muito mais do que um cubo. Para ter uma pálida ideia do que ele é, saiba que um hipercubo é tão mais do que um cubo quanto um cubo é mais do que um quadrado. Se você fatiar um cubo com cortes planos paralelos a uma face, pode obter uma infinidade de quadrados.

Da mesma forma, se você fatiar um hipercubo adequadamente, pode obter uma infinidade de cubos. O problema aqui é que, se você usou um plano (2D) para cortar um cubo, vai ter que usar um espaço 3D (hiperplano) para cortar um hipercubo. Se a sombra de um cubo é uma figura plana, com área (2D), então a sombra de um hipercubo é um sólido comum, com volume (3D). Como a sombra de um cubo pode ser um quadrado, a sombra de um hipercubo pode ser um cubo, dependendo apenas das circunstâncias. Mas, se você projectou a sombra de um cubo sobre um plano, vai ter que projetar a sombra de um hipercubo sobre um espaço tridimensional.

Muito difícil?

Bem, o truque é procurar por analogias e depois aumentar o número de dimensões. Vejamos o exemplo da figura 2.3. Você pode desenhar vários pontos em uma recta, várias rectas paralelas em um plano e vários planos paralelos em um espaço 3D. Acrescentando mais uma dimensão, você conclui que pode desenhar vários hiperplanos (espaços 3D) paralelos em um espaço 4D. É estranho para nós, porque o espaço 3D é tudo, não parecendo que possa existir lugar para mais de um. Mas, se vivêssemos achatados em um plano (espaço 2D), nós também iríamos estranhar a ideia de que vários planos paralelos pudessem ser colocados em um espaço 3D. Para nós, o plano seria tudo. Por isso podemos imaginar a existência de um quarto eixo, que se dirige para fora do nosso espaço 3D (Universo) do mesmo modo como um terceiro eixo se dirige para fora de um plano, perpendicularmente a ele.

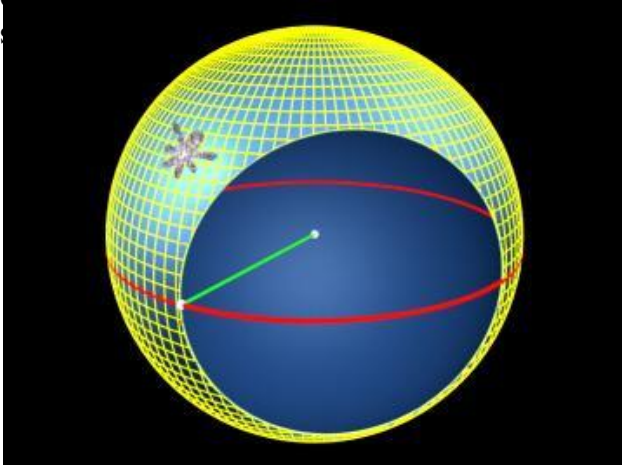


As figuras planas são para nós como sombras (que têm área) amassadas em um espaço 2D, como fatias finas de objectos 3D. Então, na opinião de uma criatura que viva em um universo 4D, nós somos também como sombras (que têm volume) amassadas em um espaço 3D, como fatias finas de objectos 4D. Mas, se você se preocupa com o grande volume do seu corpo e não consegue compreender como ele pode ter, ao mesmo tempo, uma medida

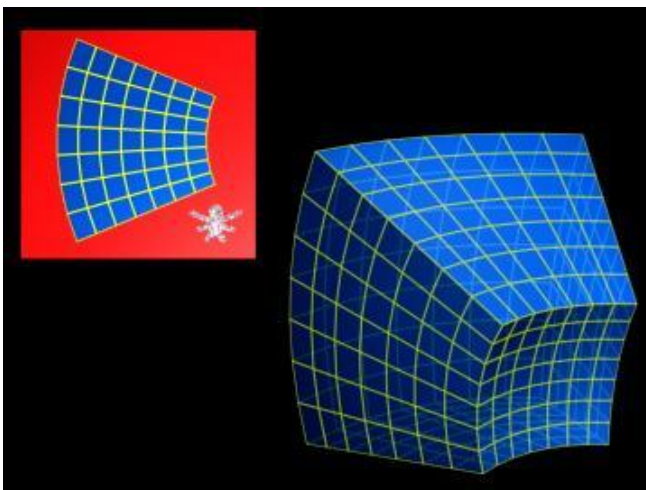
esteticamente exemplar (igual a zero), lembre-se de que você se achata somente na quarta direcção, tendo uma obesidade evidente em cada uma das outras três, da mesma maneira que um quadrado é achatado na terceira direcção (altura nula) mas tem medidas substanciais nas outras duas (comprimento e largura). Pegou o jeito de raciocinar?

Nada existe nas teorias matemáticas que limite em três o número máximo de dimensões de um espaço. Se representamos os pontos de um plano em coordenadas cartesianas com dois números, podemos representar pontos do espaço 3D com três e do espaço 4D com quatro. Se as equações com duas variáveis representam gráficos de linhas (1D) colocadas em um plano (eixos X e Y), então as equações com três variáveis representam gráficos de superfícies (2D) colocadas em um espaço 3D (eixos X, Y e Z) e as equações com quatro variáveis representam gráficos de espaços 3D (hipersuperfícies) colocados em um espaço 4D (eixos X, Y, Z

e H, por exemplo). Tudo muito fácil, a menos que você tente visualizar as formas físicas desses hiperobjetos. Matematicamente falando, o jeito de se trabalhar com muitas dimensões não é diferente daquele que utilizamos para trabalhar com poucas. Os objectos de quatro dimensões são muito mais complexos do que os que existem no nosso espaço de apenas três. Com uma dimensão a mais, surgem novas características e propriedades interessantes, que são estudadas e conhecidas há muito tempo pelos matemáticos. Um exemplo curioso é o da existência dos polítopos convexos regulares, versões 4D dos nossos cinco famosos poliedros convexos regulares (da figura 2.4). Mas os polítopos regulares do espaço 4D são voltaremos mais tarde.



Acredite, o seu corpo físico está confinado em um espaço de somente três dimensões, mas a sua mente, de natureza imaterial, não precisa ficar encarcerada nele. Viaje connosco nesta aventura de exploração do território infinito que se encontra além de tudo o que para nós existe, porque se projecta para fora do Universo.



Unverso 3D

A primeira imagem mental despertada em nós quando contemplamos a grandeza do Cosmos é a que mais se aproxima do conceito de infinito. Ao olharmos para o céu noturno, numa noite sem Lua nem nuvens, de um local distante das cidades, logo nos imaginamos situados dentro de um volume de espaço sem fim e que, se tivéssemos

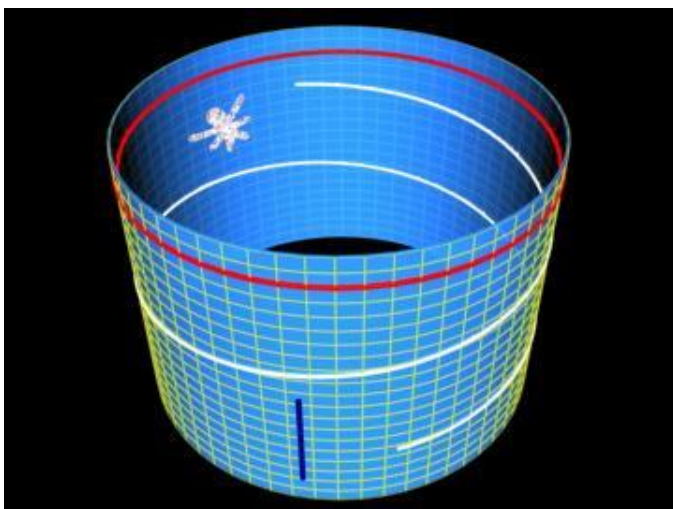
condições técnicas e tempo disponível, poderíamos viajar por ele em linha recta, para sempre, em qualquer direcção escolhida. Este modo intuitivo de imaginar o Universo é equivalente a uma forma geométrica denominada hiperplano (um espaço 3D), o análogo imediatamente superior ao plano comum, quando se sobe a escada das dimensões. Nesse espaço em particular, onde as linhas rectas são possíveis, valem as regras da geometria euclidiana (plana), a qual, entre outras coisas, nos garante que os ângulos internos de um triângulo somam 180 graus.

Suspeitando de que o hiperplano talvez não seja a única forma possível para o Universo, devemos estudar outras possibilidades e suas implicações. Mas é preciso que tomemos muito cuidado com isso, porque, do mesmo modo como Eck não pode ver a forma da superfície em que vive, por estar preso nela, nós também não vamos poder ver a forma de nosso espaço 3D. Assim, não é uma tarefa fácil a que nos desafia agora. Ela deve ser realizada por meio de analogias, pois não é possível desenharmos espaços 3D. Somente com os recursos da Matemática teremos uma

compreensão melhor das propriedades dessas formas geométricas, principalmente se elas forem cortadas, torcidas e coladas.

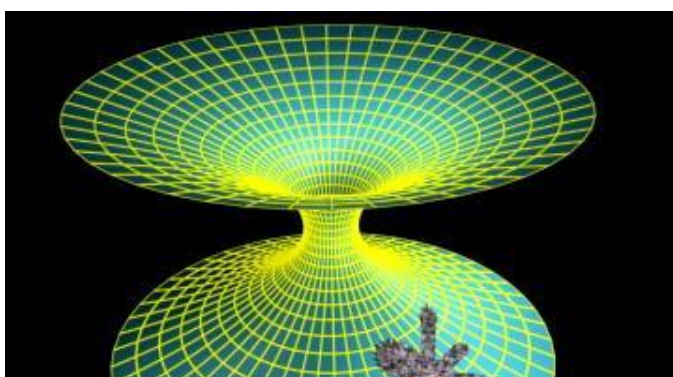
Para exemplificar, mas evitando as equações, vamos pensar no espaço que é o análogo de uma superfície esférica. Ele tem três dimensões e volume finito, curva-se no espaço 4D e fica com o aspecto de uma hiperesfera (se visto por seres 4D). Mas esta é oca, porque o espaço 3D que estamos considerando corresponde somente à sua casca externa (uma casca 3D). As regiões interior e exterior da hiperesfera não podem ser vistas nem visitadas pelos seres 3D que vivem naquela casca, porque elas são partes do espaço 4D. Soa de modo estranho, eu sei, mas, analisando com cuidado o caso análogo, no degrau imediatamente inferior da escada dimensional, você vai perceber a lógica. Para isso, releia a segunda, a terceira e a quarta frases, sublinhadas neste parágrafo, substituindo "três" por "dois", "volume" por "área", "4D" por "3D", "3D" por "2D" e "hiperesfera" por "esfera", ajustando também a concordância gramatical. Você vai estar descrevendo perfeitamente uma superfície esférica.

Em resumo, o espaço 3D que estamos estudando é curvo, de volume bem



determinado e raio de curvatura constante. Nele não existem linhas rectas. A melhor aproximação delas são as geodésicas, que correspondem aos círculos máximos. Estes têm todos comprimentos iguais. Se um ser 3D caminhar em linha "recta" (geodésica), vai acabar retornando ao lugar de partida. Não pense, então, que um espaço de volume finito tenha algum limite físico que impeça as viagens de seus habitantes para além de certo

ponto. Não há barreiras assinalando um fim. Por isso dizemos que esse espaço é ilimitado (não tem limites). Ele também não tem pontos especiais. Todos estão a uma mesma distância de um centro fixo, mas este fica fora do espaço 3D considerado. O raio de curvatura é a distância do centro até qualquer ponto desse espaço. Portanto, ninguém pode caminhar ao longo do raio, porque ele está situado no espaço 4D. E tome cuidado com a palavra fora, citada linhas atrás, porque ela significa apenas que o centro desse universo estudado não é um de seus próprios pontos, mas sim um ponto exterior a ele, embora esteja de facto dentro da hiperesfera oca. Sentiu a dificuldade? Sem a construção de boas imagens mentais disso tudo não se pode chegar a um entendimento satisfatório. Por outro lado, se você entendeu, acaba de realizar um hipersalto.



A figura 8.1 mostra uma superfície esférica, espaço 2D que pode ajudar você a "sentir" o espaço 3D curvo análogo, que acabamos de ver.

Nela foi feita uma abertura circular para que você possa ver sua parte oca interior, seu centro e um raio (recta verde). Uma das geodésicas (circunferência vermelha) foi desenhada e mostrada também pela parte interna da superfície, para que você perceba que o centro dela coincide com o centro da esfera. Note que, para quem habita a superfície, sua curvatura é incompreensível, porque ocorre na terceira dimensão e não pode ser vista. Quando os seres 2D caminham ao longo das geodésicas, pensam que estão percorrendo linhas rectas. Por isso fica tão difícil entenderem como podem, assim, voltar ao ponto de partida. Além disso, como aqueles seres acham que seu universo ocupa todos os lugares possíveis, ficam confusos quando tentam imaginá-lo torcido. A mesma situação ocorreria connosco se estivéssemos presos num espaço 3D análogo. Se o Universo tivesse essa forma, voltaríamos ao ponto de partida após uma longa viagem em linha "recta" e também não entenderíamos a sua curvatura. Seria difícil aceitar a existência de lugares fora dele, onde ninguém pudesse ir.

Ao tentarmos explicar a Eck que seu universo 2D é curvo, haveria uma tendência de que ele imaginasse uma parte de um plano com uma torção como a da figura 8.2, que ocorre sobre as duas dimensões que ele conhece, não sobre a terceira. O suposto plano torcido de Eck, que parece um quadrado deformado, continuaria sendo uma figura plana e nada teria a ver com uma superfície curva. Do mesmo modo, se nos dissessem que o Universo é curvo, talvez tentássemos imaginar uma parte dele torcida de modo semelhante, sobre as três dimensões a que temos acesso, não sobre a quarta. O resultado, que parece um cubo deformado (na mesma figura), continuaria pertencendo a um espaço 3D euclidiano (hiperplano) e nada teria a ver com um espaço 3D curvo. O universo curvo de Eck não cabe em um plano e, igualmente, o Universo (o nosso), se imaginado curvo, não pode estar contido em um hiperplano. Então, não tente ver esse tipo de curvatura, porque você não vai conseguir. O importante é saber que, se ela existir, vai causar efeitos físicos que podem comprová-la.

Seria bom investigarmos as propriedades geométricas de nosso espaço 3D através de testes, para ver se ele difere de um hiperplano. No caso de somarmos os ângulos de um triângulo, devemos estar atentos para o fato de que, se ele for pequeno demais, pode não mostrar um resultado diferente de 180 graus. Talvez possamos um dia desenhar grandes triângulos com raios de luz, mas, uma ideia menos difícil de ser posta em prática é verificar se a presença da matéria pode alterar localmente a geometria do Universo, como Einstein sugeriu há muito tempo na sua Teoria da Relatividade Generalizada. Esse teste foi feito pela primeira vez em 1919, durante um eclipse solar total, com resultados que apontaram para uma geometria espacial diferente da euclidiana nas imediações do Sol. Portanto, a gravidade é o efeito que sentimos quando nos colocamos em uma região torcida do nosso espaço 3D. Preferimos dizer que a gravidade é um campo de forças, porque não temos uma explicação mais simples para a variação de velocidade que ela causa nos objectos em movimento livre, mas as equações que a descrevem com perfeição são as mesmas que moldam um hiperespaço deformado. A gravidade tem tudo a ver com a geometria multidimensional não euclidiana.

Todos os exemplos dados quando torcemos um universo 2D se aplicam também ao espaço 3D. É possível criarmos situações análogas às daqueles casos da superfície

cónica com circunferências de 270 graus e da tira torcida que inverte as formas 2D, deixando inúmeras possibilidades como exercícios para nossa imaginação.

Na figura 8.3 está uma parte de um universo 2D cilíndrico, onde são mostradas três de suas geodésicas: uma recta (azul), uma circunferência (vermelha) e uma hélice (espiral branca). Pense nas consequências das viagens ao longo dessas geodésicas. Veja como o resultado de uma viagem depende da direcção escolhida de um modo surpreendente. Tente perceber como geralmente existem vários caminhos "rectos", de comprimentos diferentes, ligando dois pontos fixos dessa superfície. Procure imaginar um espaço 3D com propriedades semelhantes.

Na figura 8.4 está uma parte de um universo 2D com um gargalo que impede a viagem de grandes objectos em algumas direcções. Tente imaginar seu análogo 3D e procure "sentir" o que aconteceria com uma pessoa que fosse gorda demais para ultrapassar aquela região estreita. Resista à tentação de formar uma imagem mental de uma pessoa que tenta passar por dentro de uma ampulheta gigante, porque isto não tem nada a ver com o problema proposto. Talvez ajude se você perceber que Eck não vê o gargalo, mas nota sua presença de um modo muito interessante. Ele esbarra em si mesmo quando tenta atravessar aquela região apertada.

Imagine outras superfícies e tente descobrir propriedades em espaços 3D análogos. Em alguns espaços a soma dos ângulos internos de um triângulo é menor do que 180 graus. Prepare-se bem para poder seguir adiante.

Física Quântica e Espiritismo: Comentando Alguns Paradoxos.

Alexandre Fontes da Fonseca

Os fenómenos ao nível quântico apresentam características completamente diferentes das que observamos no nosso quotidiano. No entanto, é prematuro crer que eles sejam causados por agentes de ordem divinos ou espirituais.

Na matéria anterior [1], apresentamos um alerta a respeito de algumas afirmativas envolvendo ideias da Física Quântica e ideias espíritas ou espiritualistas. Pretendemos aqui comentar por que os paradoxos oriundos dos fenómenos quânticos geram a ideia de que Deus ou algo espiritual sejam a causa ou a origem de tais fenómenos. Pretendemos, também, discutir a respeito de uma proposta espiritualista feita pelo professor de Física Quântica, Prof. Dr. Amit Goswami, em seu livro “O Universo Auto-Consciente”[2], para solucionar esses paradoxos. O Prof. Goswami foi um dos convidados internacionais no IV Congresso Nacional da Associação Médico Espírita do Brasil ocorrido em São Paulo, entre os dias 19 e 20 de Junho de 2003.

Um dos fenómenos de natureza quântica que desperta exclamação nas pessoas leigas em geral é o chamado Salto Quântico, onde uma partícula “desaparece” da posição (ou estado) em que está e “aparece” em outra posição (ou estado) sem viajar através das posições (ou estados) intermediários entre o ponto (estado) inicial e final. Esse fenómeno sugere o pensamento de que a partícula se

desmaterializa na posição inicial e se materializa, em seguida, na posição final. Assim, surge a ideia de se comparar esse fenómeno com o que a Doutrina Espírita descreve como sendo o efeito físico de materialização de objectos. O erro ocorre, primeiramente, porque partículas isoladas não são comparáveis a objectos macroscópicos. Pensar que “a partícula é desmaterializada aqui e materializada ali” é uma forma “clássica” de se pensar, isto é, é uma forma de pensar de acordo com o nosso costume de analisar os movimentos dos objectos macroscópicos. Não existe suficiente informação para concluir se o fenómeno de materialização ou desmaterialização de objectos macroscópicos ocorre da mesma forma como descrito com um salto quântico. Vale lembrar que os mecanismos do salto quântico são ainda uma incógnita para a Ciência.

Outra característica interessante é a chamada dualidade onda-partícula onde um objecto quântico, apresenta características ora de partícula, ora de onda, dependendo de como “olhamos” para ela, isto é, de como o experimento é feito para detectá-la. O aspecto que chama a atenção é o carácter subjectivo do resultado do experimento: ele depende da nossa escolha. Voltaremos a esse ponto adiante.

Existe um postulado da Mecânica Quântica chamado colapso da função de onda. Por função de onda, entende-se uma função matemática associada às propriedades físicas de uma dada partícula ou sistema formado por um conjunto delas. Segundo a Mecânica Quântica, o estado de uma partícula, antes de se fazer uma medida, é representado por uma superposição de todas as situações possíveis. Apenas após a medição é que algum dentre os possíveis valores de uma dada grandeza física se manifesta. É dito, então, que a função de onda colapsou para o estado representado pelo valor da grandeza medida. A partir daí, dependendo da propriedade física, se não houverem interferências externas, a partícula se caracterizará por possuir o mesmo valor que foi medido para a tal propriedade. Aqui, como no caso da dualidade onda-partícula, o observador tem um papel decisivo na caracterização das propriedades das partículas.

Um outro fenómeno que foi constatado experimentalmente é o chamado fenómeno de não-localidade. Num arranjo experimental conhecido como “experiência de Einstein-Podolsky-Rosen” verificou-se ser possível o envio de uma informação de modo instantâneo de um ponto a outro do espaço. O salto quântico e o colapso da função de onda seriam, também, exemplos de fenómenos não-locais.

Não é preciso citar outros exemplos para percebermos que esses fenómenos que acontecem com as partículas da matéria são completamente diferentes daquilo que vemos ao nível macroscópico. Esse carácter estranho e misterioso que tais fenómenos apresentam tem levado alguns irmãos nossos do movimento espírita a formularem extrapolações de ordem espiritualista para explicá-los. Apesar da intenção nobre de verificar o acordo entre o Espiritismo e os avanços da Ciência, tais estudos precisam ser feitos com um rigor ainda maior do que aquele que caracteriza um trabalho usual de pesquisa científica, pois a responsabilidade de divulgar uma ideia espírita ligada à Ciência é muito grande. Imagine o leitor o que pensará um cientista ao ler alguma interpretação errada de algum conceito científico. Poderemos afastar o seu interesse no Espiritismo por causa de uma ideia ou colocação errada.

Desejamos comentar algo a respeito do trabalho do Prof. Dr. Amit Goswami que propõe a chamada Filosofia Idealista como solução para os paradoxos que apresentamos anteriormente. Segundo Goswami [2] uma solução seria postular-se a existência de uma consciência maior ou consciência cósmica que seria onnipresente (para resolver o problema da não-localidade) e estaria ligada a cada ser humano (para resolver o problema do colapso da função de onda).

Esta proposta é interessante do ponto de vista espiritualista e, ao nosso ver, se constitui na primeira proposta espiritualista mais séria envolvendo questões de ordem científica. Note que utilizamos a palavra espiritualista e não espírita. A razão para isso é que, em nossa análise, apesar da proposta do Prof. Goswami introduzir a existência de uma consciência que poderia ser considerada, em princípio, como o Criador, ela não resolve o problema do Espírito. Segundo a sua proposta, a nossa consciência individual não existiria de forma independente do corpo físico. Isso está em franco desacordo com a Doutrina Espírita que afirma que somos a “individualização do princípio inteligente” [3] (questão 79 de O Livro dos Espíritos), e que o princípio inteligente independe da matéria.

Como o Prof. Goswami foi um convidado especial no MEDINESP 2003, é preciso reafirmar o alerta que fizemos na matéria anterior [1] de modo a orientar o leitor a receber as suas ideias e opiniões com precaução. Faço minhas as palavras do espírito de Erasto (Revista Espírita [4]): é preferível “rejeitar 10 verdades do que aceitar uma só mentira”(grifos nossos).

Aproveitamos, ainda, esta oportunidade para convidar o leitor amigo ao exercício da ponderação quando ler ou ouvir dizer, mesmo dentro do movimento espírita, que disciplinas científicas como a Física, a Química ou a Biologia estão provando as ideias espíritas. Devemos ter cuidado com o material divulgado que leva o adjetivo de espírita. Mesmo as pesquisas mais sérias, como é o caso da proposta do Prof. Goswami, não podem ser tomadas como verdades resolvidas. Seria interessante consultar vários profissionais da área de Física, Química ou Biologia antes de se dar crédito a essa ou aquela proposta ou teoria. Seria de grande importância que os autores e escritores que divulgam trabalhos espíritas nesses campos que publiquem a explicação completa dos mecanismos de suas propostas. Isso nos ajuda a fazer uma análise crítica de cada ideia. Uma afirmativa não tem valor científico só porque está ligada a um tema científico. Mesmo autores que são profissionais em Ciência devem ser questionados já que isso não é garantia de que suas ideias são verdadeiras.

Ainda sobre os paradoxos da Mecânica Quântica, vale lembrar que para a comunidade científica eles ainda não foram completamente pesquisados e esclarecidos. A atitude mais prudente é esperar pelo desenvolvimento dessas pesquisas de modo a termos mais certezas e seguranças sobre o assunto.

Como físico, posso dizer que, apesar de não conhecermos ainda os seus mecanismos mais profundos, os fenômenos descobertos pela Física Moderna não estão em desacordo com os princípios básicos da Doutrina Espírita. E o que considero, particularmente, importantíssimo: eles (os fenômenos da Física Moderna) não sugerem que ela (a Doutrina Espírita) precise ser actualizada.

Referências

[1] A. F. da Fonseca, *Jornal Alavanca* n. 485, p. 5, (2003) & *Boletim Geae* Número 465 de 4 de Novembro de 2003.

[2] A. Goswami, *O Universo Autoconsciente*, Editora Rosa dos Tempos, 4ª. Edição (2001).

[3] A. Kardec, *O Livro dos Espíritos*, FEB, 76ª. Edição (1995).

[4] A. Kardec, *Revista Espírita* 8, p.257, (1861).

Alexandre Fontes da Fonseca – afonseca@rutchem.rutgers.edu
Department of Chemistry, Rutgers, The State University of New Jersey, Piscataway, New Jersey, 08854-8087, USA

Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, S.P.

XXXXXX

“A distinção entre Passado, Presente e Futuro é apenas uma ilusão. O Tempo não é nada do que parece. Não corre numa única direcção e o Futuro existe simultâneamente com o Passado”.
(Albert Einstein)

"Não existem coisas observáveis na imagem mental do mundo. As coisas observáveis pertencem ao mundo das experiências sensoriais".
(Max Plank)

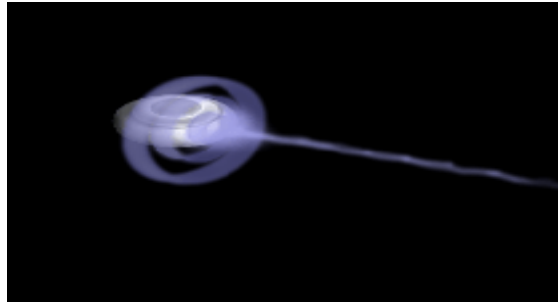
O poder do jornalista não se baseia no seu direito a fazer uma pergunta mas no seu direito a exigir uma resposta.
Milan Kundera

As pessoas não são recordadas pelo número de vezes que fracassaram mas pelo número de vezes que tiveram êxito.
Édison

O Mundo começou sem o Homem e acabará sem ele.

...

Dimensional.



Os filmes de ficção científica sempre fascinaram a um grande número de pessoas. "Viagens no tempo", "Dobras espaciais", "Universos paralelos", fazem parte do imaginário popular e os filmes Jornada nas Estrelas, Stars Wars, ET, Perdidos no espaço, de Volta para o futuro – exploram esse imaginário – e são grande sucesso. Estas questões das " dimensões extras" são abordadas pelos Físicos e Matemáticos actuais. Curiosamente, Místicos e Cientistas concordam em muitos pontos – inclusive na possibilidade de viajar no tempo. Esta página aborda estes dois aspectos e compara o Misticismo (de a Doutrina Secreta e a Chave Teosofia - de Helena Blavatsky) com as teorias expostas no livro (O Universo numa Casca de Noz - do Físico Stephen Hawking).

A teoria geral da Relatividade, proposta por Albert Einstein em 1915, combina a três dimensões do espaço (comprimento, largura e altura) com o tempo para formar o que se denomina espaço-tempo.

Neste contexto se incorpora o efeito da gravidade. Os objectos nesse espaço-tempo tentam se mover em linhas rectas, mas, como o espaço-tempo é curvo, suas trajectórias parecem arqueadas. A Relatividade A teoria Quântica, o princípio de incerteza de Heisenberg e as leis do electromagnetismo são o alicerce das teorias contemporâneas.

A primeira teoria citada (surgida na década de 1970) é A teoria das Cordas Supersimétricas – combina a teoria gravitacional com a teoria quântica.

As cordas, como suas homónimas do dia-a-dia (cordas de violão - por exemplo) são objectos com extensão unidimensional (possuem apenas comprimento e podem ser abertas ou fechadas); elas deslocam-se em relação ao espaço-tempo e suas ondulações são interpretadas como partículas (pág 52) .



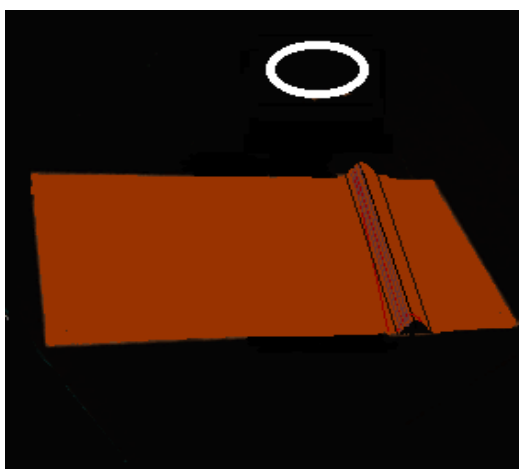
Por alguns anos as cordas reinaram supremas, sendo substituída por outras teorias.

A partir de 1985, foi ficando claro para os cientistas que a teoria das cordas não constituía o quadro completo – sendo que " elas não passam de um membro de

uma ampla classe de objectos que podem ser estendidos em mais de uma dimensão".

Teoria – M

Paul Towsend, membro do Departamento de Matemática e Física aplicada e Física Teórica de Cambridge (autor de grande parte do trabalho fundamental sobre os objectos denominados p-branas) " ampliou" a classe de objectos da teoria anterior. Assim uma brana com $p=1$ era uma corda, uma brana com $p=2$ era uma membrana, e assim por diante. Valores maiores de p ($p > 2$) são possíveis em espaços tempo com 10 ou 11 dimensões. No espaço-tempo onde vivemos, só percebemos as 4 dimensões maiores, sendo que as outras 6 ou 7 dimensões restantes são enroladas tão pequenas que não as notamos (pág 54).



Uma corda atinge uma p-brana

Na página 64 do livro " O universo numa casca de noz" – Stephen Hawking afirma: " Parece que vivemos em um 3-brana – uma superfície tridimensional (três espaços mais um tempo) que é o limite de uma região de cinco dimensões curvadas bem pequenas;"

Ao discorrer sobre os buracos negros (pág 125-126) " Buracos negros podem ser imaginados como as intersecções de p-branas nas dimensões extras do espaço-tempo. Informações sobre os estados internos de buracos negros seriam armazenadas como ondas nas p-branas... Em 1996 Andrew Strominger e Cumru Vafa fizeram um avanço importante. Eles optaram por considerar o buraco-negro como constituído de uma série de elementos, chamados p-branas...

Lembre-se que uma forma de imaginar as p-branas é como superfícies que se movem pelas três dimensões do espaço e também por sete dimensões extras que não notamos."

" Conforme explicado na teoria-M na rede de modernos matemáticos da teoria -M, o espaço-tempo possui 10 ou 11 dimensões. Até recentemente pensava-se que as 6 ou 7 dimensões extras seriam todas enroladas muito pequenas. Seriam como um fio de cabelo humano. Se você examinar um fio de cabelo sobe uma lente de

aumento, verá que possui espessura; a olho nu, porém parece uma linha, com comprimento, mas sem nenhuma outra dimensão. O espaço-tempo pode ser semelhante em escalas de comprimento humanas, atômicas ou mesmo da física nuclear... mas se sondarmos distâncias muito curtas usando partículas de altíssima energia, veremos que o espaço-tempo teria 10 ou 11 dimensões. (pág 178)"

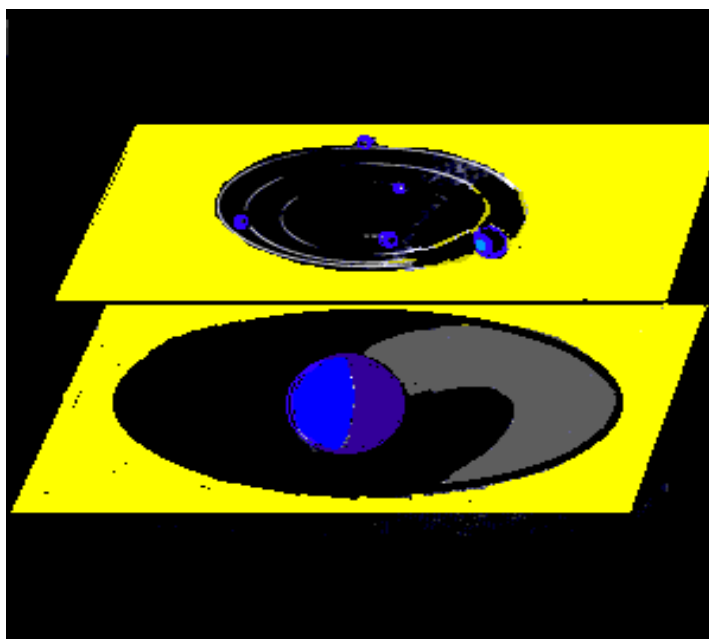
" Se todas as dimensões adicionais fossem minúsculas, seria muito difícil observá-las. Porém recentemente foi levantada a possibilidade de uma ou mais das dimensões extras serem comparativamente grandes ou mesmo infinitas... Grandes dimensões extras constituem um novo e empolgante progresso em nossa busca do modelo ou teoria final. (pág 180)

Comentário: estipula-se assim a existência de 4 dimensões (as 3 dimensões conhecidas + 1 dimensão - o tempo) que são aquelas estipuladas pela teoria da relatividade acrescidas de 6 ou 7 dimensões – que não são notadas pelos sentidos humanos. A princípio estas 6 ou 7 'dimensões extras' seriam todas em escala microscópica, mas algumas destas dimensões (1 ou mais) poderiam ser em escala macroscópica.

Stephen Hawking comenta a possibilidade da existência de Universos paralelos:

A possibilidade da existência de dimensões em escalas macroscópicas é abordada na (pág 180) " Porém, recentemente foi levantada a possibilidade de uma ou mais das dimensões extras serem comparativamente grandes ou mesmo infinitas. Essa ideia tem a grande vantagem (pelo menos, para um positivista como eu) de talvez ser experimentável pela próxima geração de aceleradores de partículas ou por medições sensíveis de curto alcance da força gravitacional. Grandes dimensões extras constituem um novo e empolgante progresso em nossa busca do modelo ou teoria final. Elas implicariam que vivemos em um mundo-brana, uma superfície ou brana quadridimensional num espaço-tempo multidimensional... A matéria e as forças não gravitacionais, como a força elétrica estariam confinadas à brana. Assim, tudo que não envolvesse a gravidade se comportaria como se só existissem quatro dimensões. Em especial, a força elétrica entre o núcleo de um átomo e os elétrons que o orbitam diminuiria com a distância, na quantidade certa para que os átomos fossem estáveis, sem que os elétrons caíssem no núcleo... Por outro lado, a gravidade em forma de espaço curvo permearia todo o espaço-tempo multidimensional. Isso significaria que a gravidade se comportaria diferentemente das outras forças que experimentamos; por se propagar em dimensões extras, a gravidade diminuiria com a distância mais rapidamente do que seria esperado (pág 181)."

"Nesse mundo-brana, viveríamos em uma brana, mas haveria outra brana 'paralela' perto. Como a luz se confinaria às branas e não se propagaria no espaço intermediário, não poderíamos ver o mundo paralelo.



Influência gravitacional em branas paralelas

Mas sentiríamos a influência gravitacional da matéria no paralelo. Em nossa brana, tais forças gravitacional pareceriam produzidas por fontes realmente 'escuras' de modo que a única forma de detectá-las seria por sua gravidade (pág 184)".

O que afirmam os Místicos sobre a existência de Universos Paralelos?

Nos livros a Chave da Teosofia e A Doutrina Secreta – de Helena Blavatsky existe um questionamento sobre a existência de 7 planos (dimensões) assim descrito:

" P: Pelo que tenho entendido, descrevem nosso planeta como parte de uma cadeia de terras.

T: Sim é verdade. Mas as outras seis ' terras ', ou globos, não se acham no mesmo plano de subjectividade da nossa terra; por isso não podemos vê-las.

P: Deve-se a isso a grande distância que nos separa delas?

T: De maneira nenhuma, porque vemos a olho nu planetas e até estrelas muito mais distantes; mas, deve-se antes, a que esses seis globos se encontram fora do alcance de nossos meios físicos de percepção, ou plano de nosso ser. Não é também, porque sua densidade material, peso ou constituição sejam inteiramente diferentes dos da Terra e dos demais planetas conhecidos, mas sim porque se encontram situados (para nós) em uma camada do espaço, digamos, inteiramente diferente; uma camada que não pode ser percebida, ou melhor, sentida por nossos sentidos físicos. E quando digo " camada", não pense que se trata de faixas materialmente colocadas umas sobre as outras, pois isto só nos levaria a um novo absurdo e novo erro. O que entendo por " camada " é aquele plano do espaço infinito, que por sua própria natureza não pode ser percebido por nossas faculdades comuns em estado de vigília, quer sejam mentais ou físicas, mas sim que existe na natureza, foram de

Comentário: Curiosamente, os discursos (da ciência e do misticismo) não se contradizem (e são similares). Só que o discurso do misticismo é mais antigo. Sobre a existência de Universos Paralelos, confesso que o discurso de Stephen Hawking surpreende (comprem o livro - é interessante). No livro *A Doutrina Secreta – Volume I – Cosmogênese* – A autora também trata das Dimensões do Espaço-Tempo sob a óptica da Teosofia. Veja abaixo:

Cadeia Lunar | **Cadeia Terrestre**

Nosso Universo de Percepção

"... Todos os planetas, Mercúrio, Vénus, Marte, Júpiter, Saturno, etc., e a nossa Terra, são visíveis para nós (como o nosso Globo provavelmente o é para os habitantes daqueles, se os há) porque se acham todos no mesmo plano; ao passo que os globos superiores e companheiros de tais planetas estão em planos inteiramente inacessíveis aos nossos sentidos terrestres. (pág 196)."

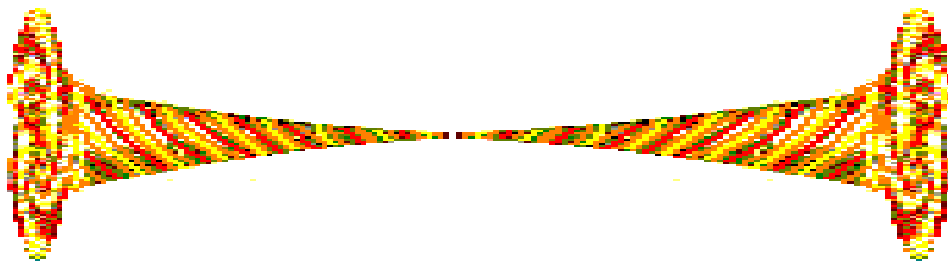
40

outras 6 'terras' estão noutras dimensões – por assim dizer menos materiais – ou espiritualizadas. Analogamente os demais planetas do sistema solar e do universo têm 6 globos companheiros existentes em outros 'universos paralelos' ou dimensões.

Stephen Hawking comenta a possibilidade de viagens no tempo:

" É difícil especular abertamente sobre as viagens no tempo. Corre-se o risco ou de provocar um protesto contra o desperdício de dinheiro público em algo tão ridículo, ou de receber uma solicitação de que a pesquisa seja secreta para fins militares. Afinal, como poderíamos nos proteger de alguém com uma máquina do tempo? Essa pessoa poderia mudar a história e dominar o mundo. Poucos cientistas são imprudentes o suficiente para trabalhar em um tema tão politicamente incorrecto nos círculos da física. Nós disfarçamos o facto usando termos técnicos que são um código para as viagens no tempo. " (pág. 133).

Em seguida ele afirma que a base de quase todas as discussões modernas é a teoria da relatividade de Einstein. A possibilidade da deformação do espaço-tempo permitiria ao crononauta (viajante no tempo) encontrar caminhos que interligam diferentes regiões do espaço e do tempo – estes caminhos ou atalhos são denominados de " buracos de minhoca " (tubos de espaço-tempo).



Os " buracos de minhoca " – se existissem seriam a solução para o limite de velocidade no espaço (uma espaçonave não poderia superar a velocidade da luz). Então estes atalhos nos fariam avançar ou retroceder no tempo, sem a necessidade de percorrer grandes distâncias.



Bibliografia:

O Universo Numa Casca de Noz – Editora Mandarin - 2001 (Stephen Hawking).
A Chave da Teosofia – Editora Três – 1973 (Helena P. Blavatsky).
A Doutrina Secreta -Volume I – Cosmogénese - Editora Pensamento - 1973 – (Helena P. Blavatsky).

O Espaço e O Tempo

Introdução

Os conceitos de ESPAÇO e TEMPO nos acompanham desde o nascimento e estão relacionados de alguma forma. Ao longo da vida tomamos consciência da sua " existência ", seja por experiência pessoal ou ensino académico. Nesta trajectória adquirimos novos conceitos e mudamos paulatinamente nossas concepções de Mundo. Os conceitos de ESPAÇO e TEMPO de uma criança é bem diferente do conceito experimentado por um adulto. A concepção de espaço-tempo de um homem iletrado é distinto daquele vivenciado por um Cientista. Seguem-se outros exemplos.

Para estudar o ESPAÇO o homem inventou uma linguagem própria (a geometria) e se instrumentalizou: distância, área e volume são representações humanas para o conceito de ESPAÇO; utilizamos a régua, teodolitos como instrumentos de medida. As unidades empregadas são o metro, km, milha, metro quadrado, litro, etc...

O TEMPO, segundo a concepção mais difundida é a medida entre dois eventos. O relógio é o instrumento usado para medi-lo. As unidades de medida do TEMPO são os minutos, as horas, dias, anos e seus múltiplos. Na Antiguidade eram usadas as posições dos astros: do Sol, da Lua das estrelas.

A Física associou o ESPAÇO e o TEMPO, criando fórmulas matemáticas para descrever o movimento dos corpos. Assim o ser humano, usando as suas habilidades de observação, construiu uma linguagem simbólica para descrever e relacionar estes dois conceitos (ESPAÇO - TEMPO). Surgiram os conceitos de velocidade, aceleração e inúmeros outros.

Torna-se evidente, no entanto, que para a existência dos conceitos de TEMPO e ESPAÇO é necessário que exista(m) OBSERVADOR(ES) (não necessariamente humanos), pois nos reinos animal e vegetal os conceitos de velocidade, TEMPO E ESPAÇO são "construídos" intuitivamente. Tanto o predador quanto a presa sabem calcular suas velocidades para atingir seus objectivos (o bote e a fuga); os vegetais trazem um conhecimento genético adequado para perceber o ambiente à sua volta.

Se TEMPO e ESPAÇO são conceitos que dependem dos órgãos sensoriais de observadores, podem ser avaliados de diversas formas, dependem, portanto da acuidade visual (ou sensorial), do estado emocional e da Consciência do observador. Dependendo do estado de ansiedade de um indivíduo um evento torna-se " mais demorado " ou " mais rápido ". Se estamos fatigados a caminhada pode se tornar " mais longa ". Naturalmente estas são impressões psicológicas onde não são utilizados os "árbitros infalíveis": ou seja os instrumentos medida. O que dependendo Tempo e o espaço dependem da posição do OBSERVADOR e/ou do estado de movimento do seu referencial a velocidade muda substancialmente assim como a distância percorrida por um determinado objecto e o Tempo pode ser relativizado.

O Espaço-Tempo, "ilusão" e "deficiência" dos sentidos.

Tudo o que vemos, ouvimos ou sentimos nos chega à consciência através de ondas. Estas ondas se originam fora do nosso corpo físico e são captadas pelos órgãos sensoriais (olhos, ouvidos, tacto), que as transmitem até nosso cérebro, aí são interpretadas pela nossa consciência – isso é o que nos ensina a ciência.

Os nossos sentidos, no entanto são " limitados ", ou apresentam "defeitos " ou " deficiências ". A Psicologia e as ciências que estudam a mente nos ensinam também que em estados alterados, podemos ter a percepção "distorcida" ou poderemos sofrer " bloqueios ".

A invenção do Microscópio e do Telescópio nos permitiu ampliar a visão. Nossa audição também aumentou substancialmente com a invenção do rádio, do amplificador sonoro. Conseguimos hoje em dia "enxergar " e "ouvir" um amplo espectro de ondas luminosas e sonoras – utilizando a moderna tecnologia disponível. Os óculos, lentes de contacto, aparelhos auditivos corrigem " nossas deficiências ", seguem-se inúmeros exemplos.

Algumas espécies de animais têm mais acuidade em determinados órgãos sensoriais que outros, tornando-se "especialistas" em áreas específicas. Uns enxergam melhor (percebem um espectro luminoso mais amplo), outros têm o faro mais apurado, outros reagem mais rápido aos estímulos, etc., etc. Podemos concluir que as diversas espécies animais e até indivíduos da mesma espécie percebem um mundo "diferente" e cada um " vive a sua realidade espacial-temporal ". Tempo e Espaço são percebidos de maneira distinta (diferente) pelos indivíduos ou pelas consciências individuais.

Os "limites" da Consciência

Vimos, anteriormente, que nossos sentidos são limitados – só conseguimos nos aperceber do que está à nossa volta: vemos nossos vizinhos, escutamos o barulho dos carros na rua próxima e até o latido de um cão um pouco mais longe. No entanto pouco sabemos (através dos sentidos físicos) o que acontece no bairro vizinho, na cidade vizinha, no país, etc. Recebemos notícias pelo rádio e TV ou obtemos informações pelo jornal, revistas, etc. O homem moderno ampliou os limites da sua Consciência, mas podemos imaginar como era seu "universo de informações " há duzentos anos atrás, ou seja antes do advento dos sofisticados instrumentos de comunicação actuais.

Vimos também que ampliamos substancialmente nosso campo de visão e audição. O microscópio electrónico, os aparelhos de ultra-som, o radar, o radiotelescópio nos permitem "enxergar" e "ouvir" o Micro e o Macro – Universo.

Vivemos no "Passado?"

Ao observarmos o céu estrelado à noite, com biliões de astros e estrelas – o que estamos vendo realmente? Estamos enxergando a luz que aqueles inumeráveis astros emitiram há dezenas, centenas e até milhares de anos atrás, e que só conseguiram chegar até nós "naquele momento" (após uma longa jornada pelo

espaço à velocidade de trezentos mil km por segundo). Muitos daqueles sóis já esgotaram suas fontes de energia e "hoje" são imensas massas escuras, outros se transformaram em Novas, Supernovas, anãs brancas ou vermelhas, mudaram de posição no céu, foram absorvidos por buracos negros, etc... Então nossa consciência não se apercebe do Universo Actual, " pois só nos chegam informações de um Universo que existiu há muito tempo ".

Analogamente enxergamos o nosso Sol com 8 minutos de atraso (que é o tempo que a luz do astro rei demora para atingir nossa retina). Ao olharmos uma montanha situada a 1 km de distância, estamos vendo uma montanha que existiu há exactamente 0,0000033... segundos atrás ($1/300.000$ s).

Apercebe-se que quanto mais próximo do observador estiver o objecto observado, mais o "passado" se aproxima do "presente".

As informações chegam à nossa consciência tanto mais depressa quanto mais próximo estiver o objecto observado, no entanto, chegando os estímulos aos nossos órgãos sensoriais existe um caminho a ser percorrido até atingir o nosso cérebro e sabemos que existe um "tempo" para "interpretação e codificação" mentais. Estamos entrando num campo com inúmeras variáveis sejam elas fisiológicas, psicológicas e outras que poderemos abordar posteriormente. Poderemos no entanto considerar que a densidade do meio por onde caminha a informação é – segundo a ciência – determinante da sua velocidade.

A relatividade das nossas percepções

Os místicos nos dizem que não podemos confiar nos órgãos dos sentidos, porque eles nos iludem (Maia). A Ciência deste século já caminhou o suficiente para desvendar este grande mistério. A Teoria da Relatividade, proposta por Albert Einstein, afirma que o tempo é relativo, e que no Universo tempo e espaço se combinam e que a gravidade nada mais é do que uma deformação deste espaço-tempo curvo.

A Consciência do observador foi questionada em plena idade média. Os dogmas religiosos estabeleciam como verdade incontestável que éramos era o centro do Universo e o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas giravam em torno da terra (teoria geocêntrica). Quem se atreveu a contestar esta "verdade absoluta" respondeu perante a Inquisição e correu sérios riscos de ser queimado vivo em praça pública.

Coordenadas Cartesianas

O Sistema de Coordenadas Cartesianas não é o sistema apropriado para estudarmos o Universo, porque um determinado corpo (astro), dependendo da sua distância ao observador pode ter sua posição não determinada com precisão. Em escala microscópica também não podemos determinar a posição exacta de um electrão no átomo, como preconiza o princípio da Incerteza da Física Moderna. Uma quarta dimensão (o tempo) surge como uma variável indispensável nos cálculos matemáticos e físico.

Passagens para outras dimensões

"O não-matemático fica possuído por um estranho horror quando escuta falar de objectos quadridimensionais, como se tratassem de objectos ocultos. Assim, ele não pode ver que, quando dizemos que vivemos em um contínuo espaço-temporal quadridimensional, não estamos usando nada mais que um conceito familiar..."

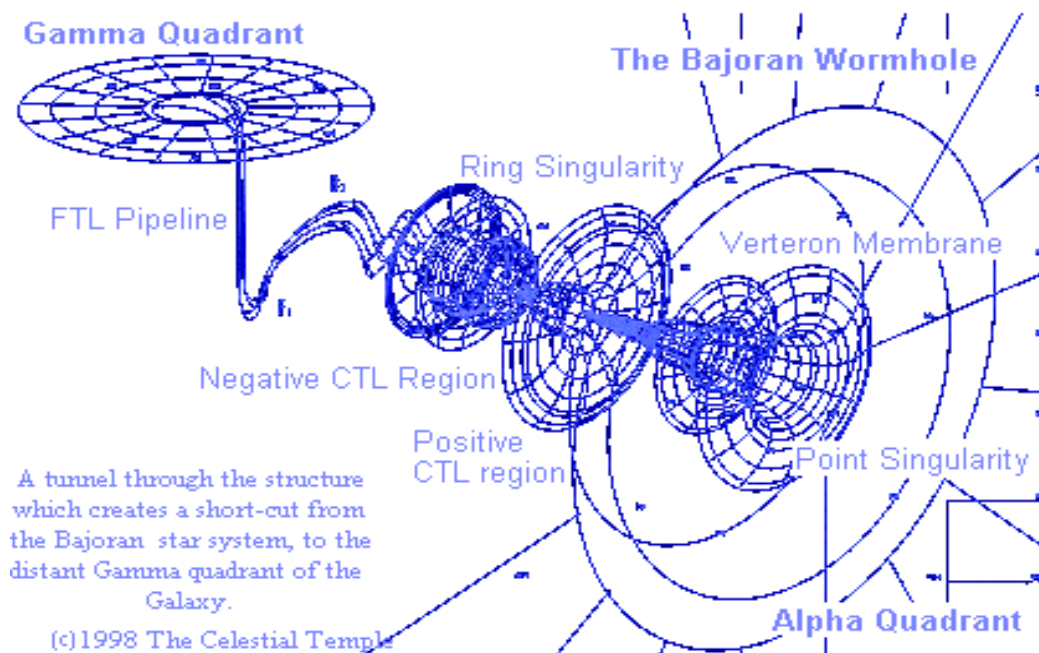
Albert Einstein.

De acordo com a Teoria das Supercordas as dimensões estariam "enroladas" em infinitos círculos com diâmetros na ordem da escala de Planck (10⁻³³ cm), sendo incomensuráveis para o conhecimento actual. Porém, do mesmo modo que acontece com o universo, onde a gravidade é definida em termos da 'curvatura' do espaço 'quadridimensional', cada força da natureza também estaria associada à uma nova dimensão, formando um universo de pelo menos 7 dimensões. Sendo assim existe a possibilidade da formação de "pontes" microscópicas ou até mesmo macroscópicas ligando estes 'universos paralelos'.

Buracos Negros, buracos brancos, buracos de minhoca e universo-bébé

Alguns cientistas em seminários e artigos vêm examinando a possibilidade de viagens com velocidades mais rápidas que a luz. Os "buracos de minhoca" (Wormholes), taquiões (tachyons = partículas que viajam com velocidades muito superiores à velocidade da luz) e dimensões paralelas têm sido alguns dos tópicos examinados. Os próprios *wormholes* são, na teoria, caminhos por onde uma espaçonave poderia viajar para diminuir seu tempo de deslocamento. Estuda-se que um wormhole capaz de permitir a passagem de uma nave teria uma massa maior que a do planeta terra...

<u>Buracos negros</u>	<u>Buracos brancos</u>	<u>Buracos de minhoca</u>	<u>Universo-bébé</u>
Buracos negros são estrelas que sofreram um colapso gravitacional e passaram a absorver toda e qualquer massa que estiver à sua volta para si mesmas, funcionando como um 'sugador'.	As leis da física obedecem uma simetria temporal. Assim, se existem os buracos negros, em que os objectos podem cair, mas não podem escapar, então também existem locais onde os objectos não podem penetrar, mas podem escapar. Esses locais seriam chamados de buracos brancos.	Poderíamos especular que, durante uma viagem, seria possível penetrar num buraco negro e sair por um buraco branco para chegar mais rápido à outras galáxias. Estas passagens ou túneis que unem estes dois buracos são chamadas "buracos de minhoca" ou "buraco de verme".	Passando por um buraco de minhoca a espaçonave desembocaria em um pequeno "Universo-bébé". Ou seja, um Universo pequeno e independente que separa a nossa região do restante do Universo, um espaço 'intermediário'.



Já os buracos negros estariam relacionados à distorção espaço-tempo: seria uma estrela que sofreu um colapso gravitacional e passa a absorver toda e qualquer massa que estiver dentro dos limites de sua área para si mesma, este limite recebe o nome de *horizonte de eventos*. Este colapso é devido ao desequilíbrio entre força nuclear e força gravitacional, onde a força nuclear é menor que a força gravitacional isto significa, teoricamente, que a estrela está dando origem a um outro corpo celeste. As naves que distorcerem o espaço-tempo de uma forma controlada, poderão diminuir o espaço em que se encontram, fazendo uma viagem que duraria 1000 anos em 10, dependendo de sua distorção, mas isto não quer dizer que se transformaria num buraco negro.

Essas teorias e possibilidades tecnológicas ainda estão longe de serem alcançadas por nossa ciência, mas, pelo menos, permitem supor que é possível viajar aos confins do Universo, como provavelmente fazem os nossos arredios visitantes!

HAWKING, Sthephen. “Buracos Negros, Universos-bébés e outros ensaios” – editora Rocco.

As inúmeras dimensões

A palavra "dimensão" vem do latim e significa "medir completamente". Da mesma forma que só um número basta para definir a posição de um ponto sobre uma recta, caracterizando um "espaço unidimensional", necessitamos de 4 números para caracterizar completamente os corpos em nosso universo, daí dizermos que vivemos em um espaço-tempo quadridimensional. Para isto basta visualizar uma bola em um jogo de ténis, a cada instante precisamos de 4 números para definir completamente a sua posição (ou trajetória).

Existem teorias que dizem que podemos estar vivendo em um universo com dimensões ainda maiores. A teoria mais promissora para vencer o desafio de uma teoria gravitacional quântica é a Teoria das Supercordas, mas para que as equações dessa teoria sejam autoconsistentes devemos supor que vivemos em um universo de 10 dimensões.

Teoria das Supercordas

A teoria das supercordas está baseada na premissa de que os constituintes elementares da matéria não são descritos correctamente quando nós o tratamos como objectos pontuais. De acordo com esta teoria, as partículas elementares são realmente minúsculos "laços de cordas" com raio dado aproximadamente pela constante de Planck. Assim, esta teoria trata todas as partículas como se fossem cordas. Quando detectamos a presença de uma partícula não é nada mais que vibrações dessas cordas. Os modernos aceleradores de partículas, que são instrumentos construídos para acelerar, de forma controlada, um conjunto de partículas carregadas, atribuindo as mesmas energias elevadas, da ordem de uma centena de GeV (Gigaelectronvolts), para utilizá-las em reacções nucleares, só podem vasculhar até a distâncias muito longe da escala de Planck e consequentemente estas cordas parecem, nesta escala, objectos pontuais.

Porém, a hipótese da Teorias das Cordas é que eles são minúsculos "laços", mudando drasticamente o modo no qual estes objectos interagem na menor escala de distância. Esta modificação é que permite a gravidade e a mecânica quântica formar uma união harmoniosa. Uma das consequências desta solução é que se pode mostrar que as equações da teoria das cordas só são auto-consistentes se o universo contém, além do tempo, nove dimensões de espaço.

Assim, se esta teoria estiver correcta, temos que admitir, como já admitem por longo tempo alguns segmentos da Ufologia, particularmente a Ufologia mística, que vivemos em um espaço de múltiplas dimensões. Para ser mais exacto, segundo a teoria das supercordas, nós viveríamos em um espaço de dez dimensões. E onde estariam estas outras dimensões que ninguém vê? Estas seis dimensões espaciais extras devem se enrolar (espiralar) em um espaço geométrico minúsculo cujo tamanho deve ser comparável ao comprimento da corda. Assim, estas dimensões extras só se apresentariam se observássemos a matéria na "escala de Planck". E nessa escala a "observação" é praticamente impossível, visto que este "tamanho" é da ordem de 10^{-33} cm.

Teoria de Kaluza-Klein

A ideia de que nosso universo poderia ter mais que as três dimensões foi introduzida mais de meio século antes do advento de teoria das cordas por *T. Kaluza* e por *O. Klein*. A premissa básica da teoria de Kaluza-Klein é que uma dimensão ou pode ser grande e directamente observável ou pequena e essencialmente invisível. Uma analogia com uma mangueira de jardim pode ser útil. De longe, olhando uma mangueira de jardim longa, parece um longo fio, ou seja, um objecto unidimensional. De um ponto mais próximo (ou de uma distância longa com ajuda de um aparelho de aproximação visual) dimensões adicionais aparecem, a dimensão circular da mangueira fica evidente. Assim, dependendo da escala de sensibilidade do observador, a mangueira ou aparecerá como um objecto de uma ou três dimensões. A teoria de Kaluza-Klein diz que a mesma coisa pode ser verdade no universo.

Nenhuma experiência governa ou visualiza a possível existência destas dimensões. Estas dimensões adicionais de espaço estão enroladas (como a dimensão circular da mangueira) em escalas menores que 10-12 cm, o limite de acessibilidade hoje. Embora originalmente introduzida no contexto das teorias de partícula pontuais, esta noção pode ser aplicada a cordas. Então, a teoria das cordas é fisicamente

sensata se as seis dimensões extras requeridas estão enroladas em minúsculas formas espirais no espaço, da ordem da escala de comprimento de Planck.

Teorias de Albert Einstein

Em 1905, o físico alemão Albert Einstein, até então um simples funcionário público do departamento de patentes, publicou três trabalhos em uma pequena revista científica alemã. Entre estes trabalhos estavam a explicação do efeito fotoelétrico, que anos mais tarde lhe deu o *Prémio Nobel de Física* e um estudo sobre a relatividade que viria, junto com a Mecânica Quântica, revolucionar a física do nosso século.

Neste último trabalho, Einstein postulava que a matéria poderia ser transformada em energia e vice-versa. A síntese deste postulado está expressa na sua famosa equação:

$$E = mc^2 \text{ (energia = massa X velocidade da luz ao quadrado)}$$

Além disso, ele também afirmava que havia uma forte interligação entre o espaço e o tempo e que estas duas grandezas não eram entidades independentes como se pensava na época. Em 1916, Einstein completou seus estudos sobre a relatividade publicando um novo e revolucionário trabalho, a Teoria da Relatividade Generalizada, incluindo sua nova visão do Universo à Gravidade. Na nova formulação a força de atracção entre dois corpos deixou de ser uma força e passou a relacionar-se com a "*distorção do espaço-tempo*". Assim, a presença de uma massa no espaço seria capaz de "*entortá-lo*", como se o próprio espaço fosse uma folha de borracha.

Um raio de luz de uma estrela, ao passar perto do sol, descreve uma pequena curva. Segundo a teoria de Einstein a curva se dá não porque o Sol atrai o raio, mas porque o próprio espaço que o raio atravessa foi "*entortado*" pela presença da enorme massa do Sol. A luz continua seguindo o caminho recto, o espaço é que estaria curvo. Paralelamente ao desenvolvimento da relatividade, relacionada aos fenómenos dos corpos de grande massa e distância, desde o início do século desenvolveu-se a Mecânica Quântica, permitindo ao homem compreender a matéria e o seu comportamento. De acordo com esta notável teoria, tratando do comportamento dos neutrões, prótons ou electrões nos átomos, não podemos definir simultaneamente a velocidade e a posição de qualquer partícula. Também não podemos observar continuamente as orbitas individuais ou movimentos das partículas. De qualquer modo, nem tudo está perdido. Embora nunca possamos conhecer a história precisa de uma partícula, é possível predizer o lugar mais provável em que ela se encontrará. Em outras palavras, para um grande número de partículas, podemos prever quais as posições e os movimentos que tem mais probabilidade de ocorrer. Assim, os resultados da Mecânica Quântica são de natureza estatística.

O grande desafio dos Físicos deste século passou a ser: - transformar a relatividade, que trata dos fenómenos físicos de forma geométrica e determinística e a Mecânica Quântica que usa conceitos estatísticos, em uma única linguagem. Encontrando um conjunto único de Leis que possam ser aplicadas a todos os fenómenos da natureza, desde os Quarks (partículas que formam os prótons e neutrões) até aos buracos negros ou aos superaglomerados de galáxias.

O Universo das Cordas

“Com o pirilampo brilhando dentro de si, o menino tornou-se ainda mais ágil e veloz, e pôde facilmente desvelar o caminho para Além do vale.” “O Sétimo Círculo”, CLUC, 1995.

O universo em dois tomos

A física moderna assenta sobre duas pedras basilares. Uma delas, a Teoria da Relatividade Geral de Einstein, fornece o modelo de compreensão do Macrocosmos com todos os seus elementos típicos: planetas, estrelas, galáxias, buracos negros, etc. O outro, a Teoria Quântica do Campo, dá-nos os princípios que permitem compreender o universo à escala das moléculas, dos átomos e das partículas sub atômicas. A maior parte dos fenómenos estudados pela física requerem a aplicação das duas teorias separadamente (com um sucesso surpreendente, aliás), mas não o uso simultâneo de ambas.

Certas condições extremas requerem, contudo, a utilização tanto da teoria quântica de campo como da relatividade geral. É o caso, por exemplo, de regiões onde a força gravítica é extraordinariamente forte, como em buracos negros, ou dos fenómenos ocorridos nos primeiros instantes do universo, após o eventual Big Bang. Ora, quando ambas as teorias são utilizadas em conjunto, as suas equações dão origem a resultados disparatados, sem significado físico, forçando-nos a concluir que existe algo de errado ou de incompleto em alguma delas ou na forma de serem conjugadas. O que pode existir de incompatível entre duas teorias tão bem sucedidas per si? Provavelmente, o modo como descrevem o tecido universal, o espaço-tempo!

Na verdade, enquanto a Relatividade Geral trata o espaço-tempo como possuindo uma forma contínua e encurvando-se suavemente como resposta à presença de matéria (figura 1), numa outra escala da existência, o princípio de incerteza de Heisenberg 1 – a mais estranha lei do mundo quântico – revela-nos a presença de flutuações, de irregularidades significativas no Microcosmos (figura 2). O mundo quântico fervilha de actividade e mesmo o espaço vazio está pleno de partículas e antipartículas que se criam e aniquilam de um modo contínuo e frenético. Esse frenesi do tecido espacio-temporal à escala quântica manifesta precisamente a impossibilidade de unificação da Relatividade Geral e da Teoria Quântica do Campo.

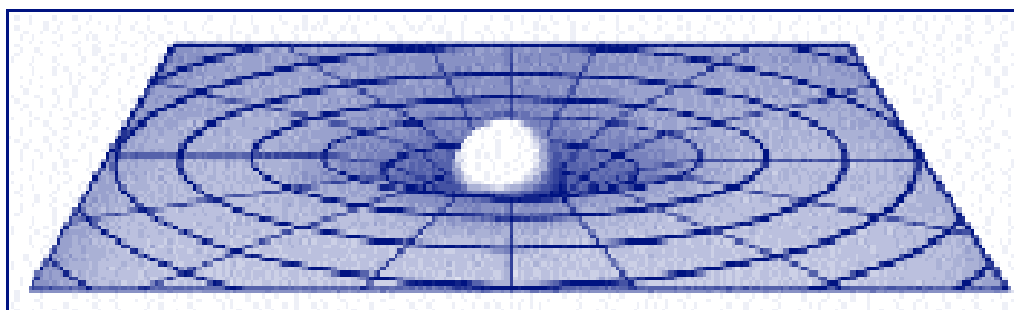


Figura 1 - Representação da maleabilidade do espaço na presença de corpos materiais.

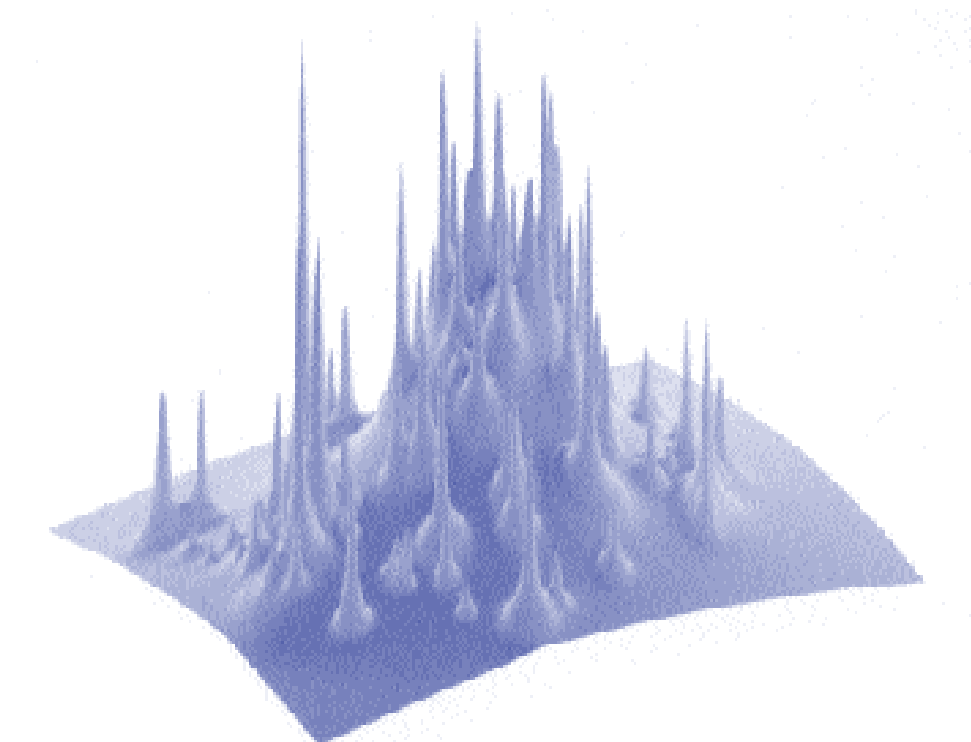


Figura 2 - Representação da actividade frenética do mundo quântico.

Lista de ingredientes

A teoria quântica do campo concilia a mecânica quântica e a relatividade restrita 2, incorporando três das quatro forças fundamentais da natureza: a força electromagnética 3, a força forte 4 e a força fraca 5. Através da sua aplicação, construiu-se o modelo padrão da física de partículas (MP). Este modelo, propõe que o universo físico e tudo o que ele contém seja constituído por um conjunto de 3 famílias de partículas elementares, sem estrutura interna (tabela I). Duas dessas famílias – as que contêm o electrão e os quarks – dão origem aos átomos e moléculas de que são feitas todas as coisas. A terceira família é constituída pelas partículas transmissoras das 3 forças de interacção anteriormente mencionadas: o fóton, o gluão e os bosões W e Z, respectivamente.

À semelhança do que acontece com estas três forças, há indícios teóricos de que deve existir também uma partícula transmissora da quarta força fundamental ou gravidade, o gravitão. Embora as previsões do MP para o microcosmos tenham sido verificadas com uma precisão espectacular dentro dos limites da tecnologia actual, este modelo não tem em conta a relatividade geral e a força da gravidade e, portanto, não pode constituir uma teoria completa e final.

Além disso, levanta-nos outras interrogações! De onde provêm as 4 forças fundamentais? Porque existem 3 diferentes famílias de partículas? Como se justificam os valores “bizarros” de suas massa e carga eléctrica? 6 Porque é que o espaço-tempo é quadridimensional?

Tabela I – Constituintes fundamentais da matéria segundo o Modelo Padrão				
1ª Família – Quarks		2ª Família – Leptões		3ª Família – Partículas de força
u	d	elétron	neutrino electrónico	bosões w^+, w^-, z (força fraca)
c	s	múon	neutrino muónico	fóton (força electromagnética)
t	b	tau	neutrino tauónico	glúon (força forte)

Unificação... à vista!

Em 1984, os físicos Michael Green e John Schwarz encontraram a primeira indicação convincente de que uma nova teoria poderia pôr fim ao conflito entre a relatividade geral e a teoria quântica do campo, abrindo o horizonte a uma visão radicalmente diferente do cosmos.

A nova teoria propõe que os constituintes fundamentais do universo, em vez de serem as partículas pontuais, sem dimensão, que estruturariam a matéria e as forças fundamentais segundo o MP, passem a ser ínfimos filamentos vibrantes, unidimensionais, aos quais, à falta de melhor inspiração, se chamou “cordas” (figura 3). Não nos deixemos, no entanto, enganar pelo nome. As cordas que utilizamos na nossa vida corrente são formadas por átomos. As cordas da teoria das cordas (TC) não são formadas por nenhum outro constituinte, são o bloco fundamental de construção da natureza, os ingredientes de que são formadas todas as diferentes espécies de partículas. Sendo unidimensionais, não apresentam altura ou largura, apenas comprimento. Um comprimento tão inimaginavelmente pequeno (da ordem de 1 comprimento de Planck, 10^{-33} cm) que, como calculou o físico Brian Greene 7, se ampliássemos um átomo até ao tamanho que hoje admitimos ter o universo, uma corda fundamental teria apenas a altura de uma árvore média! É por isso que, observada com os instrumentos mais poderosos de que hoje dispomos, uma corda continuaria a parecer, apenas, uma partícula pontual...



Figura 3 – Representação das cordas fundamentais (abertas e fechada).

A sinfonia universal

Segundo a TC, a matéria e as forças fundamentais do universo são feitas exactamente do mesmo “material”: a corda vibrante. No MP, as diferentes partículas elementares eram a base de que partia o modelo, admitindo-se que o

elétron era uma partícula feita de um dado “material”, neste caso carregado electricamente, enquanto o “material” do neutrino, por exemplo, era outro e não possuía carga eléctrica. Pelo contrário, a TC mostra que não há partículas de natureza diferente, umas com carga eléctrica, outras sem carga eléctrica, umas sem qualquer massa, outras com massas diferentes, etc. Não, tudo é feito de corda vibrante! À semelhança do que acontece com a corda de uma viola ou de um violino, que pode ser afinada de modo a tocar notas musicais diferentes, a corda fundamental da natureza pode também vibrar de muitos, de infinitos modos – e, ao escolher um determinado padrão vibratório, ela manifesta-se como uma determinada partícula (figura 4). Se a corda vibrar de um certo modo constituirá um electrão, se vibrar de outro será um neutrino, ainda de outro parecerá um fóton e o mesmo para as restantes partículas.

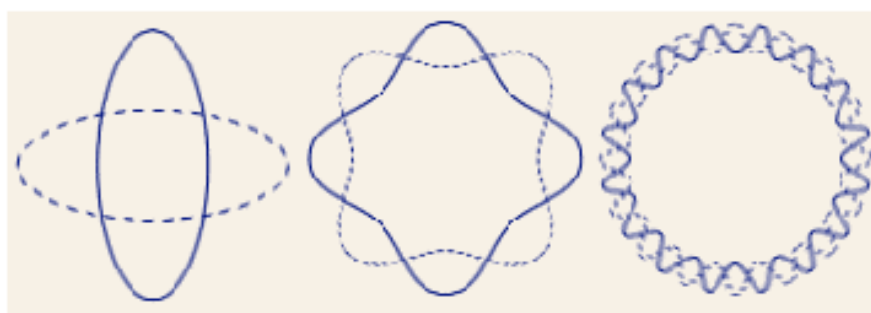


Figura 4 – Exemplos de diferentes padrões vibratórios de uma corda fechada.

Padrões vibracionais mais “frenéticos” têm maior energia; os menos excitados têm menor energia. Sabemos de $E=mc^2$ que a energia E e a massa m são duas faces da mesma moeda: maior energia significa maior massa e vice-versa. Partículas mais pesadas correspondem, portanto, a cordas que vibram mais energeticamente. De modo análogo, a carga eléctrica ou qualquer outra propriedade de uma partícula são determinadas pelo padrão vibratório preciso da sua corda. A mesma ideia também se aplica às partículas associadas às forças fundamentais. E mais! A TC mostra que existe um modo de vibração da corda que tem exactamente as propriedades do gravitão! Sendo uma teoria quântica por definição, a TC inclui natural e inevitavelmente a gravidade! Este é, à partida, um dos aspectos mais atraentes desta teoria.

Assim, tudo o que existe, todas as qualidades microscópicas da natureza, serão afinal os múltiplos acordes, as diferentes “notas musicais” que uma mesma e única corda pode tocar!

Revolução no espaço-tempo

Segundo a TC, o nosso universo desenrola-se em mais dimensões do que as três espaciais e uma temporal que observamos, podendo as dimensões “extra” conter a resposta a algumas das questões levantadas pelo MP.

Imaginemos um tubo com um quilómetro de comprimento e que se encontra estendido e suspenso bastante longe de nós - de tal modo longe que, à distância a que nos encontramos dele, apenas distinguimos a sua extensão longa e somos levados a considerar que não tem espessura (figura 5-a). Assim sendo, qualquer

insecto minúsculo que pouse no tubo terá somente uma dimensão para caminhar: a da direcção ao longo do comprimento do tubo. Na realidade, sabemos que o tubo tem mesmo espessura e, ao aproximarmo-nos, podemos observar o seu diâmetro directamente (figura 5-b). Desta perspectiva mais próxima, observamos que o insecto tem na verdade duas direcções independentes para o seu movimento: ao longo do comprimento do tubo e à roda dele, sobre a dimensão circular.

Este exemplo sublinha uma característica subtil das dimensões espaciais: podem ser grandes, estendidas, e por isso directamente observáveis; ou pequenas, enroladas e muito mais difíceis de perceber.

De modo análogo, o tecido espacial do nosso universo pode ter, além das 3 dimensões estendidas que observamos, dimensões adicionais muito enroladas num espaço minúsculo – tão minúsculo que até hoje tem escapado à detecção pelo equipamento experimental mais refinado.

Essas dimensões adicionais não seriam apenas uma “ruga” ou “prega” nas dimensões estendidas que nos são familiares mas, sim, dimensões realmente novas presentes em cada ponto do espaço e por onde o insecto, se fosse suficientemente pequeno (da ordem do tal comprimento de Planck), poderia realizar uma autêntica expedição.

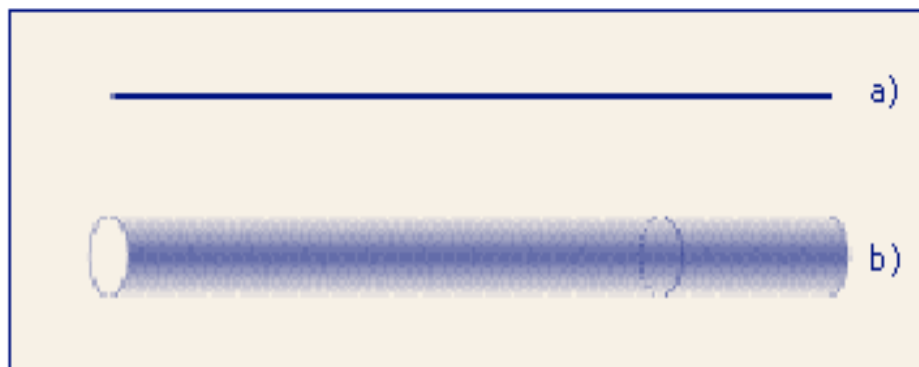


Figura 5

Inimaginável!

Dimensões novas! E quantas? Na TC as propriedades microscópicas das partículas revelam-se como sendo estreitamente dependentes das características do espaço, nomeadamente da sua dimensionalidade. Exemplifiquemos. Se uma corda estiver constrangida a existir num espaço bidimensional – a superfície de uma mesa, por exemplo –, é claro que ela só pode executar modos de vibração nas direcções contidas nesse plano. Se a corda puder deixar a superfície, o número de direcções em que agora pode vibrar aumenta. Embora se torne mais difícil de visualizar, podemos generalizar: num universo com mais dimensões espaciais há ainda mais direcções segundo as quais a corda pode vibrar. Assim, as propriedades do microcosmos dependem dos modos de vibração das suas cordas e a variedade de modos de vibração depende da dimensionalidade do espaço. Segundo a TC, o universo deve ter nove dimensões espaciais (seis enroladas e três estendidas) e uma dimensão temporal. Dez dimensões, portanto!

De sustar a respiração

Há ainda outro aspecto importante a ter em conta. É que, além do número, também a forma geométrica das dimensões extra tem um papel crítico na determinação dos padrões de vibração. Qual é a “forma” geométrica associada a essas dimensões novas?

Vários físicos e matemáticos da TC mostraram que há um grupo particular de formas geométricas com seis dimensões que estão de acordo com as proposições da teoria. Elas são conhecidas por formas de Calabi-Yau em honra dos matemáticos Eugenio Calabi e Shing-Tung Yau. A matemática que está por trás dos espaços de Calabi-Yau é complicada e a figura 6, que mostra apenas uma das muitas dezenas de milhar de formas de Calabi-Yau (com as evidentes limitações de uma representação a 2 dimensões), dá-nos uma ideia dessa complexidade.

Um espaço de Calabi-Yau típico apresenta buracos multidimensionais (como o buraco tridimensional de um donut, por exemplo), verificando-se que cada buraco está associado a uma família de modos de vibração das cordas.

A existência de vários buracos significa, portanto, que esses padrões de vibração se arrumam segundo várias famílias. Além disso, a maneira como as fronteiras dos vários buracos se intersectam e se sobrepõem umas sobre as outras determinaria os tais valores “bizarros” das propriedades das partículas a que aludimos acima.

É muito difícil de visualizar mas a ideia da TC é que a organização das partículas elementares em famílias e as suas propriedades microscópicas, observadas experimentalmente e incluídas no MP, ao invés de constituírem propriedades inexplicáveis, de origem aleatória, estão firmemente relacionadas com a arrumação precisa dos vários buracos, com a forma como o espaço de Calabi-Yau se dobra à volta deles e com o modo como as cordas vibram, deslocando-se pelas dimensões enroladas.

Ou seja, tudo no nosso universo pode bem ser, tão só e apenas, o reflexo das características do espaço-tempo. Esta é mais uma daquelas etapas em que a física se torna deliciosamente atrevida!

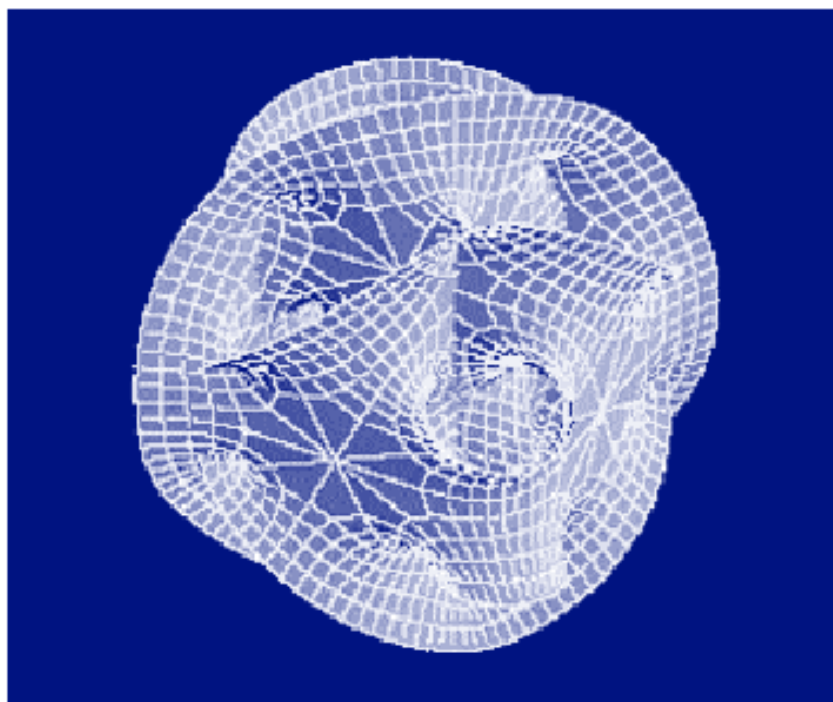


Figura 6 – Representação de um espaço de Calabi-Yau.

Não há bela sem senão...

Infelizmente, o número de buracos contido em cada uma das dezenas de milhar de formas geométricas de Calabi-Yau pode tomar valores muito variados. Não só 3 mas também 4, 5, 25 e muitos outros. O problema é que, presentemente, ainda não se sabe deduzir, a partir das equações da TC, qual das formas geométricas de Calabi-Yau possíveis é a mais adequada. Mesmo eliminando as formas de Calabi-Yau que dão origem a descrições substancialmente diferentes do nosso mundo (números diferentes de famílias, números e tipos diferentes de forças fundamentais, etc.), ainda assim há muitas respostas possíveis. A maioria dos teóricos de cordas considera que isto se deve à falta de adequação das ferramentas matemáticas presentemente utilizadas. Na verdade, o formalismo matemático da TC é tão complicado que os físicos apenas têm sido capazes de realizar cálculos aproximados, onde cada espaço de Calabi-Yau parece estar em pé de igualdade com qualquer outro, sem que nenhum seja seleccionado de forma especial pelas equações.

Ilusão ou realidade?

A TC tem tido desenvolvimentos em diferentes domínios e parecia, há meia dúzia de anos atrás, que poderíamos definir não uma mas 5 teorias de cordas 8 separadamente. Presentemente, descobriu-se que essas 5 teorias não são mais do que diferentes aproximações de uma explicação única e abarcante que se designou por teoria M. Surpreendentemente, entre os mais recentes desenvolvimentos da teoria M, conta-se o facto de o universo existir em 11 dimensões – que parecem 10 em certos pontos do tecido espaço-tempo – e de a corda fundamental ser substituída por uma membrana elementar (como uma película extremamente fina) – parecendo-se com uma corda quando se encurva a 11^a dimensão.

O século XX foi rico em sucessivas descobertas de ingredientes microscópicos que, de cada vez, se pensava serem as partículas mais “elementares” da matéria. Os últimos escolhidos, de acordo com o MP, eram os quarks. A TC diz-nos agora que os quarks são feitos de cordas ou membranas. Serão estes os derradeiros elementos? Ou serão apenas mais uma camada da cebola cósmica?...⁹

E porque viveríamos num espaço-tempo de 11 dimensões? Por que razão 4 dimensões são grandes e estendidas, ao passo que as outras se encontram enroladas e são minúsculas? Porque não são todas elas estendidas, ou todas enroladas, ou uma outra possibilidade intermédia? Será possível que algumas das dimensões adicionais sejam temporais, em vez de espaciais? E qual seria o significado da existência de tempos múltiplos? “Sentiremos” os tempos diferentemente, consoante sejam estendidos ou enrolados? Dimensões temporais adicionais implicariam, certamente, uma reestruturação ainda mais monumental do nosso senso comum!...

O exame da 1ª época

Não existe nenhuma maneira de estabelecer se uma dada teoria descreve convenientemente o nosso mundo senão sujeitá-la à inultrapassável verificação experimental. Contudo, embora a TC revele um extraordinário potencial para explicar as propriedades mais fundamentais da natureza, não se sabe ainda extrair dela previsões que possam ser directamente confrontadas com os dados experimentais. Na verdade, os desenvolvimentos tecnológicos necessários para explorarmos directamente a escala de comprimentos ínfimos associados às cordas são gigantescos, estando totalmente fora do nosso alcance nas próximas décadas. Assim, a TC terá que ser testada de modo indirecto, através da determinação de consequências e implicações físicas que possam ser observadas a escalas de comprimento bem maiores do que o tamanho das próprias cordas. Ainda não se vislumbra bem como e quando tal acontecerá...

O pirilampo da unidade

Na opinião do físico Edward Witten, “a TC é um pedaço de física do século XXI que caiu, por acaso, no século XX”! E contudo, desde Einstein que os físicos perseguem uma teoria única, um princípio de unidade que permita descrever o universo que observamos de modo coerente, elegante e único.

A forma inspirada como a TC abre caminho à unificação dos diferentes ingredientes da natureza, numa representação totalmente nova do espaço-tempo em que tudo se contém, faz adivinhar uma coerência muito mais subtil e profunda do que alguma vez sonhado.

De um modo ou de outro, trabalhando directamente ou engrandecendo por outras vias o conhecimento humano, muitos nos incluímos nessa aspiração pela unidade. “A ciência é uma aventura colectiva” ¹⁰ e este é, também por isso, um tempo privilegiado!

Liliana Ferreira

Licenciada em Física; Doutorada em Física da Radiação; Professora no Departamento de Física da Universidade de Coimbra; Investigadora na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

...

NOTAS:

- 1 O princípio de incerteza de Heisenberg afirma que não é possível conhecer-se simultaneamente e com precisão a localização e a velocidade de uma partícula. No mundo quântico não há multas por excesso de velocidade!!!
- 2 A relatividade restrita estuda as leis do movimento no espaço e no tempo impondo o valor da velocidade da luz no vácuo como limite superior da velocidade. A relatividade geral generaliza o formalismo anterior incorporando a força da gravidade e descrevendo como a presença de matéria ou energia altera a geometria do espaço-tempo.
- 3 Força de interacção entre partículas carregadas electricamente e, portanto, responsável pela ligação entre os electrões e os núcleos atómicos.
- 4 Força de interacção que mantém a coesão dos quarks, no interior dos prótons e dos neutrões, e a coesão dos prótons e dos neutrões, no interior dos núcleos atómicos.
- 5 Força de interacção responsável por certos fenómenos de transmutação de partículas em decaimentos radioactivos.
- 6 Por exemplo: o electrão e o próton têm de massa 9.11×10^{-31} Kg e 1.67×10^{-27} Kg, respectivamente.
- 7 Brian Greene, O Universo Elegante, Gradiva, Lisboa 2001.
- 8 A TC tornou-se, entretanto, mais conhecida por teoria das supercordas. Tal deve-se ao facto de ter passado a incorporar a supersimetria, um princípio de simetria que estabelece a relação entre o spin das diferentes partículas. O spin corresponde, grosso modo, a um movimento quântico de rotação intrínseca (parecido com o da Terra sobre o seu próprio eixo). A supersimetria, também incluída no MP, ainda não está confirmada experimentalmente.
- 9 Veja-se o parágrafo final (pág. 33) do artigo “O código genético do universo”, Biosofia nº 2.
- 10 Ilya Prigogine, O fim das certezas, Gradiva, Lisboa 1996.

