

## RELATIVIDADE E VSL: sobre o erro de einstein

### Introdução

«O Templo da Ciência apresenta-se como um edifício de mil formas», escrevia Albert Einstein em 1918 a propósito das suas motivações para a investigação<sup>1</sup>. Mas se a redefinição dos espaços interiores de um edifício pode permitir a sua manutenção, o ataque directo aos seus alicerces ou fundações provoca o seu desabamento ou, pelo menos, uma danificação suficientemente forte para o descaracterizar. Por isso, e não obstante a perspectiva einsteiniana, um horizonte de ruínas é o que se parece afigurar numa época em que a expressão *variable speed of light* começa a entrar no vocabulário dos físicos teóricos.

Foi João Magueijo, professor de Física Teórica no Imperial College de Londres, quem surgiu recentemente em primeiro plano a anunciar a VSL (*variable speed of light*), sigla que, como relata na sua obra *Mais rápido que a luz*, depressa foi considerada como significando «very silly»<sup>2</sup>. Ainda que, como reconhece, pretendesse «ofender Einstein o menos possível»<sup>3</sup>, afirmar uma velocidade variável para a luz é atacar um dos postulados fundamentais da teoria da relatividade restrita e, por consequência, um dos alicerces fundamentais da Física do séc. XX.

---

<sup>1</sup> Albert Einstein, [1918], tr. In., “Principles of research”, in Albert Einstein, [1954], *Ideas and Opinions*, New York, Wings Books, s/d., p. 224; tr. Fr., “Les motifs de la recherche”, in Albert Einstein, [1989-93], *Œuvres Choisies d'Albert Einstein*, tome v, Paris, Éditions du Seuil, Éditions du CNRS, 1991, p. 171.

<sup>2</sup> João Magueijo, [2003], tr. Port., *Mais rápido que a luz – a biografia de uma especulação científica*, Lisboa, Gradiva, 2003, p. 14. Sobre o assunto, cf. Andreas Albrecht, João Magueijo, [1999], “A time varying speed of light as a solution to cosmological puzzles”, *Physical Review D*, 15 February (1999): 043516-9. Apesar deste destaque do físico português, já em 1993 John Moffat havia publicado dois artigos sobre a VSL, que, ainda que formalmente distinta da teoria de Magueijo e Albrecht, aponta no mesmo sentido. Tanto na obra *Mais rápido que a luz*, como na versão final do artigo apresentado por Magueijo e Albrecht, o trabalho de John Moffat é referenciado. (Cf. John Moffat, [1993], “Superluminary Universe: A Possible Solution to the Initial Value Problem in Cosmology”, *International Journal of Modern Physics D*, Vol. 2, No. 3 (1993): 351-365 e “Quantum Gravity, the Origin of Time and Time’s Arrow”, *Foundations of Physics*, 23 (1993): 411-437.)

<sup>3</sup> João Magueijo, [2003], tr. Port., p. 225.

O problema do progresso da ciência coloca-se aqui de uma forma absolutamente crítica, mas o nosso objectivo não será procurar os inúmeros contributos para esta problemática epistemológica, nem indagar sobre os fundamentos teóricos e científicos da VSL. Procuraremos tão-só confrontar o autor de teoria da relatividade (e as suas perspectivas sobre o desenvolvimento da ciência) com as implicações para a física moderna de se contrariar um postulado como o da velocidade constante da luz e, conseqüentemente, uma teoria como a da relatividade.

Certo seria que, a verificar-se a afirmação da VSL, Einstein trabalharia, possivelmente, até ao fim da vida na relatividade, como fez com a teoria do campo unificado. Mas longe de procurarmos a resposta de Einstein-cientista, o físico, pretendemos confrontar Einstein-filósofo com este hipotético horizonte de ruínas, o cientista que considerou a filosofia como «uma mãe que dá à luz e cria todas as outras ciências»<sup>4</sup>, de forma a podermos esclarecer se, com a VSL, Einstein é efectivamente contrariado, ou em que medida é ele contrariado.

### ***Relatividade e velocidade constante da luz***

Surgida pela primeira vez num artigo intitulado *Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento*, publicado em 1905 por Albert Einstein<sup>5</sup>, a teoria da relatividade restrita assenta em dois postulados: o *princípio da relatividade* e o *princípio da velocidade constante da luz*.

Herdado da física de Galileu, o princípio da relatividade estabelece que não é possível, através da realização de uma experiência num referencial, determinar se ele se encontra em repouso ou em movimento uniforme e rectilíneo em relação a um outro referencial. Atentemos, então, na célebre experiência galilaica do navio: «Fechai-vos com um amigo na maior cabina que existir *por baixo da coberta* de um grande navio, e introduzi nela moscas, borboletas e pequenos animais semelhantes. Que exista também um grande recipiente de água com pequenos peixes. Suspendei também num ponto alto um pequeno balde que, gota a gota, vá deixando cair a água num outro recipiente de boca estreita, situado por baixo. *Quando o navio está parado*, observai atentamente que os pequenos animais voadores se movem em todas

---

<sup>4</sup> Albert Einstein, carta a um correspondente de 28 de Setembro de 1932, in Banesh Hoffmann, Helen Dukas, [1979], *Albert Einstein: the Human Side*, Princeton, Princeton University Press, 1979, p. 106.

<sup>5</sup> Albert Einstein, [1905], “Elektrodynamik bewegter Körper”, *Annalen der Physik*, ser. 4, 17 (1905): 891- 921; tr. In., “On the Electrodynamics of Moving Bodies”, in Albert Einstein *et al.*, [1913], tr. In., *The Principle of Relativity*, New York, Dover Publications, Inc., 1952, pp. 35-65, e também in Albert Einstein, [1987], *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. II, Princeton, Princeton University Press, 1989, Doc. 23, pp. 140-171; tr. Fr., “Sur l’electrodynamique des corps en mouvement”, in Albert Einstein, [1989-93], tome II, pp. 31-58; tr. Port., “Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento”, in Albert Einstein *et al.*, [1913], tr. Port., *O Princípio da Relatividade*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 4.ª ed., 1989, pp. 47-86.

as direcções da cabina com igual velocidade. Vereis que os peixes nadam indistintamente em todas as direcções. As gotas que caem entrarão todas no recipiente situado por baixo. E vós, se lançardes algo ao vosso amigo, não fareis um esforço mais significativo consoante o lançardes numa direcção ou noutra, desde que as distâncias sejam iguais. E se saltardes a pés juntos, como se costuma dizer, percorrereis o mesmo espaço independentemente da direcção [em que saltardes]. Quando tiverdes observado atentamente tudo isto de modo a que não tenhais dúvidas de que, estando o navio parado, as coisas devam passar-se assim, *fazei deslocar o navio* à velocidade que desejais. Vereis que (*contando que o movimento seja uniforme e não flutue para cá e para lá*) não observareis a mínima alteração nos efeitos referidos e que, a partir deles, *não podereis determinar se o navio avança ou está parado*. Se saltardes percorrereis no soalho o mesmo espaço que antes e não se dará o caso de, lá porque o navio se move, dardes saltos maiores para a popa do que para a proa, ainda que, enquanto estiverdes no ar, o soalho que está por baixo se desloque em sentido contrário do vosso salto. E ao lançardes algo ao companheiro, não necessitareis de o atirar com mais força para que lhe chegue às mãos, quer ele se encontre do lado da proa e vós do da popa, quer se passe o contrário. As gotas cairão como antes no recipiente colocado por baixo, sem que uma só gota caia do lado da popa, ainda que, durante o tempo que a gota permanece no ar, o navio tenha percorrido vários palmos. Os peixes na água não farão mais esforço para nadar de um lado para o outro do recipiente, e chegarão com igual facilidade à comida colocada em qualquer zona do bordo do recipiente. Finalmente, as borboletas e as moscas continuarão a voar indistintamente em qualquer direcção e em caso algum se acumularão na parede virada para a popa como se estivessem cansadas de seguir à velocidade do navio, do qual, por terem estado no ar, haviam estado separadas por muito tempo»<sup>6</sup>.

Com esta experiência, Galileu pretende demonstrar o princípio da relatividade: se estivermos trancados no porão de um navio e realizarmos um conjunto de experiências, os resultados dessas experiências serão iguais quer o navio esteja parado, quer esteja animado de um movimento uniforme e rectilíneo, pelo que, e devido à inobservância de alteração nos acontecimentos dados no interior do navio, será impossível distinguir entre aquelas duas últimas situações, o que nos permite concluir que as leis da natureza são as mesmas, quer estejamos em repouso, quer em movimento uniforme e rectilíneo. Assim, as borboletas e as moscas voam sempre da mesma maneira, os peixes nadam sempre da mesma forma, as gotas caem sempre dentro do recipiente e os saltos que damos são sempre iguais, porque todos partilham o movimento com o navio, porque o movimento das borboletas, das moscas, dos

---

<sup>6</sup> Galileu, [1632], tr. Esp., *Diálogo Sobre los dos máximos Sistemas del Mundo Ptolomaico y Copernicano*, Madrid, Alianza Editorial, 1994, II, 213, *italico nosso*.

peixes, das gotas de água, enfim, de todos os corpos que existem no interior do navio, é «como que nulo» em relação ao navio, para usarmos a própria expressão galilaica: «É, pois, evidente que *o movimento que é comum a diversos [objectos] móveis é irrelevante e como que nulo, do ponto de vista das relações entre esses móveis*, porque nada muda entre eles, e apenas se evidencia na relação que esses objectos móveis mantêm com outros que estão privados desse movimento, com os quais se dá uma alteração de posição»<sup>7</sup>.

No entanto, se o movimento absoluto não existe, isto é, se ele não se refere apenas a um corpo, mas reconhece-se em função de um outro que lhe é *referente*, se as leis dos movimentos dos corpos se mantêm quer o referencial onde esses movimentos se dão esteja em repouso, quer esteja em movimento uniforme e rectilíneo, como se poderá aceitar simultaneamente o *princípio da velocidade constante da luz*, isto é, que a luz se propaga no vazio sempre à mesma velocidade, à velocidade definida  $c$ , para todos os observadores, mesmo que em referenciais distintos? De facto, se a velocidade da luz é sempre  $c$ , independentemente dos referenciais, então parece existir um referencial privilegiado (absoluto) em relação ao qual a luz se desloca, o que contraria o *princípio da relatividade* e viola a *lei da adição das velocidades galilaica*.

Efectivamente, a partir do teorema da adição galilaica das velocidades, parece não ser possível admitir a velocidade constante para a luz. Se a luz se desloca à velocidade  $c$  em relação a um observador e se este se move à velocidade  $V$  em relação a um outro observador, então, segundo a lei da adição das velocidades, a luz dever-se-ia deslocar à velocidade  $c+V$  em relação a este último. Não se verificando tal facto, como evidenciaram as equações de Maxwell, parece existir um referencial privilegiado.

Foram os americanos Albert Michelson e Edward Morley os primeiros a testar experimentalmente a existência desse referencial, o *éter luminífero*<sup>8</sup> – o suporte, o *meio*, em repouso absoluto, de propagação das ondas luminosas –, pressupondo-se que, a existir, influenciaria a velocidade da Terra no seu

---

<sup>7</sup> Galileu, [1632], tr. Esp., II, 142, *itálico nosso*. «O movimento, enquanto movimento e como movimento, actua enquanto relacionado com as coisas que dele estão privadas. Mas *no que concerne às coisas que dele igualmente participam, não actua e é como se não existisse*. Deste modo, as mercadorias com que o navio está carregado movem-se quando, largando de Veneza, passam por Corfu, Creta, Chipre em direcção a Alepo, enquanto que Veneza, Corfu, Creta, etc., permanecem e não se movem com o navio. Mas para os fardos, as caixas e outros volumes com os quais o navio vem carregado, e *em relação ao próprio navio, o movimento de Veneza para a Síria é como que nulo* e em nada modifica a relação que existe entre eles, já que *o movimento é comum a todos eles*, e *todos dele participam do mesmo modo*. E se de entre as mercadorias que se encontram no navio, um dos fardos se afastasse apenas uma polegada de uma caixa, para esse fardo este movimento terá sido maior, *relativamente* à caixa, do que a viagem de duas mil milhas feita por ambos.» (Galileu, [1632], tr. Esp., II, 141-142, *itálico nosso*.)

<sup>8</sup> Cf. Albert Michelson, [1881], “The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether”, *American Journal of Science*, vol. XXII (1881): 120-129 e Albert Michelson, Edward Morley, [1887], “On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether”, *American Journal of Science*, vol. XXXIV (1887): 333-335

movimento de translação, como observava Bertrand Russell em 1925: «Pensava-se que as ondas se propagavam no éter, e portanto que a sua velocidade devia ser relativa a este. Como o éter – se é que ele existe –, não oferece, naturalmente, resistência alguma aos movimentos dos corpos celestes, pareceu natural que ele não compartilhasse de tais movimentos. De facto, se a Terra tivesse de empurrar à sua frente uma boa porção de éter, à semelhança dos navios, que empurram a água do mar com a proa, seria de admitir uma certa resistência por parte do éter, análoga à que é oferecida ao deslocamento dos navios pela água. Tornou-se assim opinião geralmente aceite que o éter era capaz de atravessar os corpos sem qualquer dificuldade, à semelhança do ar que atravessasse uma peneira de malha larga, embora com facilidade ainda maior. Ora, se isto fosse realmente assim, ao percorrer a sua órbita, a Terra deveria ter determinada velocidade relativamente ao éter. Se nalgum ponto dessa órbita ela se deslocava em simultaneidade com o éter, noutros pontos deslocar-se-ia através dele com maior velocidade»<sup>9</sup>.

Aceitemos, então, um aparelho, um *interferómetro*, em que um raio de luz é emitido, de um ponto A, na direcção AB. A meio de AB, um espelho semi-reflector, E, deixa passar parte da luz para B e reflecte outra parte perpendicularmente, ao longo de EC. Em B e em C, que distam igualmente de E, existem espelhos que reflectem o raio de luz para D.

Se a luz se deslocasse à mesma velocidade através dos dois braços, os dois raios chegariam a D ao mesmo tempo, já que EB e EC têm o mesmo comprimento; e uma vez que a luz é uma onda, o ponto D recolheria os dois raios em sobreposição construtiva, tendo, portanto, um sinal forte.

Contudo, a Terra teria uma velocidade  $V$  em relação ao éter, o que resultaria num desfasamento nos tempos de chegada dos raios a D. Aceitemos, então, que a Terra, no seu movimento de translação, se desloca à velocidade  $V$  em relação ao éter luminífero, e que o seu movimento de deslocação é paralelo ao braço AB. Se assim fosse, o percurso EB seria, à ida para B, percorrido à velocidade  $c-V$ , e, no regresso, à velocidade  $c+V$ . No entanto, nunca foi verificada qualquer diferença de velocidade, nem mesmo rodando 90º o interferómetro, para garantir a igualdade dos comprimentos dos braços, nem repetindo a experiência em diferentes épocas do ano.

Todavia, se não se detectava qualquer movimento absoluto, garantindo-se, assim, o princípio da relatividade, mantinha-se a violação da lei da adição das velocidades com a manutenção do princípio da velocidade constante da luz: «as vãs tentativas de evidenciar o movimento da Terra em relação ao ‘meio luminífero’», escreveu Einstein na introdução ao artigo em que formula a teoria da relatividade, «conduziram a conjecturar que ao conceito de repouso absoluto não corresponde qualquer propriedade dos fenómenos, não apenas

---

<sup>9</sup> Bertrand Russell, [1925], tr. Port., *ABC da Relatividade*, Publicações Europa-América, 2.<sup>a</sup> Ed., s/d, pp. 37-38.

no domínio da mecânica mas também no da electrodinâmica; ademais, em todos os sistemas de coordenadas onde as equações da mecânica são válidas, são igualmente as mesmas leis da óptica e da electrodinâmica que são válidas (...). Nós vamos elevar esta conjectura (cujo conteúdo será a partir daqui designado de 'princípio da relatividade') ao estatuto de postulado e vamos também introduzir o postulado, *apenas aparentemente incompatível com aquele*, segundo o qual a luz se propaga no espaço vazio sempre a uma velocidade  $V$  bem determinada, independente do estado de movimento da fonte luminosa»<sup>10</sup>.

Ao longo do artigo, o autor da teoria da relatividade acaba por esclarecer em que medida o postulado da velocidade constante da luz é *apenas aparentemente incompatível* com o princípio da relatividade, introduzindo não só uma alteração à lei de adição de velocidades – apenas significativa para velocidades próximas da da luz –, mas procedendo também por uma redefinição física dos conceitos de espaço e de tempo.

De facto, se na física newtoniana o espaço e o tempo permaneciam, «sem qualquer relação com o que quer que seja de exterior»<sup>11</sup>, imóveis, sendo, por isso, absolutos, autónomos e perfeitamente independentes, quer um em relação ao outro, quer dos conteúdos/acontecimentos que neles existem ou se dão<sup>12</sup>, com o desenvolvimento da teoria da relatividade e a afirmação de que o *valor* das grandezas físicas (e não as *relações* entre essas grandezas) é relativo ao referencial, Einstein alterava a concepção newtoniana de espaço absoluto (e de tempo) em relação ao qual se dava o movimento. Como observa João Magueijo, «Einstein percebeu que, para  $c$  ser constante, outra coisa teria de deixar de o ser. Esta outra coisa era a ideia de espaço e tempo universais e imutáveis»<sup>13</sup>.

### **Horizonte, homogeneidade e inflação**

Durante a década de 90, João Magueijo, como muitos outros físicos teóricos, debatia-se com os *problemas cosmológicos*. Segundo a teoria do *big bang*, o universo surgiu de uma explosão inicial, encontrando-se actualmente em expansão. Contudo esta teoria não explica alguns aspectos específicos da evolução do universo, constituindo estes os «problemas cosmológicos».

Um dos *problemas cosmológicos*, que têm vindo a ser solucionados pela teoria da inflação, desenvolvida por Alan Guth, prende-se com o facto de só

---

<sup>10</sup> Albert Einstein, [1905], p. 891; tr. In., p. 35 e também p. 140; tr. Fr., p. 31; tr. Port., 48.

<sup>11</sup> Isaac Newton, [1687], *Principia*, Definição VIII, escólio, II.

<sup>12</sup> Cf. Milic Capek, [1961] *El Impacto Filosófico de la Física Contemporánea*, Madrid, Editorial Tecnos, 1965, p. 30.

<sup>13</sup> João Magueijo, [2003], tr. Port., p. 12.

ser aceitável o universo como existe hoje se considerarmos condições muito especiais no momento da sua formação e evolução, uma vez que qualquer desvio conduziria à sua destruição. Dada a natureza tão específica das condições iniciais da formação do universo, é necessário admitir-se, para evitar os mais que prováveis desvios que aconteceriam no momento da sua formação, que, na sua génese – nomeadamente durante o período que se designa por tempo de Plank –, o universo se expandiu a uma velocidade inimaginável, que «inflacionou» as suas dimensões.

Uma outra questão que se coloca desde logo é a da idade e da homogeneidade do universo. Se a velocidade da luz é constante, se ela, por isso, estabelece um limite de velocidade universal, um limite de velocidade cósmico, tendo o universo um início, então tem uma idade finita em cada instante, o que nos permite concluir pela existência de «horizontes». Ou seja, se o universo tem 15 mil milhões de anos, nada poderemos observar que ultrapasse a distância de 15 mil milhões de anos-luz – é esse o nosso horizonte-limite –, e observar um acontecimento a essa distância é observar o momento da formação do universo, pelo que, e como escreve Hubert Reeves, «olhar ao “longe” é olhar “cedo”»<sup>14</sup>.

Mas se o «horizonte» no momento da formação da Terra ou o «horizonte» existente quando se formou a galáxia não apresentam dificuldades, o *problema cosmológico* levanta-se quando o universo tinha menos de um segundo de existência. Se a luz se desloca no vácuo a cerca de 300 000 km por segundo, se a sua velocidade é constante, quando o universo tinha menos de 1 segundo de existência a luz não tinha *tempo* de se propagar, e, se não se podia propagar, então também não poderia ocorrer qualquer tipo de interacção física. Ora, não ocorrendo interacções físicas, o universo não poderia ser homogéneo, como se verifica.

Desde 1922 que Alexander Friedmann conclui que a teoria da relatividade geral não impunha um modelo estático para o universo, prevendo duas situações-limite: ou o universo tem uma baixa densidade e continuará a expandir-se, sendo, portanto, um universo aberto, ou, caso tenha grande densidade, acabará por se contrair, uma vez que a expansão cessará e, por acção da força gravitacional, dar-se-á o *big crunch*, o *big bang* invertido. Como exemplifica Steven Weinberg, o acontecimento «é precisamente igual ao de uma pedra atirada para cima a partir da superfície da Terra. Se a pedra é atirada com velocidade suficiente, ou, o que é o mesmo, se a massa da Terra for bastante pequena, então a pedra subirá gradualmente mais devagar, escapando-se contudo para o infinito. Isto corresponde à hipótese de uma densidade cósmica menor do que a densidade crítica. Por outro lado, se a pedra for atirada com uma velocidade insuficiente, subirá até atingir uma altura

---

<sup>14</sup> Hubert Reeves, [1988], tr. Port., *Um Pouco Mais de Azul*, Gradiva, Lisboa, 5.<sup>a</sup> ed., 1994, p. 23.

máxima e voltará a cair. Este é, evidentemente, o caso de uma densidade cósmica acima da densidade crítica»<sup>15</sup>.

É este, em termos muito gerais, o *problema da planura*: só numa situação de equilíbrio, ainda que intrinsecamente instável, entre a taxa de expansão e a força da gravidade é que é possível a existência de um universo plano, aquele que tem a duração suficiente para que a matéria do universo primordial, a «sopa caótica inimaginável», como o caracteriza Heinz Pagels<sup>16</sup>, se organize.

Mas a teoria da inflação apresenta ainda outra utilidade. Estando o universo em expansão, o seu horizonte também aumenta, uma vez que se admitirmos que o raio do horizonte corresponde à distância que a luz percorre desde a origem do universo, desde o *big bang*, portanto, teremos de concluir que a distância ao ponto de partida, isto é, ao *big bang*, é maior que a própria distância percorrida, já que se dá uma constante *dilatação* do espaço. Nesse sentido, apesar de, no nosso universo de cerca de 15 mil milhões de anos, a luz, desde o *big bang*, ter percorrido 15 mil milhões de anos-luz, a efectiva distância ao ponto de partida será o triplo, isto é, cerca de 45 mil milhões de anos-luz, o que significa que, com o tempo, o horizonte tem vindo a aumentar. Contudo, admitindo-se a expansão inflacionária, o problema do aumento do horizonte e a limitação, apontada anteriormente, de a luz, quando o universo tinha menos de 1 segundo de existência, não ter *tempo* de se propagar, que, recordemos, redundava no problema da homogeneidade do universo, é contornado porque esta expansão acelerada traduz-se numa dilatação do espaço mais rápida que a própria velocidade de propagação da luz.

Foi no contexto destes e outros *problemas cosmológicos* que João Magueijo, segundo o seu próprio relato, terá começado por questionar o princípio da velocidade constante da luz: «E se, no universo primordial, a própria luz se tivesse propagado mais depressa do que o faz hoje? Será que resolveria alguns dos enigmas? E a que preço para a física como a entendemos? (...) Suponhamos, para simplificar, que houve uma grande revolução quando o universo tinha um ano. Antes desta revolução a luz era muito mais rápida do que viria a ser depois. Desprezemos igualmente os efeitos subtis da expansão do universo, que desempenham um papel crucial na teoria da inflação, mas não nos modelos do *big bang* ou da VSL. Segue-se que o tamanho do horizonte neste instante é igual à distância percorrida pela luz – que aqui quer dizer luz rápida – desde o *big bang*: um ano-luz-rápida. Se desconhecêssemos a luz rápida, pensaríamos que o horizonte mediria neste instante apenas um ano-luz-lenta, o que é muito menor do que a vasta região homogénea que nos é dado observar hoje, com 15 mil milhões de anos-luz-lenta de raio.

---

<sup>15</sup> Steven Weinberg, [1988], tr. Port., *Os Três Primeiros Minutos*, Lisboa, Gradiva, 1.ª ed., 1987, p. 50.

<sup>16</sup> Heinz Pagels, tr. Port., *O Código Cósmico*, Lisboa, Gradiva, 2.ª ed., s/d, p. 371.



Vem daqui o problema do horizonte. Mas se a luz rápida fosse muito mais veloz que a luz lenta, ao ponto de um ano-luz-rápida ser muito maior que os 15 mil milhões de ano-luz-lenta, todas as vastas regiões homogêneas que observamos poderiam ter estado em contacto no universo primordial. Abriam-se assim as portas a uma explicação física da homogeneidade do universo, sem recurso à inflação»<sup>17</sup>.

Na essência é esta a ideia fundamental da *variable speed of light* (VSL): apesar de constituir um limite de velocidade local, a velocidade da luz poderá não ser uma constante – poderá ter sido mais elevada no universo primordial –, já que, admitindo-se a sua variabilidade, soluciona-se muitos dos problemas que a teoria do *big bang* hoje coloca aos físicos. Como escreveram Andreas Albrecht e João Magueijo no artigo em que deram a conhecer a sua teoria à comunidade científica, «não pretendemos tomar uma posição “anti-inflação”, mas temos a forte convicção de que alargar o leque de modelos possíveis para o universo primordial será muito positivo para a área da cosmologia, e, em última instância, permitir-nos-á definir em termos mais concretos a razão pela qual um modelo é preferido»<sup>18</sup>.

Apesar de termos traçado apenas muito genericamente o contexto em que joga a VSL, ou, mais precisamente, *as* VSL – porque existem *n* propostas de VSL –, e não obstante virem solucionar *n* problemas cosmológicos – muitos mais do que os aqui referidos – são também inúmeras as consequências, suficientes para aparentemente abalarem os fundamentos da Física, o «edifício de mil formas», como a caracterizou Einstein, desde a violação da conservação da energia, passando por dificuldades como a simetria de Lorentz, ou implicando alteração da nossa concepção de matéria, e redundando, obviamente, numa clara violação da teoria da relatividade.

Se, de uma forma ou de outra, as várias VSL vão propondo soluções para as dificuldades de percurso, e apesar de não se saber hoje se a VSL «está certa ou errada», como aliás conclui João Magueijo relativamente à sua proposta<sup>19</sup>, incontornável parece ser a violação do princípio da velocidade constante da luz, considerando-se que esta terá sido mais elevada no universo primordial.

Ora, o nosso objectivo aqui é, como definimos logo nas primeiras linhas, procurar uma eventual resposta do autor de teoria da relatividade à pergunta mais fácil de se formular nestas ocasiões: *Einstein estava errado?*

Não procuramos uma resposta do cientista a propósito da constante *c*, ou uma solução para contornar as dificuldades que a VSL apresenta à teoria da relatividade, mas pretendemos apontar a perspectiva de Einstein-filósofo, ainda que, como observa Max Born, «a filosofia de Einstein não é um sistema que possamos ler num livro; temos que a extrair dos seus artigos de física e

---

<sup>17</sup> João Magueijo, [2003], tr. Port., pp. 147-148.

<sup>18</sup> Andreas Albrecht, João Magueijo, [1999], p. 9.

<sup>19</sup> João Magueijo, [2003], tr. Port., p. 275.

de outros artigos e opúsculos mais gerais»<sup>20</sup>, o que nos criará dificuldades, uma vez que pretendemos contornar as suas referências directas à Física.

### ***Einstein estava errado?***

Esta interrogação parece ter sempre algo de provocatório. Efectivamente, é recorrente encontrarmos em títulos de artigos de revistas de divulgação científica, ou mesmo em títulos de livros, esta interrogação, ou semelhante, que parece configurar o desejo de se encontrar um erro naquele que foi considerado um dos maiores físicos de sempre. Mas se até há bem pouco tempo esta era apenas uma pergunta retórica, uma vez que, *obviamente*, Einstein não estava errado<sup>21</sup>, com o desenvolvimento e o anúncio da VSL, Einstein parece ter mesmo incorrido em erro. Ora, a questão que se nos coloca é a seguinte: o que significa, neste contexto, o *erro de Einstein*?

É bem sabida a alteração que a teoria da relatividade provocou na concepção de espaço, de tempo e de movimento da física newtoniana. Contudo, longe de ver o desenvolvimento da ciência como uma sucessão de rupturas à maneira de Kuhn, Einstein considerava existir no desenvolvimento científico uma linha de continuidade natural, como expressou a Besso, por correspondência, em Agosto de 1918, referindo-se ao desenvolvimento da teoria da relatividade<sup>22</sup>. Como escreveu mais tarde, «chamo a atenção para o facto de esta teoria não ser especulativa na sua origem; deve a sua invenção inteiramente ao desejo de adaptar, dentro do possível, a teoria aos factos observáveis. Não estamos perante nenhum acto revolucionário, mas perante uma linha de continuidade natural que pode ser traçada através dos séculos. O abandono de certas noções relacionadas com o espaço, o tempo e o movimento, apesar de tratadas como fundamentais, não devem ser vistas como arbitrárias, mas apenas como condicionadas pelos factos observáveis»<sup>23</sup>.

A ciência desenvolve-se, assim, para o autor da teoria da relatividade, como uma «continuação sistemática»<sup>24</sup>, a continuidade que o levou a substi-

---

<sup>20</sup> Max Born, [1949], "Einstein's Statistical Theories", in Paul Arthur Shilpp (ed.), [1949], *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, Illionis, Open Court, 7 th pr., 1997, p. 175.

<sup>21</sup> Cf., a título de exemplo, Will Clifford, [1986], tr. Port., *Einstein tinha razão?*, Lisboa, Gradiva, 1.ª ed. 1989.

<sup>22</sup> Albert Einstein, carta a Michele Besso de 28 de Agosto de 1918, in Albert Einstein, Michele Besso, [1972], *Correspondance 1903-1955*, Paris, Hermann, 1979, Lettre 47, p. 81.

<sup>23</sup> Albert Einstein, [1921], "Über Relativitätstheorie", in Albert Einstein, [1934], *Mein Weltbild*, Amsterdam, Querido, 1934, p. 131; tr. In., "On the Theory of Relativity", in Albert Einstein, [1954], p. 246; tr. Fr., "Sur la théorie de la relativité", in Albert Einstein, [1934], tr. Fr., *Comment je vois le monde*, Paris, Flammarion, 1998, p. 136.

<sup>24</sup> Em 1919, Einstein insistia nesta ideia, considerando que «a teoria da relatividade restrita, que nada mais é que uma continuação sistemática da electrodinâmica de Maxwell e de Lorentz, apontou a via do seu próprio desenvolvimento», isto é, a teoria da relatividade geral. (Albert Einstein, [1919], tr. In., "What is the theory of relativity?", in Albert Einstein, [1954], p. 230; tr. Fr., "Qu'est-ce que la théorie de la relativité?", in Albert Einstein, [1989-93], tome v, p. 98.)

tuir os conceitos de espaço e de tempo newtonianos e a fazer, junto deste, o respectivo *mea culpa*: «Newton, desculpa-me, mesmo para um homem dotado da tua incomparável capacidade de reflexão e criação, na tua época apenas havia uma via possível; tu encontraste-a. Os conceitos que elaboraste ainda hoje guiam o pensamento na Física, mesmo que saibamos que se nos torna agora necessário *substituí-los* por outros mais afastados da esfera da experiência imediata (...)»<sup>25</sup>.

Note-se, todavia, que, com o desenvolvimento da teoria da relatividade, não se concluiu pela inadequação da física newtoniana; Albert Einstein limitou-se, como ele próprio escreveu, a *substituir* os conceitos de espaço e de tempo e a elevar a postulados o princípio da relatividade e o da velocidade constante da luz, princípios da mecânica e do electromagnetismo, agora integrados numa estrutura significativamente distinta: «Os conceitos que se mostraram úteis para estabelecer uma certa ordem nas coisas adquirem facilmente aos nossos olhos um carácter de autoridade (...). É por isso que não é em vão que devemos analisar os conceitos que utilizamos durante muito tempo e mostrar em que circunstâncias particulares eles se justificam e são úteis (...). Diminuímos assim a sua autoridade excessiva. Eles são *suprimidos* se não se puderem justificar, são *corrigidos* se a adequação à realidade for débil, são *substituídos* por outros se se puder estabelecer um novo sistema que, por um motivo ou outro, seja preferível»<sup>26</sup>.

O autor da teoria da relatividade não *suprimiu* nem *corrigiu* os conceitos da física newtoniana, apenas os *substituiu* para que se pudesse, como escreveu, «estabelecer um novo sistema que, por um motivo ou outro, seja preferível», o mesmo objectivo que Andreas Albrecht e João Magueijo anunciam na conclusão do seu artigo: «alargar o leque de modelos possíveis para o universo primordial (...) permitir-nos-á definir em termos mais concretos a razão pela qual um modelo é preferido»<sup>27</sup>.

Terá, então, Einstein sido contrariado?

Do ponto de vista da sua concepção de desenvolvimento da ciência – aquela que aqui nos interessa particularmente –, assistimos, com o surgimento das VSL, à «continuação sistemática»<sup>28</sup> própria da Física, diria possivelmente. Mas tratar-se-á da *supressão*, da *correção* ou da *substituição* do princípio da velocidade constante da luz? Qualquer que seja a resposta, Einstein não será, do ponto de vista da sua concepção de ciência, reiteramos, contrariado, uma vez que, qualquer das possibilidades continua a configurar a sua perspectiva de evolução natural da ciência.

---

<sup>25</sup> Albert Einstein, [1946], “Autobiographisches”, in Paul Arthur Schilpp (ed.), [1949], pp. 30, 32; tr. In., “Autobiographical Notes”, in Paul Arthur Schilpp (ed.), [1949], pp. 31, 33; tr. Fr., “Éléments autobiographiques”, in Albert Einstein, [1989-93], tome v, p. 30, *italico nosso*.

<sup>26</sup> Albert Einstein, [1916], tr. Fr., “Ernst Mach”, in Albert Einstein, [1989-93], tome v, p. 226, *italico nosso*.

<sup>27</sup> Andreas Albrecht, João Magueijo, [1999], p. 9.

<sup>28</sup> Albert Einstein, [1919], tr. In., p. 230; tr. Fr., p. 98.

Recordemos que seria *suprimido* se não se pudesse justificar, o que não é o caso; seria *corrigido* se a adequação à realidade fosse débil, o que não parece também ser o caso, porque na realidade actual a teoria da relatividade continua a funcionar, a velocidade da luz continua a constituir um limite de velocidade local; seria *substituído* se, com tal, se pudesse estabelecer um sistema preferível.

Ora, a física newtoniana não deixou de *funcionar* quando Einstein deixou de falar em força gravitacional para falar em curvatura do espaço (o próprio físico escreveu, referindo-se aos conceitos newtonianos de espaço e de tempo, que «ainda hoje guiam o pensamento na Física»<sup>29</sup>); uma não está mais correcta que a outra – simplesmente têm campos de aplicabilidade distintos. Do mesmo modo, a relatividade einsteiniana não deixará de *funcionar* se se demonstrar que, nos primórdios do universo, a velocidade da luz era superior à actual, apesar de já sabermos que, para os instantes iniciais do universo, a relatividade não se aplica. Neste sentido, poderemos, efectivamente, tal como Einstein substituiu os conceitos de espaço e de tempo newtonianos, proceder a uma *substituição* do princípio da velocidade constante da luz, nomeadamente para obtermos uma mais adequada explicação dos primeiros instantes de existência do universo primordial, em que, supostamente, a velocidade da luz será superior à actual. Até porque em passagem alguma fomos capazes de encontrar o autor da teoria da relatividade a dizer que a velocidade da luz foi desde todo o sempre a mesma. Apenas temos um físico a trabalhar de uma forma contextualizada, numa época concreta, a considerar que para dois referenciais distintos a velocidade da luz é constante.

Ainda que as VSL tenham implicações na teoria da relatividade, nomeadamente se *olharmos* um referencial *lá longe*, no universo primordial, lembremos que Einstein considerou o princípio da relatividade e o princípio da velocidade constante da luz como princípios heurísticos, como podemos ler nos seus comentários à nota de Hrn. Paul Ehrenfest, em 1907: «o princípio da relatividade, ou, mais precisamente, o princípio da relatividade juntamente com o princípio da constância da velocidade da luz, não deve ser concebido como um ‘sistema completo’, na verdade, nem como um sistema, mas apenas como um princípio heurístico que, quando considerado em si mesmo, contém apenas afirmações acerca de corpos rígidos, relógios e sinais luminosos»<sup>30</sup>.

Mais, encontrámos, precisamente no artigo em que formula a teoria da relatividade restrita, após a análise das consequências, a afirmação de que «a

---

<sup>29</sup> Albert Einstein, [1946], pp. 30, 32; tr. In., pp. 31, 33; tr. Fr., p. 30, *itálico nosso*.

<sup>30</sup> Albert Einstein, [1907], tr. In., “Comments on the Note of Mr. Paul Ehrenfest: *The Translatory Motion of Deformable Electrons and the Areal Law*”, in Albert Einstein, [1987], vol. II, p. 236; tr. Fr., “Remarques sur la Note de M. Paul Ehrenfest: *Translation des électrons déformables et loi des Aires*”, in Albert Einstein, [1989-93], tome II, p. 74.

*velocidades superiores à da luz as nossas conclusões deixam de ter sentido*<sup>31</sup>. Ora, isto significa que a velocidades superiores a 300 000 km/s as suas conclusões não se aplicam, pelo que se a luz, em algum momento da formação do universo, teve uma velocidade superior a 300 000 km/s, não se deverá esperar que a teoria da relatividade funcione.

Parece, portanto, injusto procurar-se constantemente o erro de Einstein. O físico errou, como no caso da introdução da constante lambda no seu modelo de universo. Mas, do ponto de vista de Einstein-filósofo, e atendendo à sua concepção de desenvolvimento da ciência, a afirmação das VSL não se traduz em qualquer tipo de contradição. Se a ciência se apresenta como «um edifício de mil formas»<sup>32</sup>, se ela é uma «continuação sistemática»<sup>33</sup>, como entendia Einstein, questionar o princípio da velocidade constante da luz não é necessariamente atacar as suas fundações – será apenas reconfigurar o edifício. Mesmo que com isso o edifício conheça uma significativa alteração, será essa alteração que o passará a caracterizar. Porque, afinal, por algum motivo é que a torre de Pisa é *a* torre de Pisa.

*Daniel Duarte de Carvalho*

---

<sup>31</sup> Albert Einstein, [1905], tr. In., p. 41 e também p. 152; trad. Port., p. 63, *italico nosso*.

<sup>32</sup> Albert Einstein, [1918], tr. In., p. 224; tr. Fr., p. 171.

<sup>33</sup> Albert Einstein, [1919], tr. In., p. 230; tr. Fr., p. 98.

