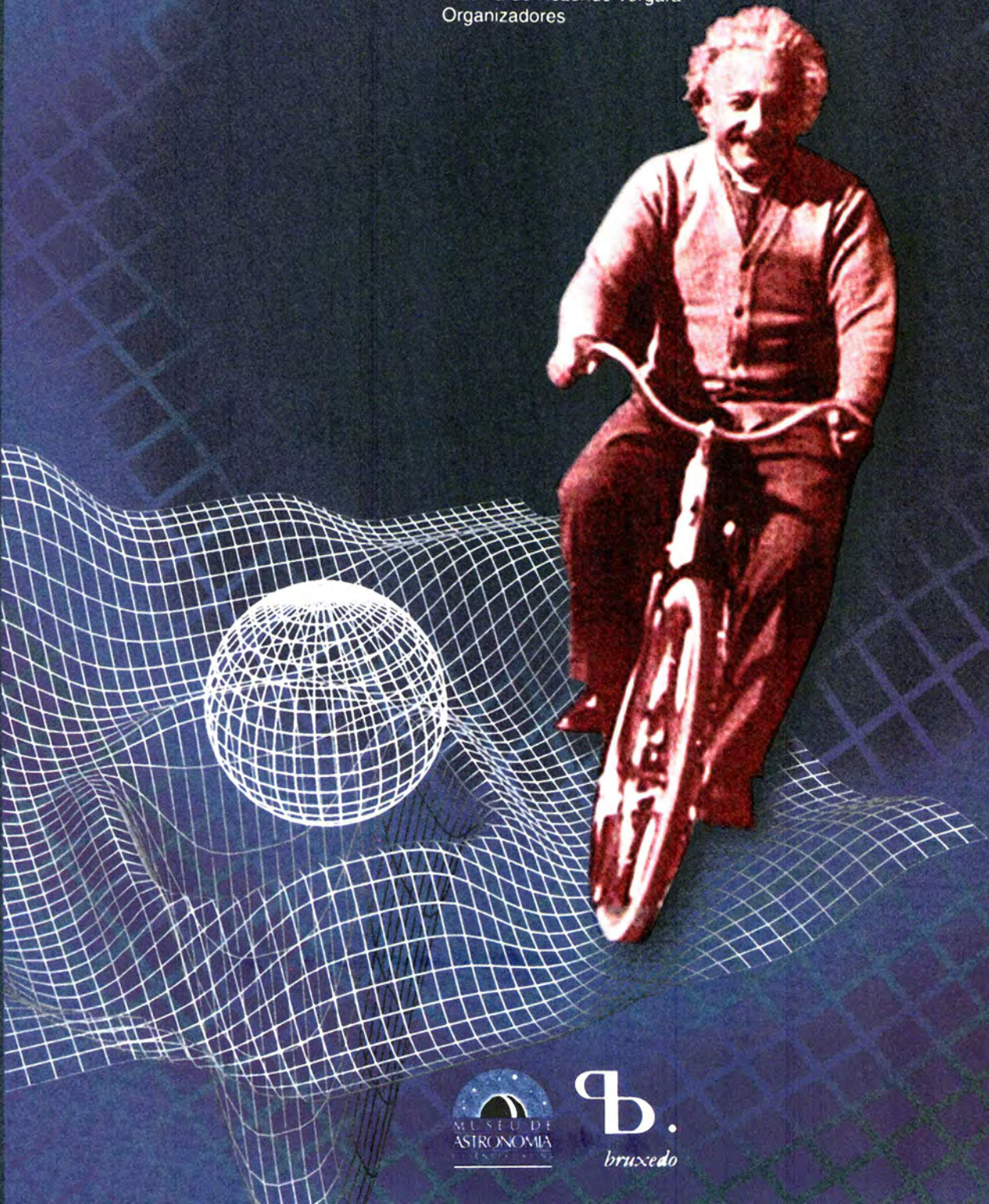


Einstein

para além do seu tempo

Alfredo Tiomno Tolmasquim
Marta de Almeida
Moema de Rezende Vergara
Organizadores





Einstein

para além do seu tempo

Alfredo Tiomno Tolmasquim
Marta de Almeida
Moema de Rezende Vergara
Organizadores

Museu de Astronomia e Ciências Afins
Bruxedo
2008

Copyright© Museu de Astronomia e Ciências Afins – 2008

Organizadores

Alfredo Tiomno Tolmasquim

Marta de Almeida

Moema de Rezende Vergara

Projeto Gráfico

Thiago Alves

Capa

Ivo Almico

Preparação dos originais

Suzana d'Ávila

Revisão

Katia Maria da Cunha Silva

Supervisão

Antonio Carlos Martins

E35 Einstein: para além do seu tempo. / Organizadores: Alfredo Tiomno Tolmasquim, Marta de Almeida, Moema de Rezende Vergara. – Rio de Janeiro: MAST: Bruxedo, 2008. 136p.

Inclui bibliografia
ISBN: 978-85-60069-19-4

1. Einstein, Albert 1879-1955. I. Tolmasquim, Alfredo Tiomno.
II. Almeida, Marta de. III. Vergara, Moema de Rezende. IV. MAST.
V. Título.

CDU: 929Einstein

Sumário

Einstein, modernidade e América Latina: uma introdução.....	07
Alfredo Tiomno Tolmasquim, Marta de Almeida e Moema de Rezende Vergara	
Einstein e a modernidade.....	15
Alberto Tassinari	
Cosmologia e filosofia.....	29
Antonio Augusto Passos Videira	
Sobre Einstein e sobre a história: meditação circunstancial.....	39
Heloisa Maria Bertol Domingues	
Música, pintura, física e as leis universais.....	49
Henrique Lins de Barros	
Cosmologia: de Einstein à energia escura.....	63
Jailson Alcaniz	
A visita do viajante da relatividade ao Uruguai.....	71
Cecilia Cabeza e Raúl Montagne	
Teoria da relatividade no Brasil.....	79
Circe Mary Silva da Silva	
Relatividade e cultura na Argentina: Einstein entre jornalistas e filósofos.....	95
Diego Hurtado de Mendoza	
As 30 horas de Einstein em Cuba.....	109
José Altshuler	
Einstein e a física quântica no período de sua viagem à América Latina.....	115
Michel Paty	

Einstein, modernidade e América Latina: uma introdução

Alfredo Tiomno Tolmasquim, Marta de Almeida e
Moema de Rezende Vergara

Pesquisadores do Museu de Astronomia e Ciências Afins/MAST

No ano de 1905, o jovem estudante de doutorado da Universidade de Zurique e funcionário do escritório de patentes em Berna, Suíça, Albert Einstein, com 26 anos, produziu cinco trabalhos que mudariam a forma de a ciência entender conceitos fundamentais como tempo, espaço, matéria e energia. Este ano passou para a história com o título de *annus mirabilis* (ano miraculoso). Em seu centenário, a ONU declarou 2005 como Ano Mundial da Física e em todo o mundo houve comemorações desse momento especial do pensamento científico moderno. No Brasil, teve um significado adicional, pois marcou também os 80 anos da viagem de Einstein à América do Sul, ocorrida em 1925, quando visitou o Brasil, a Argentina e o Uruguai.

Em comemoração a essas duas significativas datas, o Museu de Astronomia e Ciências Afins, em colaboração com a Sociedade Brasileira de Física, CNPq e Finep, promoveu o seminário *Einstein para além de seu tempo*, que originou a presente publicação. Este livro constitui-se, portanto, simultaneamente em anais de um encontro acadêmico e em um veículo para atingir um público mais amplo.

Possivelmente, essa é uma das formas mais características de homenagear Einstein e seu trabalho. Ele mesmo compartilhava suas atividades científicas com a preocupação de tornar esse conhecimento acessível para o público não especializado¹. Einstein não se furtava a dar entrevistas e explicações sobre conceitos científicos para jornais e palestras sobre a teoria da relatividade para grandes platéias. Em suas aulas em Berlim, era comum a presença de pessoas externas que queriam apenas ver uma aula do famoso sábio, e deixavam a sala poucos minutos depois. Também em suas viagens, fossem nos Estados Unidos, no Japão ou nos países da América do Sul, as palestras de Einstein eram assistidas por grandes auditórios, que misturavam cientistas, alunos universitários e um grande número de curiosos. Einstein considerava que se o cientista não sabia explicar o que fazia para pessoas não especializadas, isso significava que ele mesmo não sabia o sentido daquilo que estudava.

Sua percepção da importância da divulgação científica vinha do próprio entendimento que tinha do papel da ciência na sociedade. A pesquisa científica não deveria estar voltada apenas para as suas aplicações, mas para

¹ Sobre a preocupação de Einstein com a divulgação científica ver Moreira, Ildeu C.; Studart, Nelson. Einstein e a divulgação científica. *Ciência & Ambiente*, n. 30, Jan/Jun. 2005.

a ampliação do conhecimento em si. Por outro lado, o cientista deveria ter um papel fundamental na sociedade. Mais do que isso, Einstein entendia que o conhecimento científico era um patrimônio da humanidade, e não de um ou outro país. Juntamente com as artes e a cultura, ela deveria ser capaz de reunir povos separados por divergências políticas e ideológicas, transpassando as fronteiras entre os países. Einstein não conseguia, nem via sentido em separar sua atividade científica de suas preocupações políticas no sentido mais amplo.

²Cf. Tolmasquim. O distanciamento do mundo na construção do saber moderno, 1989.

Einstein e a interdisciplinaridade

Seja por seu papel político, seja pelo inusitado de alguns conceitos da teoria da relatividade, ou ainda pelas conseqüências da energia atômica, Einstein e vários conceitos científicos fizeram parte dos noticiários e do próprio imaginário social ao longo século XX, a ponto de importante revista americana, *Time*, tê-lo caracterizado como a personalidade do século.

Os pontos que motivaram a realização do seminário partiram da idéia de que a teoria da relatividade em muito contribuiu para a atual concepção de modernidade. Este conceito é marcado desde o século XVII pelo signo da transformação, ou seja, pela descoberta da capacidade humana de modificação e interferência sobre si mesma e sobre a natureza². Sem dúvida alguma, a expressão $E=mc^2$, que estabelece a relação entre massa e energia, potencializa de forma radical esta moderna capacidade humana de intervenção na natureza.

O seminário focou nas contribuições da física para a construção de uma dada visão de mundo e suas inter-relações com as outras áreas do conhecimento, bem como nos usos correntes dos termos relatividade e relativismo, empregados erroneamente como sinônimos.

Do ponto de vista da história das ciências, a prática de análise da recepção e da circulação das idéias se apresenta como um de seus principais desafios. Ao enfrentar esta difícil questão, o historiador das ciências amplia o âmbito de sua reflexão para a discussão mais geral da história das idéias. A teoria da relatividade é um excelente estudo de caso para vermos os percursos das idéias que migram de um campo do conhecimento a outro, adquirindo novos significados e suscitando novas leituras por onde passam. A pretensão de analisar como a teoria da relatividade se “decantava” nas outras áreas de conhecimento esbarrava justamente na contradição inata dos saberes modernos, pois uma vez autônomos, as diferentes áreas passam a regular a si próprias. Uma vez conquistada esta autonomia, a relação entre eles se torna difícil de rastrear.

Este desafio foi enfrentado por Alberto Tassinari em seu texto “Einstein e a modernidade”. Para Tassinari, Einstein é moderno pois pensa os fundamentos da física no interior da própria física, eliminando qualquer resquício metafísico que porventura a física newtoniana teria deixado. Apesar



disto, as conclusões de Einstein que abalaram as noções de espaço, tempo e simultaneidade geraram como subproduto uma transformação das idéias cotidianas e filosóficas que utilizam os mesmos termos.

No segundo texto, Antonio Augusto Passos Videira mostra como, ao aplicar a sua teoria da relatividade geral ao problema do “infinito espacial”, Einstein introduziu o universo no interior da ciência, transformando-o numa questão cientificamente aceitável. Ao entendermos a cosmologia como uma tentativa humana de compreender a totalidade e a existência, a física levanta questões que são genuinamente filosóficas. Para Videira o problema de transformar a cosmologia em uma disciplina científica estaria na subversão dos cânones metodológicos e epistemológicos da ciência moderna, questionando o caráter absoluto do tempo e do espaço.

Complementarmente, o texto de Jaílson Alcaniz é fundamental para entendermos os percalços, entre acertos e erros, das contribuições de Einstein no campo da cosmologia. A implicação das teorias de Einstein para a cosmologia moderna pode ser verificada na análise dos processos físico-químicos nos interiores estelares, na física de objetos compactos — buracos negros, no estudo da energia escura e na descrição detalhada da expansão do universo.

Partindo desta premissa, Henrique Lins de Barros procurou ver também na *nova física* de Galileu e Newton o rompimento do cosmos aristotélico que repercutiu tanto na música quanto na pintura da Europa renascentista. Se música é tempo e pintura é espaço, quando Einstein faz a revolução na física, logicamente estas expressões sofreriam o seu impacto. Esta nova modernidade do século XX estaria, segundo Lins de Barros, na música de Stravinsky e na pintura de Picasso, principalmente em sua fase cubista.

Em seguida, Heloisa Bertol Domingues analisa como na história a apropriação da teoria da relatividade foi usada em sua “guerra particular” contra a historiografia positivista. Neste cenário, destacaram-se os historiadores ligados à revista *Annales* que cedo trataram de arregimentar em suas fileiras a contribuição de Albert Einstein. De acordo com a autora foi no “grande drama da relatividade” que tiveram origem as diversas propostas de renovação dos estudos históricos na primeira metade do século XX. Como é freqüente nos processos de recepção, as novas teorias passam por um trabalho de re-significação que não deixam de comportar equívocos, no caso da história pela aproximação com o relativismo da própria tradição historicista. Domingues analisa as referências de Febvre a Einstein, que o “situou no seu tempo e mostrou como a história deveria interpretar a repercussão de sua teoria”. Assim física e história passaram pelas mesmas transformações epistemológicas construindo o conceito de tempo, matéria-prima para as duas áreas. Na prática a questão da relatividade na história possibilitou o rompimento dos férreos esquemas cronológicos, possibilitando abordagens inovadoras do objeto histórico. A autora também analisou a repercussão da obra de Einstein na concepção da interrelação do homem

com o meio físico, representada principalmente nos trabalhos do geógrafo brasileiro Josué de Castro, que acreditava que a teoria da relatividade inauguraria inúmeras possibilidades de relação entre a ciência e a sociedade.

³ Beired, Sob o signo da nova ordem. 1999, p.31

⁴ Bosi. A Parábola das Vanguardas Latino-Americanas, 1995, p.21

Einstein e a América Latina

⁵ Beired, op. cit., p. 34

Outro aspecto central tratado no Seminário foram as visitas de Einstein a vários países latino-americanos como Brasil, Argentina, Uruguai e Cuba, as três primeiras em 1925 e a última em 1930. Nessa época, as ideologias nacionalistas de direita e de esquerda ganhavam terreno no continente latino-americano. Os dilemas nacionais vividos pelos países aumentavam a expectativa sobre um maior entrosamento internacional no continente, ainda que com contornos bastante variados, ora pendendo para uma maior reação à política intervencionista norte-americana, ora formalizando acordos de cooperação entre dois ou mais países.

As transformações sociopolíticas e o ambiente cultural dos anos 20 do século passado foram fortemente marcados pela acelerada modernização econômica ocorrida nas cidades que Einstein visitou - Buenos Aires, Montevideu e Rio de Janeiro - cenários caracterizados pelo crescimento vertiginoso do mercado editorial de livros, jornais e revistas³. Vanguardas intelectuais articularam-se à discussão sobre os dilemas nacionais, reconhecendo-se aqui a dimensão política de movimentos que, num primeiro momento poderiam ser relacionados exclusivamente ao seu teor cultural, literário ou científico. O tema das identidades nacionais marcou sem dúvida a maior parte dos intelectuais dos anos 20 e 30. Ao mesmo tempo valorizava-se a tendência cosmopolita, numa tentativa de incorporação do outro à busca da identidade⁴.

Os acontecimentos desencadeados na Europa pela Primeira Guerra Mundial foram decisivos para uma operação de renovado contato com a cultura e a política européias na América Latina. No caso do Brasil, por exemplo, o viés ufanista sobre a natureza foi cada vez mais substituído por programas e movimentos em prol da salvação do país. O diagnóstico compartilhado pela maior parte do campo intelectual e científico do país era o de que o problema nacional residia na cópia de modelos estrangeiros, na falta de contato entre as instituições e a realidade brasileira⁵.

Nesse mesmo período, a Argentina viveu ondas de maior abertura política e retrocessos conservadores entre os anos 1920 e 1930. Neste intervalo, antecedido pela marcante reforma universitária iniciada em Córdoba em 1918, um movimento de renovação e reformas no plano governamental, científico e cultural rompeu com o monopólio educativo das elites ilustradas. Inúmeros movimentos de vanguarda artística e literária expressavam estas transformações e tensões que ocorriam na sociedade argentina. Comparado à realidade brasileira, o mercado de bens culturais era maior em virtude do grau de alfabetização na Argentina e do poder aquisitivo da população. Muitas



⁶ Beired, op. cit., p. 44

⁷ Cf. Tolmasquim, Einstein: o viajante da relatividade na América do Sul., 2003.

⁸ Cf. Stern. O mundo alemão de Einstein., 2004, p. 159.

⁹ Cf. Tolmasquim, op. cit., 2003.

revistas como *Renovación* (1923), *Proa* (1924), *Martin Fierro* (1924), *Claridad* (1926), *Criterio* (1928) tematizaram o problema da nação por diversas perspectivas, das mais revolucionárias às mais conservadoras⁶.

A utopia do “novo” na década de 1920 foi marcada pela valorização – não sem críticas - de diversos artefatos mecânicos, numa transição da natureza para o universo da cultura, mediatizado pela tecnologia moderna. É preciso lembrar, então, das inovações culturais do período, particularmente no que diz respeito às ciências, entre as quais os trabalhos de Einstein e o que suas idéias e escritos representavam naquele cenário de efervescência cultural.

Houve grande envolvimento da comunidade intelectual da Argentina no convite feito a ele para visitar o país e fazer um ciclo de conferências. Filósofos, físicos, engenheiros e literatos tiveram relevante papel para que fosse feita a formalização do convite a Einstein pela Universidad de Buenos Aires. Além destes, houve a motivação da comunidade judaica na Argentina e no Brasil no sentido de apoiar a vinda de Einstein e fortalecer a imigração e o papel que os judeus poderiam ter nesses países⁷.

Após 1919, “Einstein tornara-se inadvertidamente um patrimônio nacional da República de Weimar (...) ainda que muitos notáveis da ciência alemã expressassem reservas quanto à teoria da relatividade com argumentos *ad hominem* e anti-semitas”⁸. Nesse período ele se envolveu em atividades voltadas para a cooperação internacional científica, aceitando em 1922, convite para atuar no Comitê Internacional sobre Cooperação Intelectual, da Liga das Nações. Também neste período, Einstein iniciou uma série de viagens internacionais, proferindo palestras, visitando amigos e fazendo novos contatos. Além de vários países europeus, Einstein visitou também os Estados Unidos, Japão e Palestina.

As viagens de Einstein à América Latina devem ser entendidas neste complexo plural de atuações e motivações com as quais o físico se envolveu. Escreveu um diário sobre sua viagem à América do Sul, importante por seu valor documental e por revelar suas impressões sobre as cidades visitadas, instituições e pessoas, já analisado por pesquisadores⁹.

Todavia, a intenção maior dos textos aqui reunidos sobre a passagem de Einstein pela Argentina, Uruguai, Brasil e Cuba, é a de remeter ao leitor as impressões locais sobre ele, numa trajetória inversa: perceber a repercussão, o impacto, os desdobramentos que tiveram sua presença em terras latino-americanas.

Inicialmente, em março de 1925, esteve por um mês na Argentina, na qual proferiu uma série de cursos e conferências em Buenos Aires. Em *Relatividade e cultura na Argentina: Einstein entre jornalistas e filósofos*, Diego Hurtado nos revela o impacto dessa visita no meio jornalístico e científico portenho, destacando a utilização política da visita de Einstein por alguns dos expoentes da intelectualidade do país e a especificidade da conformação profissional de físicos e filósofos naquele período.

A visita do viajante da relatividade ao Uruguai, de Cecilia Cabeza e de Raúl Montagne, nos conta com detalhes a passagem de Einstein por Montevideu durante os oito dias que esteve por lá, com destaque para sua agenda cultural e científica de atividades.

Comparada às demais visitas feitas na América Latina, a estada de Einstein em Cuba foi bem menor e, configurada em outro contexto de viagens, quando se dirigia em 1930 à região californiana dos Estados Unidos. Ainda que num período muito curto, o texto *As 30 horas de Einstein em Cuba*, de José Altshuler, nos mostra a intensidade de atividades científicas e culturais de Einstein, bem como sua postura crítica em relação às desigualdades sociais e raciais encontradas em Havana.

Em todos os textos, a utilização de fontes da imprensa da época – jornais e revistas – nos revela a sensação do que era receber um Prêmio Nobel da Física em solo latino-americano. Mais do que o exagero destas coberturas, fica para o leitor a sensação de que personagens de ciência, pelo menos naquele período, poderiam ganhar as primeiras páginas dos periódicos e despertar interesse num público leitor mais amplo que a seleta comunidade de cientistas especializados em física teórica. Também foi constante a preocupação dos anfitriões de Einstein em causar-lhe uma boa impressão a respeito dos países latino-americanos naquele período.

Entre os países da América Latina, o Brasil é o que ganha maior destaque no livro, com os trabalhos de Circe Mary Silva da Silva e de Michel Paty. Os dois textos têm em comum a questão da recepção das idéias de Einstein no país. O texto *Teoria da relatividade no Brasil* enfatiza o papel das instituições brasileiras no processo conturbado de divulgação desta teoria, tais como a Escola Politécnica do Rio de Janeiro e a de São Paulo. Para a autora, há evidências de que a oposição à teoria da relatividade está relacionada à forte adesão ao positivismo entre os docentes dessas instituições. Um elemento importante desta pesquisa é a análise sobre a introdução da teoria da relatividade nos currículos de escolas secundárias e de universidades no Brasil ainda na primeira metade do século XX.

Já o texto de Michel Paty trata da física quântica no período da viagem de Einstein ao Brasil, utilizando como principal fonte a conferência que proferiu na Academia Brasileira das Ciências. Segundo Paty, esta comunicação reveste-se de uma significação bastante particular, quanto à maneira de Einstein ver a física quântica. Do ponto de vista da história das teorias científicas, o texto nos mostra que desde 1925 Einstein estava interrogando-se acerca da física dos quanta e sua significação, tanto sob o aspecto físico quanto filosófico. Paty afirma que entender a produção intelectual de Einstein no momento de sua viagem à América Latina é fundamental para a compreensão de seu pensamento a respeito dos sistemas quânticos. Segundo o autor, aquele período foi de extrema riqueza para a apreensão das características centrais dos sistemas quânticos e suas conseqüências nos debates atuais.



Desejamos enfim, que essa leitura contribua para uma melhor compreensão do impacto das idéias de Einstein no mundo atual.

Referências

- BEIRED, José Luis Bendicho. *Sob o signo da nova ordem*. Intelectuais autoritários no Brasil e na Argentina. São Paulo: Ed. Loyola, 1999.
- BOSI, Alfredo. A Parábola das Vanguardas Latino-Americanas In: SCHWARTZ, Jorge. *Vanguardas latino-americanas*. Polêmicas, manifestos e textos críticos. São Paulo: Ed. Iluminuras/Edusp/Fapesp, p. 19-28, 1995.
- COHEN, Bernard. *Revolution in Science*. Cambridge and London: The Belknap Press of Harvard University Press, 1985.
- MOREIRA, Ildeu C.; Studart, Nelson. Einstein e a divulgação científica. *Ciência & Ambiente*, n. 30, p.125-142, Jan/Jun. 2005.
- STERN, Fritz. *O mundo alemão de Einstein*. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- TOLMASQUIM, Alfredo Tiomno. *Einstein: o viajante da relatividade na América do Sul*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2003.
- _____. O distanciamento do mundo na construção do saber moderno. *IDEA: A crise da ciência*, 1/89, p.81-86, 1989.

Einstein e a modernidade

Alberto Tassinari

Crítico de arte, doutor em filosofia pela USP

Dedicado a Marcelo Leite

A autonomia dos saberes modernos, quando se procura relacionar esses saberes, ocasiona muitas vezes confusões, conflitos e incompatibilidades. Entretanto, esses desentendimentos possuem uma razão de ser comum. E essa razão é a própria autonomia que todo saber moderno conquistou um dia para si. Autônomo é um saber que se regula por princípios que foi capaz de encontrar numa reflexão sobre seus fundamentos. E a expressão “saber moderno” em nada perde em sua compreensão se referida tanto às artes e às humanidades quanto às chamadas ciências duras. Quer se trate de cinema, psicologia ou química, serão a montagem, o comportamento e a ligação entre os átomos que responderão pelo que cada um desses saberes possui de específico. Mas nem mesmo no interior de um só saber os desentendimentos se tranquilizam. A montagem pode ser de grande relevância para certos filmes, mas nega importância para outros. O comportamento assume feições díspares e pode chegar a opor seu aspecto biológico a seu aspecto social. Já a separação entre a química e a física é tão pouco nítida que um terceiro saber, a físico-química, se faz necessária para tratar das regiões ambíguas. Seja rumo a seu exterior, seja rumo a seu interior, todo saber moderno encontra *quiproquós*, disputas ou resistências em comunicar-se. E a razão comum, vale repetir, é a liberdade que conquistaram de legislar para si mesmos, ainda que essa liberdade se ancore apenas na pequena ilha de uma bem fundada auto-suficiência, dentro da qual, porém, os desentendimentos também vigoram¹.

A caracterização acima dos saberes modernos diz tanto respeito a seus métodos quanto a seus objetos. Pode-se contra-argumentar, desse modo, que objetos muito diversos, e também os métodos de abordá-los, estão sendo subsumidos por uma noção — a de autonomia — ainda mais sujeita a desentendimentos do que aqueles que procura assinalar². Uma objeção semelhante, e em tudo pertinente, é também a que questionaria a reunião — e justamente porque a reunião passaria por cima do que possuem de diferentes e autônomos — de saberes da natureza e saberes da cultura. Não é uma ressalva, porém, que vá muito longe. Para se aproximar já um pouco do tema desse artigo, que se tome, como exemplo, a física. Seu assunto, em Aristóteles, foi também o movimento. E nisso Aristóteles está junto de Newton e de Einstein. Os dois últimos, entretanto, são autores fundamentais da física-matemática. Diferente deles, Aristóteles não examina a natureza e o movimento por meio de um instrumental matemático. E assim cabe a questão

¹ Para Habermas, a modernidade, como um processo de diferenciação de autonomias parciais, torna-se o problema por excelência da filosofia de Hegel. Hegel teria sido o primeiro filósofo a buscar uma síntese de saberes díspares que pareciam dispensar uma fundamentação filosófica, pois já se apresentariam como saberes historicamente realizados. É a unidade da razão — como um tema histórico novo ao se apresentar cindida em saberes autônomos e já existentes — que Hegel procura reconquistar. Várias tentativas de unificação da razão diante de seus saberes cada vez mais autônomos foram feitas desde então. O próprio Habermas tem o tema como central na sua filosofia. Sua concepção da razão como ação comunicativa possibilita conectar os saberes por processos de recíproca e igual avaliação e crítica por meio dessa que é, talvez, a idéia filosófica — a de ação comunicativa — mais fecunda das últimas décadas. Caracterizá-la tão rapidamente implica adulterá-la um tanto, assim como tê-la como inspiração para o presente artigo sem quase citar sua letra, mas, espera-se, não sem preservar seu espírito. Cf. HABERMAS, J. *O discurso filosófico da modernidade*. 2000. p. 24-33.

² Para uma resposta a essa objeção, ver final desse artigo.

sobre o critério que indica ser mais condizente o estudo da natureza por métodos matemáticos ou não. Embora possa haver um grande consenso sobre as vantagens de um estudo matemático da natureza, a decisão de matematizá-la não pertence a seu objeto em sentido amplo, mas, antes, a uma tomada de posição que é mais do âmbito da cultura. Em nenhum enigmático ou, ao contrário, evidente aspecto da natureza está escrito que ela deva ser conhecida matematicamente³. Nesse sentido, ainda que seja um truísmo, mas nem sempre evidenciado, todo saber é humano, histórico, ainda que seu objeto possa ter a índole de que a existência ou não do homem no Universo e nada o alteraria.

É desse modo que a teoria da relatividade como um saber moderno — embora nesse artigo se dê destaque, sobretudo, ao espaço e ao tempo na teoria da relatividade como conceitos físicos modernos — a levou a estudos sobre a origem do Universo⁴ mas, mesmo assim, os novos objetos que engendrou vieram da ambição histórica comum a todo saber moderno de avançar em sua autonomia. Com Einstein, a física tornou-se ainda mais física, mais regulada por princípios apenas seus. A insistência de Einstein em afirmar que o tempo é físico e que só pode ser concebido do ponto de vista da física foi muitas vezes combatida por outros saberes, em especial pela filosofia, como se verá mais adiante⁵. Entretanto, com exceção de cientistas e uma pequena parcela do público cultivado, pouco se atentou para o fato de que o tempo, em Einstein, é físico e nada mais do que físico. Sua modernidade está nisso. Se se pensa como um físico, e essa é uma das lições de Einstein, quase nada que a física não possa estabelecer por meio da própria física deve entrar nos seus conceitos. O que pode levar, é certo, a uma pergunta incômoda: o que é a física para que se possa dizer se determinada noção que emprega é física ou não? Felizmente, Einstein não se enveredou demais por especulações desse tipo⁶. A física, antes da teoria da relatividade, era, *grosso modo*, a mecânica newtoniana e o eletromagnetismo de Maxwell. E um saber moderno parte sempre do que já é história em seu domínio, e isso mesmo se fizer perguntas mais abstratas sobre sua essência. Foi, assim, pelo questionamento de alguns pressupostos não físicos da mecânica newtoniana que Einstein — estimulado, em especial, pela teoria de Maxwell — reformulou o conceito físico de tempo e o de espaço. Comparada com a noção einsteiniana de tempo, a noção de tempo newtoniana se mostra — a palavra é em tudo apropriada — metafísica. E assim se mostra, sobretudo, depois que Einstein transformou o tempo num tema moderno e próprio da física. O tempo, em Einstein, vale sempre repetir, é físico. E não é nada mais do que físico.

Uma explanação concisa sobre o tempo na teoria da relatividade especial⁷ — sobre temas da teoria da relatividade geral se tratará mais à frente — só pode ser conceitual e deixar equações e deduções mais complexas de

³ Galileu formulou mais do que uma metáfora ao conceber que a natureza fala a língua da matemática. Entretanto, que assim não falasse para Aristóteles, mostra o quanto a ciência é história e histórica. Para uma aguda compreensão do processo de matematização da natureza. Cf. HEIDEGGER, M. *L'époque des conceptions du monde. In: Chemins qui ne mènent nulle part*. 1986.

⁴ A teoria da relatividade geral é uma das principais fontes para a investigação dos problemas cosmológicos modernos, dentre os quais o início do Universo tal qual é conhecido (sua origem temporal) e o seu caráter finito (sua estrutura espacial). O aprofundamento desses temas, porém, tornaria muito extenso o âmbito desse artigo.

⁵ Para um exame da posição de Einstein — a de que o tema do tempo é sobretudo do domínio da física —, em contraste com o tempo dos filósofos, contraste que marcou seu debate com Bergson em 1922. Cf. MERLEAU-PONTY, M. *Einstein et la crise de la raison*. 1980, p. 248.

⁶ Uma reflexão de interesse, nesse sentido, é a feita por Einstein sobre a física constituir-se na soma dos conhecimentos que podem ser expressos matematicamente. Cf. EINSTEIN, A. Os fundamentos da física teórica: 1940. In: _____. *Escritos de maturidade*. 1994, p. 103.

⁷ Por princípio da relatividade, princípio que não é de Einstein, e que remonta a Galileu, mas que Einstein levou às últimas conseqüências, deve-se entender que as leis físicas são relativas a um determinado conjunto de sistemas de coordenadas espaciais e temporais. Na teoria da relatividade especial, Einstein procurou por leis físicas que fossem as mesmas, em especial para sistemas inerciais. Para a noção de sistema inercial, ver a nota 8. O princípio da relatividade é o princípio dos princípios da física de Einstein.



⁸ Pode ser considerado inercial, em relação a um sistema em repouso, todo sistema também em repouso ou com uma velocidade constante em relação ao sistema em repouso, e constante não só em valor, mas também em direção e sentido, ou seja, que se transporte ao longo de uma reta num de seus dois sentidos e apenas num. O sistema em movimento é dito inercial, assim como o é um em repouso, porque seu estado não muda, ou seja, sua velocidade constante ao longo de uma reta não muda, a não ser que uma força aja sobre ele. Houvesse uma força, o sistema se aceleraria, e assim abandonaria seu estado constante e imutável, ou seja, inerte. A noção de inércia não é intuitiva. Se algo se move, uma outra coisa deveria movê-la. Assim pensava Aristóteles. Mas se a velocidade não muda em valor, direção e sentido, não há aceleração, pois a aceleração é a medida da mudança da velocidade. E não havendo aceleração não há força, ou, ainda, mudança do estado de movimento do sistema.

lado. Antes de Einstein, uma acurada reflexão sobre o tempo físico não se pôs porque uma noção correlata, a de simultaneidade, era abordada de modo inteiramente diverso. Todas as partes do espaço, na física newtoniana, são simultâneas num mesmo instante. E o tempo, por sua vez, é compreendido como a sucessão de instante a instante da totalidade do espaço. Há um só tempo, um tempo absoluto, na física de Newton e também um só espaço, um espaço absoluto, que se atualiza por inteiro a cada virada de um instante no seguinte. A teoria da relatividade especial, porém, se baseia em dois princípios que levam a uma nova compreensão da simultaneidade de um ponto de vista físico. Pelo primeiro princípio, o qual não é outro do que o princípio da relatividade, deve-se procurar por leis que sejam as mesmas para diferentes sistemas de coordenadas. No caso da relatividade especial, leis válidas para diferentes sistemas inerciais⁸. Até aqui, não há diferença entre Einstein e Galileu ou Newton. Também os dois últimos procuraram leis comuns para diferentes sistemas inerciais. Ou seja, leis que sejam válidas para sistemas que se movam uns em relação aos outros com velocidades constantes em valor, direção e sentido. Mas dado que um sistema se move em relação a outro, torna-se necessário encontrar o que há de invariante entre eles. Para Newton e Galileu, o tempo e a simultaneidade são invariantes, assim como também o espaço. As diferentes velocidades entre dois sistemas inerciais navegam, assim, no mesmo tempo, no mesmo espaço e simultaneamente um ao outro. Se um sistema está em repouso e nele transcorrem 10 segundos, num sistema que se movimenta em relação ao que está em repouso também transcorrem 10 segundos. Se num dos sistemas ocorre um evento num determinado intervalo de tempo, a partir do outro sistema o mesmo evento será observado no mesmo intervalo de tempo, ou seja, a cada instante num sistema corresponderá o mesmo instante no outro. O que é o mesmo que dizer que são simultâneos. Se as distâncias entre dois sistemas se alteram em razão da velocidade que os afasta ou aproxima, não é o próprio espaço que varia, mas os comprimentos percorridos pelos diferentes sistemas no mesmo espaço com uma métrica invariável.

Se o princípio da relatividade é comum a Newton e a Einstein, o segundo princípio da teoria da relatividade especial vem mudar por completo os termos da questão. Um novo invariante é postulado: a constância da velocidade da luz no vácuo independente da velocidade da fonte emissora de luz ou da velocidade do receptor. Essa velocidade, trezentos mil quilômetros por segundo, sendo a mesma em relação a qualquer sistema inercial, transforma inteiramente as noções newtonianas de simultaneidade, tempo e espaço para sistemas com velocidades da ordem de grandeza da luz. Se, num sistema considerado em repouso S , um sinal luminoso percorre verticalmente uma distância L , reflete-se num espelho e retorna ao ponto inicial, num sistema com uma velocidade da ordem de grandeza da luz S' em relação ao primeiro, o mesmo fenômeno será visto, a partir de S , não como uma linha que sobe e desce verticalmente, mas como dois lados de um triângulo de altura L , semelhante à situação de alguém que corre na chuva e

a sente dirigindo-se inclinada contra si. O mesmo fenômeno ocorrido em S será visto, assim, diferentemente em S', se observado a partir de S. Isso porque a velocidade da luz é constante e demorará mais tempo para percorrer os dois lados do triângulo de altura L do que duas vezes o comprimento L. Os dois fenômenos iguais, desse modo, quando visto em S e em S' a partir de S, caso tenham inícios no mesmo instante, terão como términos instantes diferentes. Dito de outro modo, não são simultâneos. E não o são porque a velocidade de S' em relação a S, sendo da ordem de grandeza da luz, impede que a luz caminhe com rapidez entre o início e o fim do fenômeno observado. Embora muito grande, a velocidade da luz deixa de fornecer a simultaneidade costumeira para fenômenos de baixa velocidade. Ela passa, por assim dizer, a competir com velocidades próximas a ela. Não seria o caso, então, de somar a velocidade de S' com a da luz para evitar tais diferenças de medidas? Tal soma, porém, não é possível, pois resultaria na própria velocidade da luz conforme o postulado da sua constância. Essa nova simultaneidade, que não é da totalidade do espaço num único instante, mas consequência da capacidade limitada da luz ao percorrer o espaço com uma velocidade finita, é a pedra de toque da teoria da relatividade especial.

Se a simultaneidade é relativa ao sistema em que ocorre, uma em S, outra em S' visto de S, o tempo, suas medidas, também se modifica. O sinal de luz que sobe e desce a distância L em S demora mais tempo para percorrer os dois lados do triângulo em S' visto por S. O intervalo de medida do tempo é, assim, mais longo em S' do que em S. O que em S se passa em 10 segundos, em S' passa em menos tempo. Essa assim chamada “dilatação do tempo” da teoria da relatividade ajuda a explicar uma outra diferença de medida: os diferentes comprimentos de dois objetos iguais quando vistos em S ou em S' visto de S. Basta pensar na luz percorrendo as dimensões dos objetos para fornecer suas medidas em S e em S' visto por S. No segundo caso, o tempo será menor, como visto acima, e a medida das dimensões do mesmo modo. Assim, o que se passa em um segundo em um sistema em repouso, num sistema inercial em movimento em relação ao primeiro se passa em menos tempo, assim como os comprimentos se mostram menores. Esses são o tempo e o espaço físicos relativísticos de Einstein no que diz respeito à diversidade de medidas do tempo e do espaço. E visto que as diferentes medidas resultam do postulado físico da constância da velocidade da luz, pode-se dizer que o tempo, ou suas medidas físicas, o que dá no mesmo, baseia-se, em Einstein, apenas em conceitos físicos. Daí sua modernidade e autonomia como antes se salientou, pois seus princípios encontram seus fundamentos numa reflexão que se faz no interior do domínio da própria física.

O enigma de toda a questão não está tanto nos diferentes espaços e tempos medidos, pois são apenas diferenças de medida⁹. O enigma é a constância da velocidade da luz. Mas é um enigma, no entanto, que, de um ponto de vista físico — e em Einstein tudo é físico, independente das extrapolações para fora da física que se faça —, é em tudo justificável. A

⁹ Quando se diz que um sistema em repouso vê num outro, em movimento, na teoria da relatividade especial, medidas de espaço e tempo alteradas, isso não quer dizer que quem está no sistema em movimento também as vê assim. Estar num sistema significa estar em repouso em relação a ele. Desse modo, em movimento estará o outro. Dito de modo mais claro, o que está em A vê medidas em A iguais ao que está em B vê medidas em B. As diferenças de medidas só surgem quando um dos dois vê medidas no outro. E as diferenças são as mesmas, pois a velocidade de A em relação a B é equivalente à de B em relação a A, pois ambos são sistemas inerciais, portanto não acelerados um em relação ao outro. Na teoria da relatividade especial as diferenças de medida são simétricas. Resumindo: se de A se observa z em B, de B se observa z em A e se A observa Z em A, B observa Z em B.



¹⁰ Essa é, por exemplo, a posição de Merleau-Ponty. Cf. MERLEAU-PONTY, M. Einstein et la crise de la raison. In: SIGNES. 1980. p. 246-248.

física trata de velocidades de entes físicos reais. Ora, não havendo velocidade maior que a da luz, ela não admite a transformação por soma em altas velocidades, porque se obteria a medida de uma velocidade que o Universo físico, em tudo físico, não suporta, pois, não fosse a da luz, uma outra velocidade finita que não aceite soma deveria existir. O que é também um modo de dizer que não há velocidade infinita na física, pois apenas uma velocidade infinita justificaria a soma de velocidades acima da maior grandeza de velocidade conhecida até onde a imaginação o desejasse. Nesse caso se somaria c (a velocidade da luz) o quanto se quisesse: $c + c + c + \dots$. No limite, isso dá uma velocidade infinita. Se, além do Universo físico, algo é capaz, por um sinal que percorreria o Universo numa velocidade infinita, de tornar o Universo inteiro simultâneo, independente da finitude com que os sistemas se comunicam, enfim, além da finitude da velocidade da luz, esse algo não é físico. Traduz, talvez, experiências cotidianas com objetos próximos e simultâneos para todo o Universo, mas não de maneira física¹⁰. Ou então esse algo é divino, pois, numa infinitude que seria só dele, daria do espaço, num só instante, a simultaneidade de todas as suas partes. É mais por ter tocado, entre outras coisas, nos pressupostos metafísicos da física newtoniana que Einstein, paradoxalmente, pareceu ter abalado convicções quase intransponíveis sobre o que é o tempo, o espaço, o Universo e assim por diante. Mas Einstein estava fazendo física, nada mais do que física, e não demonstrando a inexistência de Deus ou a invalidade de experiências individuais cotidianas, as quais, vale dizer, são muito mais complexas que as da física quando se entrelaçam com o mundo, o tempo e o espaço conforme se os vive.

Embora as conclusões de Einstein só digam respeito à física, elas acabaram, bem ou mal interpretadas, por abalar as noções de espaço, tempo e simultaneidade que, na física newtoniana, não se chocavam com as concepções cotidianas ou filosóficas desses temas. É de se esperar, assim, que uma revolução na física tenha gerado como subproduto uma espécie de revolução também nas noções cotidianas e/ou filosóficas que portam os mesmos nomes: espaço, tempo, simultaneidade. Era-se newtoniano e não se sabia. Ou Newton era um metafísico e isso a quase ninguém transtornava. Mas para dar um fim a tal duelo de titãs, que se volte para o tema mais abrangente desse artigo. A caracterização acima da teoria da relatividade especial como um saber moderno, mesmo rápida, se justifica para que as confusões, conflitos e incompatibilidades na relação com outros saberes modernos sejam mais bem explicitados a seguir. Cabe aqui um exame, nesse sentido, da maior consonância que havia entre a física de Newton e um outro saber a ela contemporâneo: a pintura perspectiva. A comparação tem o intuito de preparar uma outra comparação entre a teoria da relatividade e a pintura cubista. Em que sentido, retomando o fio da meada, a física de Newton e a perspectiva são condizentes? Há um espaço absoluto em Newton. Assim como a velocidade da luz em Einstein é imune às diferentes velocidades dos sistemas inerciais, em Newton o espaço absoluto cumpre um papel

assemelhado. É um espaço imóvel que a tudo acolhe, em repouso ou movimento, e que serve como referência última para todos os sistemas inerciais. Suas partes, diferente do espaço da teoria da relatividade especial, são todas simultâneas num único instante. E é assim também que de instante a instante o tempo transcorre sem interferências de medidas diferentes. O tempo de Newton, em outras palavras, também é absoluto. Imutável, independente da velocidade de um sistema inercial em relação ao espaço de repouso absoluto, os intervalos entre seus pulsos nunca mudam. Como se mostram numa pintura perspectiva?

A perspectiva é um método de projeção que imita a visão humana do espaço. Essa imitação possui limitações. Pressupõe um olhar de um único olho e também fixo diante da cena espacial projetada. Afasta-se, assim, de inúmeros aspectos da visão tal qual se a experimenta. Essas limitações, porém, não desfazem a ilusão de ver o espaço e, nele, os seres e as coisas, através do plano da tela da pintura. São limitações, por outro lado, porque seguem à risca leis geométricas e matemáticas de transformação do espaço tridimensional da física de Newton em uma superfície plana. Pode ser dito, assim, que o mesmo espaço tridimensional da física se expressa na perspectiva¹¹. Já a teoria da relatividade especial não possui um espaço que seja todo simultâneo num único instante e cujos instantes, na sua sucessão, ou seja, o tempo, independa da medida do espaço e vice-versa. No espaço newtoniano, porém, é por ser a simultaneidade apreendida num único instante que a imitação da visão é possível¹². É tentador, assim, procurar na negação do espaço perspectivo pela arte moderna uma equivalência expressiva com um outro espaço físico. O candidato só pode ser o espaço físico, mas também o tempo, da teoria da relatividade, pois não há outros à disposição. E dado que o momento mais revolucionário da pintura moderna foi o Cubismo, em especial o Cubismo de 1911, inúmeras tentativas de aproximação de Einstein com Picasso e Braque, para simplificar a questão, foram tentadas. Abreviando muito, tentava-se introduzir a dimensão temporal, mais de um instante, numa pintura cubista¹³. E, de fato, a pintura moderna, já antes do Cubismo, no Impressionismo, por exemplo, se temporaliza, pois, ainda que sem uma ordem estabelecida para o olhar, as marcas de produção da obra saltam à vista e se as percorre como se a pintura pedisse a introdução de tempo para ser olhada. Mas também por uma pintura perspectiva o olhar não passeia entre as partes? Na pintura moderna, porém, o olhar não vaga diante de um espaço congelado num instante, mas num ir para cá e para lá que salta num espaço de mais de um instante, pois se duas pinceladas são vistas como que soltas e quase autônomas numa pintura impressionista, elas significam dois momentos diferentes de execução da obra.

A relação entre espaço físico e espaço pictórico na pintura perspectiva é homológica. Os dois espaços são matemáticos, assim como as regras de transformação de um no outro. Já a relação entre a teoria da relatividade e a pintura moderna é analógica. Um espaço não matemático expressaria um outro que é matemático. Além disso, as analogias são frágeis. O tempo surge

¹¹ Para Panofsky, a perspectiva, empregando um conceito de Cassirer, é uma forma simbólica. Traduz para a percepção, assim, o mesmo espaço teórico da física-matemática que se conecta por leis lógicas. O conceito de forma simbólica, porém, necessita unidades conceituais, o espaço, por exemplo, que se manifestem de modos diversos. Ora, se isso parece dar certo para a perspectiva e o espaço newtoniano, para saberes modernos essa unidade é fugidia ou mesmo inexistente. Como Hegel (ver nota 1), Cassirer, e na sua sequência Panofsky, postula ainda conceitos filosóficos que abarquem a totalidade do saber. As poucas comparações entre saberes distintos nesse artigo procuram mostrar que isso não é possível. Um conceito de razão não soberana e que promova a razão como um processo formal de equipotência dos saberes, como a de Habermas, é algo mais modesto, mas muito mais condizente com a relação entre os saberes nos tempos atuais (ver nota 1). Cf. PANOFSKY, E. *La perspectiva como forma simbólica*. 1978. p. 26.

¹² Para a relação entre perspectiva e instante de uma ação. Cf. GOMBRICH, E. H. *L'art et l'illusion*. 1971. p. 167-176.

¹³ Para uma análise minuciosa das confusões conceituais entre a física moderna e arte moderna. Cf. SCHAPIRO, M. Einstein e o cubismo: ciência e arte. In: *A unidade da arte de Picasso*. 2002.



tanto numa pintura impressionista quanto numa cubista e em muitos outros tipos de pintura moderna, se não em todas. Esse caráter vago, e sua flexibilidade, através do qual o espaço e tempo relativísticos foram interpretados pela arte, acabaram por se disseminar, assim, para todas as artes. Uma arte do tempo, como a poesia, ganhou espaço, e a maneira de arrumar as letras na página foi ganhando tal importância que poesia e desenho passaram a se confundir. Uma outra arte do tempo, a música, também passou a espacializar-se pela distribuição de instrumentos na sala de audição até a transformação das pautas em nova forma de música (ou desenho). Pode-se, é verdade, argumentar que os artistas modernos testavam, desse modo, os limites de seus saberes. E o argumento é válido. Mas não foram poucas as vezes que recorreram às noções de tempo, espaço e simultaneidade de Einstein. O que só gerou confusão conceitual. No domínio da arte, porém, a confusão é muitas vezes fecunda. Então se o discurso que confundia as sustentava acabava por ajudar na produção de boas, e mesmo grandes, obras, por um efeito retroativo de toda ideologia as confusões conceituais também pareciam corretas, dado que as obras possuíam qualidade. E quase nunca se precisou, já que tudo era confuso, nem mesmo distinguir a teoria da relatividade especial da teoria da relatividade geral.

Se a teoria da relatividade especial se aplica apenas para sistemas inerciais, a relatividade geral se aplica a qualquer sistema físico que seja tomado como um sistema de referência para todos os demais. O princípio da relatividade permanece, mas agora, passo fundamental, as leis físicas devem dar conta de qualquer sistema. O espaço e o tempo absolutos de Newton garantiam a estabilidade dos sistemas inerciais. Era possível, assim, dizer quando um sistema de referência não era inercial e, desse modo, sujeito à ação de uma força. Sem um espaço e tempo absolutos, o que já valia para a relatividade especial, a relatividade geral não tem onde ancorar os sistemas de referência. Qualquer sistema de referência agora vale para descrever as mesmas leis físicas. As disputas entre Galileu e a Igreja, sobre se é a Terra ou o Sol que está no centro do Universo, perdem sentido físico — embora não para a história e a história da ciência — pois tanto a Terra quanto o Sol podem ser adotados como sistema em repouso, ou ainda, como o sistema referencial a partir do qual o outro é descrito. Entretanto, há massas maiores do que outras no Universo. E no lugar de dizer que uma força gravitacional exerce um efeito direto à distância sobre um corpo, Einstein dirá que toda massa possui um campo gravitacional em torno dela, assim como, apenas para dar uma idéia, limalhas de ferro se curvam em caminhos entre dois pólos de um ímã.

A noção de campo gravitacional é fundamental na relatividade geral. Se qualquer sistema serve como sistema de referência, as diferentes massas, porém, desenham o Universo por meio de seus campos gravitacionais de modo inequívoco. Esse desenho, se assim pode ser dito, não muda, ou, melhor dito, muda constantemente, mas não arbitrariamente, pois o Sol e a Terra, para continuar com o mesmo exemplo, não estão em qualquer parte em

qualquer momento. Essa espécie de membrana que junta os campos gravitacionais que se entortam um tanto aqui, depois voltam a uma posição pela qual já passaram, e assim por diante para todas as massas e campos gravitacionais, não é outra coisa do que o Universo físico¹⁴. Não há, na relatividade geral, um espaço e tempo anteriores às massas que viriam habitá-los. Ao contrário, o Universo físico é suas massas e seus campos gravitacionais. O desenho que daí resulta é o desenho do Universo. E de novo a luz tem que ser reinterpretada. Se na relatividade especial ela possuía uma velocidade constante em relação a qualquer sistema inercial, na relatividade geral ela se conduzirá pelas linhas do desenho do Universo. Mesmo não possuindo massa, a luz é energia, e também essa sofre a ação de um campo gravitacional. A luz, desse modo, caminhará em curvas, e curvas as mais diferentes, conforme o campo gravitacional resultante das massas próximas. Uma luz que percorre curvas não pode, porém, ter uma velocidade constante, pois a mudança de posição, ainda que se mantenha a mesma grandeza, requer uma aceleração, assim como quando um veículo ao fazer uma curva requer uma aceleração para não sair em linha reta, e isso sem que mude a marca do velocímetro. Na relatividade especial, as diferentes medidas que um sistema A via em B eram simétricas às que B via em A, pois, sendo inerciais, tanto fazia considerar A ou B como o sistema em repouso¹⁵. Embora a relatividade geral amplie os sistemas de referência e o Universo possa ser descrito tomando qualquer dos sistemas como estando em repouso, a descrição será a de um mesmo desenho visto de posições que não são simétricas. Se se considera o Sol como o centro de um relógio e cada trajetória de Mercúrio em torno do Sol como a figura de um ponteiro, as observações astronômicas mostram que o andamento do tempo para Mercúrio é mais lento do que para a Terra. Mas não há simetria de medidas entre Mercúrio e a Terra se adotados como sistemas de referência, pois, qualquer que seja o ponto de vista adotado, Mercúrio navega num ritmo mais lento por estar mais próximo do Sol e, portanto, sujeito a uma região de maior atração do campo gravitacional do Sol.

A simetria nas medidas entre dois sistemas de referência inerciais na relatividade especial não é difícil de admitir. Se tanto faz escolher A ou B, a situação só pode ser simétrica. Entretanto, tanto faz a escolha de A ou B justamente porque sistemas inerciais não são acelerados, ou, melhor dito, justamente porque não há a presença de massas com campos gravitacionais em jogo. Já onde há massas e gravitação, tanto faz escolher C ou D porque qualquer sistema de referência pode ser adotado. Mas não porque sejam simétricos. Então C ou D não simétricos podem ser adotados para quê? Para a descrição do Universo físico ou de parte desse do ponto de vista de C ou D. E o ponto de vista, por exemplo, de uma massa pequena como a da Terra, em relação à do Sol, não é o mesmo ponto de vista que o do Sol. A questão é importante, pois, a partir dela, as relações da teoria da relatividade com outros saberes deixa de ser confusa, como se viu para o caso das artes, e passa a ser de confronto. O mais célebre desses confrontos foi o que se deu entre Einstein e Bergson. Para o segundo, tratava-se de afirmar a existência

¹⁴ Argan compreende o Cubismo como um processo de assimilação estrutural de espaço e coisa. A analogia entre massa, como coisa, e campo, como espaço, é talvez a melhor analogia que se possa fazer entre uma pintura cubista e o universo físico da teoria da relatividade. Mas ainda se trata de uma analogia.

¹⁵ Ver nota 9.



¹⁶ Cf. MERLEAU-PONTY, M. *Einstein et la crise de la raison*. In: *Signes*. 1980. p. 246-249.

¹⁷ Cf. BERGSON, H. *Durée et simultanéité*. 1998. p. 195.

¹⁸ Cf. MERLEAU-PONTY, M. *ibid.*, p. 248.

¹⁹ Merleau-Ponty refere-se à polissemia do termo “tempo” no debate entre Bergson e Einstein e, inclusive, como aceita por Einstein. Dessa rica observação, porém, nem Einstein, nem Merleau-Ponty ao comentar o debate, fizeram uso para levar a disputa a um acordo. Cf. *Op. cit.*, p. 248.

²⁰ Merleau-Ponty quase dá a entender que a pluralidade de tempos em Einstein implicaria a inexistência de um único mundo. Cf. *Op. cit.*, p. 247.

de um tempo único. Para o primeiro, a existência de mais de um tempo do ponto de vista físico. O argumento básico de Bergson, como bem o descreve Maurice Merleau-Ponty, é a simetria entre os referenciais¹⁶. E isto é correto na teoria da relatividade especial. Quanto à relatividade generalizada, Bergson pouco trata dela e, quando trata, insiste na simetria de sistemas acelerados uns em relação aos outros¹⁷. E mesmo que se refira a campos gravitacionais, nunca diz nada, salvo engano, da invalidade da constância da velocidade da luz na relatividade geral. O Universo de Einstein descrito por Bergson deixa de lado seu desenho real, pois, ao admiti-lo, teria que admitir também diferentes campos gravitacionais e diferentes tempos. Mas existirá mesmo mais de um tempo, como defende Einstein, do ponto de vista físico? A resposta é sim e não. Que se tome como exemplo o célebre problema dos gêmeos e que se aceite, como requer a relatividade geral, que o gêmeo viajante do espaço cósmico com presença de campos gravitacionais retorne mais moço do aquele que permanece na Terra. Pode-se a partir daí falar em mais de um tempo?

É espantoso pensar que dois pensadores tão sutis quanto Bergson e Einstein não possam ter chegado a um acordo. Cada um, certamente, defende seu saber. Um, a filosofia que renovou. O outro, a nova física que elaborou. E décadas mais tarde Merleau-Ponty ainda insistirá nos “erros” de Einstein¹⁸. A maior distância que hoje se tem do debate talvez ajude a entender que a palavra “tempo” não tem todos os seus aspectos iguais para Bergson e para Einstein¹⁹. A insistência nos diferentes tempos, do ponto de vista físico, por Einstein, está condenada a não sair da física. E, nesse sentido, nem Einstein pode erigir a física em verdade sobre o tempo filosófico e/ou cotidiano, nem Bergson poderia, como o fez, corrigir a física de Einstein insistindo na simetria de sistemas acelerados. Se a resposta é sim e não sobre a diversidade de tempos é porque é preciso entender o que se diz quando se pronuncia “tempo” em contextos de diferentes saberes. Suponha-se que o gêmeo viajante acabe de retornar de sua viagem. Encontrará, então, o irmão envelhecido. Mas em que tempo o encontrará? A resposta só pode ser “no mesmo tempo”, pois de outro modo não se encontrariam. Nesse sentido, não há diversidade de tempos. E, muito menos, não há diversidade de mundos, coisa que, salvo engano, Einstein nunca afirmou²⁰. O ponto de vista de Bergson estará correto, pois os gêmeos se encontrarão no único tempo que existe. Mas esse tempo único já não existia também durante a viagem? Para Bergson sim, pois não pode haver dois tempos. No entanto, os, diga-se assim, “relógios-gêmeos” marcam horas, ou anos, diferentes. Mas não há aqui uma falha conceitual dos dois pensadores em melhor compreender, um no pensamento do outro, a relação entre a passagem do tempo e o tempo? Quando duas maçãs iguais são compradas verdes e uma é guardada na geladeira e a outra não, se dirá que o apodrecimento de uma se deve à sua velhice e o frescor da outra à sua juventude? Se dirá que estiveram em dois tempos diferentes ou simplesmente se dirá que certas reações químicas se deram num ritmo maior em uma delas?

A pergunta pode parecer impertinente, pois diferentes temperaturas não são diferentes tempos e um campo gravitacional maior que outro não é uma geladeira que atinja temperaturas mais baixas. Entretanto, a admissão de diferentes tempos na teoria da relatividade geral significa que processos físicos iguais, e apenas físicos, registram diferentes contagens de repetições de fenômenos também iguais. A cada uma dessas repetições não cabe chamar “intervalo de tempo” se por tempo se entende um tempo único e no qual os aparelhos, ou gêmeos — para impressionar mais a imaginação —, acabarão por se encontrar. Mas se para exprimir a diversidade de tempos se empregar, mesmo assim, a expressão “intervalo de tempo”, então a palavra “tempo” tem que se referir a algo apenas físico e que não se confunda com a experiência temporal dos homens. Supondo que o gêmeo viajante ainda seja um homem, ele experimentará expectativas, pensará se viverá até encontrar o irmão que verá envelhecido, pois terá estudado teoria da relatividade e assim por diante. O tempo da experiência humana é bem diferente de repetições de fenômenos iguais. E não apenas no aspecto quantitativo, mas, sobretudo, são tempos qualitativamente diferentes. O tempo, no sentido físico, é apenas repetição do mesmo. É um relógio que anda mais lento ou mais rápido, e nada mais. São as células de dois gêmeos que se renovam mais rapidamente no que permaneceu em Terra do que no que viajou pelo Universo. É incômodo; assim, pensar que Einstein pudesse ver na física o fundamento do tempo em todas as suas acepções e Bergson, na intuição filosófica, capacidade para corrigir cálculos de física-matemática. Einstein, nesse sentido, age como um filósofo no sentido tradicional de uma filosofia que pretende tudo abarcar. Bergson, por seu turno, dá como conquistado esse território do tudo da filosofia e, mesmo onde talvez não houvesse ameaça a ela, se pôs a corrigir Einstein. Talvez a posição de Einstein se deva a que, além de físico, e por tão bem delimitar o que é uma questão física e não, digamos, metafísica, não pudesse deixar, levado mesmo por seu objeto de estudo, de também pensar além do que delimitou. No seu confronto com Bohr, debate que se moveu no interior da física, a postura filosófica de Einstein não é muito diversa. Einstein pensava a física como uma questão apenas física, mas não apenas, ou, melhor dito, sempre que parecesse condizente, também abordava outros saberes de um ponto de vista físico, mas, seja dito, da sua física. Pois o que lhe desagradava na física quântica no debate com Bohr — e física da qual Einstein foi inclusive um dos pioneiros — não eram os conhecimentos novos que foram surgindo, mas a relação entre a teoria física e os fenômenos²¹.

Talvez tenha sido a filosofia da ciência, entre tantos saberes, o que melhor compreendeu Einstein. No lugar de empregar seu pensamento para estabelecer paralelos confusos, confrontos inúteis e recusas infrutíferas, buscou nele um diálogo além dos conteúdos apenas físicos de seus conceitos.

²¹ Tratou-se de um confronto sobre a individuação de fenômenos físicos. Para Einstein, uma teoria física deve dar conta de individuar por completo - no espaço, no tempo e outras variáveis - o fenômeno a que se refere. A física quântica, porém, quanto mais se aperfeiçoava, mais era incapaz de dar conta da dualidade partícula/onda dos fenômenos subatômicos. Ao contrário, cada vez encontrava equações novas e conteúdos novos que incorporavam a dualidade. Diante de tal quadro, Bohr propôs o princípio da complementaridade. Seria inerente aos fenômenos subatômicos e aos modos experimentais e matemáticos de abordá-los, mostrarem-se apenas sob um de seus aspectos: corpo ou onda, posição ou movimento. Bohr, propõe, então, que o fenômeno é o mesmo e que é preciso complementar um aspecto com o outro para atingir sua unidade. Como essa unidade é apenas pressuposta, muitas medidas experimentais do mesmo fenômeno eram requeridas para fixar um dos aspectos que se esperava observar. A física quântica, assim, usa métodos estatísticos. A estatística, porém, nunca foi algo a que Einstein se opôs. Ao contrário, Einstein realizou trabalhos teóricos em mecânica estatística que por si só o fariam um dos grandes físicos do século XX, assim como ganhou o prêmio Nobel por sua contribuição à física quântica. O nó da polêmica não eram os resultados experimentais e as formulações matemáticas cada vez mais apuradas. Isso Einstein reconhecia, evidentemente, e aprovava. O que não aprovava era que não se pudesse obter uma teoria que individualizasse os fenômenos, diga-se assim, de um só golpe. No lugar de aspectos complementares de um fenômeno, Einstein procurava teorias de fenômenos completos. A posição de Bohr prevaleceu. É mais condizente com a física quântica e dá a seus praticantes maior segurança. Einstein, entretanto, tinha uma concepção da relação entre teoria e realidade que não foi questionada para suas teorias. A questão, a filosófica, pelo menos, continua em aberto.



²² Cf. POPPER, K. *Autobiografia intelectual*, p. 43-45.

²³ Para a compreensão da ciência por Einstein como um pensamento não indutivo mas como invenção de hipóteses sujeitas à crítica experimental. Cf. EINSTEIN, A. *Física e realidade*: 1936. In: _____. *Escritos de maturidade*. 1994. p. 99-100.

²⁴ GREENBERG, C. A pintura modernista. In: CLEMENT *Greenberg e o debate crítico*. 1997. p. 101.

²⁵ Idem. p. 103.

A relação entre teoria e fenômeno, afinal, é o tema por excelência da filosofia da ciência. É assim que, na sua *Autobiografia intelectual*, Popper relembra do impacto que teriam sofrido seus pensamentos de juventude durante uma conferência que assistiu de Einstein. Diante de fenômenos que negassem a validade de uma teoria, a decisão de Einstein era simplesmente fazer outra teoria. Essa ausência de dogmatismo, rememora Popper, teria sido um impulso importante em direção ao seu pensamento futuro sobre a ciência. A idéia de que importa mais uma teoria científica que se mostre apta a ser refutada, no lugar de coletar dados que a afirmem, teria surgido a ele nessa ocasião²². Não há refutabilidade, porém, onde não há possibilidade de crítica. E é nesse ponto que a filosofia da ciência de Popper é também uma filosofia política, pois apenas uma sociedade aberta, democrática, garante a crítica livre. Foi por essa brecha que se moveu, e a ampliou, o pensamento de Kuhn de que um saber novo se estabelece muito mais pelo convencimento por seu autor de seus pares próximos quanto ao novo saber do que por critérios baseados apenas nos significados empíricos dos novos conceitos em questão. Essa é uma história complexa e fascinante e que não envolve apenas dois autores. E também muitas variantes da epistemologia, da teoria do conhecimento e da filosofia da ciência não pegaram essa trilha. Importa, porém, sinalizar que talvez a melhor via para estar com Einstein sem adulterá-lo, de um modo ou de outro, não está nos conteúdos de seus conceitos se deles se faz uso e abuso para outros fins, mas na postura crítica e criticável que seu pensamento — dos princípios muito gerais que adotava até as conseqüências testáveis que propunha — sabia estar sujeito²³. Esse princípio, que não é físico, mas social e histórico, quem sabe possa ser chamado de o primado da crítica.

A palavra “crítica” é das mais ambíguas. Possui tanto uma conotação pejorativa quanto uma das mais elevadas, variando do uso coloquial — “você só me critica” — até os títulos das três principais obras de Kant. A crítica de arte, e nisso se irmanam o público em geral e boa parcela dos autores de outros saberes, é muito mais vista como possuindo o primeiro sentido. Um estudo histórico da palavra mostra, porém, que a crítica, sem adjetivos, surgiu primeiro com a adjetivada crítica de arte. Embora se tenha que admitir que Diderot viveu há 250 anos, Baudelaire, há 150 e que Greenberg, ainda que falecido há pouco, alcançou seu ponto alto já faz 50 anos. Não sem antes, porém, escrever um texto clássico sobre a pintura moderna. “A essência do modernismo”, diz Greenberg em *Pintura modernista*, “reside no uso de métodos característicos de uma disciplina para criticar essa mesma disciplina”²⁴. Frase que, se a disciplina fosse a física, se encaixaria com perfeição para descrever os feitos de Einstein. É assim que é característico da pintura moderna, prossegue Greenberg, “a ênfase conferida à planaridade, (...) mais fundamental do que qualquer outra coisa para os processos pelos quais a arte pictórica criticou-se e definiu-se a si mesma no modernismo”²⁵. A consideração de Greenberg, como ele bem ressalta, valeria para tudo que é significativo na cultura moderna. Falta na compreensão da modernidade por Greenberg, porém, uma afirmação forte do momento da relação entre os saberes, ou

disciplinas, para usar o seu termo. Entretanto, se for para achar um paralelo de época entre a pintura moderna e a teoria da relatividade, ele não se encontra no espaço de uma em relação ao da outra, pois entre a superfície plana da pintura moderna e o espaço e o tempo da teoria da relatividade geral de Einstein não há nada em comum. Os resultados a que chegaram os dois saberes são frustrantes até mesmo para uma analogia, por mínima que seja. O que há em comum, do ponto de vista de Greenberg, é o uso do saber para criticar o saber e dele fazer surgir um novo²⁶.

Não fosse a ausência de uma relação forte com outros saberes, a compreensão da modernidade por Greenberg seria bastante ampla ainda hoje. Os críticos de Greenberg, porém, esquecem muitas vezes a data, por volta de 1960, de seu texto. Desde então, tanto a pintura moderna quanto a modernidade mudou de aspecto. A concepção de uma pintura plana por Greenberg não negava uma profundidade óptica da pintura. A pintura moderna, para Greenberg, tendia ao plano, mas com ele não se confundia. Quando uma pintura se torna, de fato, um plano, por meados dos anos 50, esse plano passa a ser um anteparo para as mais diversas ações do pintor. A planaridade de Greenberg, assim, é levada mais longe, não negada. Para essa nova pintura, e sua época, alguns preferem dar o nome “pós-moderna”. Mas o que pode haver de “pós” no pós-moderno se é justamente o elemento “pré” do moderno — no caso da pintura, seus resquícios de uma profundidade óptica do antigo espaço perspectivo — que é suplantado? É bem provável que não haja uma pintura nem uma época pós-modernas. O que há de novo nos saberes contemporâneos é uma saída de seus âmbitos muito mais intensa do que nos tempos heróicos de auto-afirmação da modernidade. As pinturas recebem elementos que seriam do âmbito da escultura, mas ainda permanecem pinturas. A junção dos saberes se faz por fronteiras e não por um conceito de espírito de época ou equivalente que os abarque. Mesmo se indefinidos em seus contornos, e ainda mais sujeitos a confusões hoje em dia, são saberes ainda autônomos. Se a teoria física não foi capaz de unir a teoria da relatividade e a mecânica quântica, isso não impede os experimentos diários da física relativística de partículas. Na maioria dos casos, porém, os saberes vagam numa anarquia que seria em tudo benéfica, se um saber que pretende dialogar com os outros não pretendesse também subordiná-los. Mas se assim for, se os saberes modernos invadem, combatem, tentam dominar ou batem em retirada quando se relacionam, não haverá algo que os delimite melhor e os organize além das zonas de fronteira? Na medida em que a modernidade se formou, até adquirir sua fisionomia atual, vários saberes disputaram o privilégio de organizar e formular conceitos que abarcassem o conjunto dos demais, quando não, também, das múltiplas formas de práticas sociais. A filosofia, candidata natural para tal ordenação de domínios, mostrou-se, quanto mais nos aproximamos dos dias de hoje, incapaz de uma tarefa que por séculos executou com eficiência. Autônomos, os diferentes domínios continuaram a regular a si próprios. Diante de uma possível regulação superior, se comportaram de maneira rebelde e justificada em relação a pretensas

²⁶ A posição de Greenberg ao definir a modernidade é, como ele mesmo explicita, kantiana. “Por ter sido o primeiro a criticar os próprios meios da crítica, considero Kant o primeiro verdadeiro modernista”, diz Greenberg. Sua atenção ao momento interno de um saber em contraste com a menor importância que atribuía ao momento de articulação externa com outros saberes é, de fato, kantiana, se for aceita a interpretação que Habermas faz da relação de Kant com a modernidade. Para Habermas, “na filosofia kantiana os traços essenciais da época se refletem como num espelho, sem que Kant tivesse conceituado a modernidade enquanto tal” pois “Kant não considera como cisões as diferenciações no interior da razão”. Cf. GREENBERG, Op.cit. e HABERMAS, J. *O discurso filosófico da modernidade*. 2000. p. 29-30



soberanias de um saber em particular. Junto com a filosofia, também o marxismo e a psicanálise acabaram por abrir mão de um reinado do todo. O que, de modo algum, significa que já nada sabem, mas, ao contrário, que suas hipóteses totalizantes tiveram que ser abandonadas para que também esses três saberes se renovassem pela real conquista de suas especificidades. O que vale para a filosofia, o marxismo e a psicanálise, vale também para qualquer outro saber moderno. Uma descrição de todas as tentativas de um pensamento do todo talvez seja inabarcável. Vale mais ir logo para a moral da história: não há saber moderno que abarque a totalidade dos saberes, das práticas sociais e das formas de sensibilidade modernas.

Se a autonomia dos saberes recusa saberes superiores — e que os reuniria diante do relativo isolamento em que também se encontram — é justamente porque todos possuem um traço, nesse artigo constantemente salientado, em comum: a procura do que lhes seja específico segundo seus objetos e os métodos que desencadeiam. Mas tal traço comum pode ser compreendido como um conceito, diga-se, horizontal. Por ele nada é dito “por cima” dos outros saberes ou, para continuar na mesma linha de metáforas, por ele não se articula um conceito vertical e totalizador dos saberes. Antes se quer dizer que na maior parte do tempo cada qual cuida de sua vida sem obedecer a outros. Mas torna-se possível, assim, uma relação lateral entre os saberes, um exercício constante e crítico da intersubjetividade dos saberes por meio de seus porta-vozes e guiada tanto pelo exame cuidadoso de um saber determinado quanto pela potência de dialogar com outros e mesmo abrir mão de importantes pressupostos e princípios seus. A teoria de todas as teorias, nesse sentido, não pode ser escrita, e se subordina à prática relacional das teorias existentes. Mas uma prática que é preciso, pelo menos em parte, também teorizar, pois a capacidade de promover confusão, confronto, recrutamento e recusa entre os saberes é ainda maior hoje do que nos primeiros 50 anos do século passado, quando a bandeira da autonomia a quase tudo justificava. Esse é o caminho da secularização e democratização do saber — e nesse sentido pouco importa se do ponto de vista da teoria da relatividade geral tanto Galileu quanto a Igreja estavam certos. O que mais importa é que Galileu deveria ter tido o direito de inventar a teoria que melhor lhe conviesse. Foi no desdobramento desse espírito histórico que Einstein se formou. De funcionário de patentes a título de homem do século pela revista *Time* na virada do século, na trajetória moderna de Einstein, inclusive na figura pública que junto com os meios de comunicação construiu, há mais de Galileu do que há da negação dos conceitos físicos de Galileu na teoria da relatividade especial. Foi a liberdade de reinventar livremente a física num novo quadro interpretativo que originou a teoria da relatividade especial. E é desse modo que um assunto que parecia velho, a liberdade de crítica e a separação entre saber secular e autoridade religiosa, retorna, hoje, de forma inesperada. Mas também aqui as análises têm que ser feitas com os cuidados que toda crítica deve pôr em ação. Assunto para um outro artigo e para o qual a figura humorada e utópica de Einstein teria, com a autoridade

de sua celebridade, certamente algo a dizer. Tema esse que também — o da celebridade insuperável de Einstein — mereceria uma análise cuidadosa, na sua mistura de um novo Hesíodo portador de uma nova cosmogonia com a de um irônico e atuante astro *pop*.

Referências

- ARGAN, G. C. *L'arte moderna*. Firenze: Sansoni, 1982.
- BERGSON, H. *Durée et simultanéité*. Paris: PUF, 1998.
- EINSTEIN, A. Física e realidade: 1936. In: _____. *Escritos de maturidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.p.313-34.
- _____. Os fundamentos da física teórica: 1940. In: _____. *Escritos de maturidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994. p.103-116.
- _____. *O significado da realidade*. Coimbra: Armênio Amado, 1958.
- _____; INFELD, L. *A evolução da física*. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.
- _____. *A teoria da relatividade especial e geral*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- GOMBRICH, E. H. *L'art et l'illusion*. Paris: Gallimard, 1971.
- GREENBERG, C. A pintura modernista. In: *Clement Greenberg e o debate crítico*. Rio de Janeiro: Zahar, 1997. p. 101-102.
- HABERMAS, J. *O discurso filosófico da modernidade*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- HEIDEGGER, M. L'époque des conceptions du monde. In: *Chemins qui ne mènent nulle part*. Paris: Gallimard, 1986. p. 99-147.
- KITTEL, C; KNIGHTW. D.; RUDERMAN, M. A. *Curso de física de Berkeley: mecânica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.
- MERLEAU-PONTY, M. Einstein et la crise de la raison. In: *Signes*. Paris: Gallimard, 1980., p. 246-248.
- PAIS, A. *Sutil é o Senhor: a ciência e a vida de Albert Einstein*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- PANOFSKY, E. *La perspectiva como forma simbólica*. Barcelona: Tusquets, 1978.
- POPPER, K. *Autobiografia intelectual*. São Paulo: Cultrix, 1997.
- SCHAPIRO, M. *A unidade da arte de Picasso*. São Paulo: Cosac & Naify, 2002.

Cosmologia e filosofia

Antonio Augusto Passos Videira

Professor adjunto do Departamento de Filosofia da UERJ

Neste trabalho, pretendo apresentar e defender, ainda que de modo esquemático, a tese de que a cosmologia moderna é uma disciplina singular no conjunto de todos os outros ramos da física pelos seguintes motivos:

1) como talvez nenhum outro ramo da física, com a exceção da mecânica quântica, a cosmologia moderna apresenta os limites epistemológicos desta ciência. Em outras palavras, a cosmologia é, dentre os domínios da física, aquela que, com facilidade, leva a física a se defrontar com uma série de problemas de natureza filosófica (filosofia aqui compreendida em sentido amplo);

2) neste ponto provavelmente reside a principal característica da cosmologia enquanto disciplina científica, a saber: levar a física a refletir acerca das suas diferenças e semelhanças com a metafísica e com a teologia, além de estar sempre atenta às suas particularidades epistemológicas. É essa aproximação que permite pensar que a física, isto desde os tempos de Galileu e Descartes¹, para ficarmos com aqueles que se situam na alvorada da ciência moderna, é a continuação direta da filosofia natural;

3) finalmente, nenhuma outra área da física permite com tanta facilidade a percepção das motivações que animam os físicos em suas atividades. É também através da análise das motivações dos físicos que podemos verificar as relações construídas entre, de um lado, a cosmologia e, de outro, a metafísica e a teologia. Com relação à teologia, acredito que essa aproximação acontece devido a questões e motivos, em boa medida, externos à própria cosmologia moderna, isto é, àquela vista como científica.

¹ Os nomes de Galileu e Descartes, que necessariamente devem ser situados num contexto como este, presente neste artigo, são relevantes, uma vez que, além de poderem ser considerados como dois dos mais importantes construtores e defensores da ciência moderna, e por isto mesmo, não descuidaram de tentar compreender as relações que o novo conhecimento, que então estava sendo construído, mantinha – ou deveria manter – com a metafísica e com a teologia. Em outros termos, Galileu e Descartes, ainda que os seus pensamentos e as suas conclusões fossem diferentes uns dos outros, perceberam com clareza que o tema relativo aos fundamentos da ciência não poderia ser desconsiderado. Ao contrário, ele era da máxima importância. Na medida em que também reconheciam que a ciência manteria relações com a teologia e com a metafísica, mesmo que tais relações fossem conflituosas, a ciência moderna – ao contrário do que o positivismo do século XIX tentou provar – não é afilosófica ou antifilosófica. A ciência moderna deve ser encarada como a substituta da filosofia natural, o que ocorreu em pleno século XIX. Finalmente, não se deve esquecer que em alguns países, como a Inglaterra e a Alemanha, a expressão filosofia natural continuou a ser usada no

²Cf. EINSTEIN, Albert. Considerações cosmológicas sobre a relatividade geral. In: LORENTZ, H. et alii. *O princípio da relatividade*. 1983. p. 225-241.

³ Op. cit., p. 225.

* * *

É bem conhecido que a cosmologia moderna é um ramo relativamente recente da física. Seu ingresso nesta disciplina ocorreu a partir de 1917, ano em que Albert Einstein publicou o seu justamente famoso artigo “Considerações cosmológicas sobre a relatividade geral”². Nas palavras de Einstein, um dos seus objetivos neste trabalho é: “... levar o leitor pelo caminho um tanto indireto e tortuoso, que eu próprio percorri, pois só assim poderei esperar interesse de sua parte para o resultado final”³. Mas qual era esse resultado final? Ainda segundo Einstein: “Estas considerações levam-nos

a conceber teoricamente o universo real como um espaço curvo, de curvatura variável no espaço e no tempo, de acordo com a densidade de distribuição da matéria, susceptível, porém, quando considerado em larga escala, de ser tomado como um espaço esférico”⁴. Em outras palavras, Einstein, ao aplicar a sua recentemente criada Teoria da Relatividade Geral ao problema do “infinito espacial”, introduzia o Universo no interior da ciência, na medida em que tentar compreender o Universo como uma totalidade transformou-se numa questão cientificamente aceitável. Sabe-se que esse foi um dos muitos passos ousados que Einstein deu em sua carreira científica.

Aquele objeto, que havia sido, até então, impedido de ingressar no domínio da ciência, o Universo, começava a superar, ao mesmo tempo, a barreira epistemológica imposta pelo positivismo e aquela outra, derivada da ausência de uma base teórica sólida capaz de resolver as conhecidas dificuldades de se aplicar a teoria newtoniana da gravitação ao Universo considerado como totalidade. O primeiro parágrafo desta memória de Einstein é dedicado a expor as razões pelas quais a cosmologia de Newton não era correta.

Num outro trabalho, também de 1917, e, desta feita, destinado a expor os conteúdos da sua teoria da relatividade, nas versões restrita e geral, Einstein voltava à questão relativa à impossibilidade de existir uma cosmologia baseada na gravitação newtoniana, que é por ele assim descrita:

“Se ponderarmos sobre a questão de como o universo, considerado como uma totalidade, deve ser entendido, a primeira resposta que nos é sugerida é certamente a seguinte: no que concerne o espaço (e o tempo), o universo é infinito. Existem estrelas por todo o lado, de tal modo que a densidade de material, apesar de muito variada no detalhe, é, apesar disso, na média, a mesma em todo e qualquer lugar. Em outras palavras, por mais que viajemos para longe no espaço, deveremos encontrar em qualquer lugar um tênue filete de estrelas fixas, aproximadamente de mesmo tipo.

Esta visão não está em harmonia com a teoria de Newton. Esta teoria exige que o universo deveria ter um tipo de centro, no qual a densidade de estrelas é máxima e, à medida que nos distanciamos deste centro, a densidade do grupo de estrelas diminuirá, até que, finalmente, a grandes distâncias, ele é substituído por uma infinita região de vazio. O universo de estrelas terá que ser necessariamente uma ilha finita num infinito oceano de espaço”⁵.

Não foi fácil para Einstein solucionar a questão de aplicar as equações relativísticas do campo gravitacional ao “infinito espacial”. De fato, ele não exagerou quando advertiu o leitor do seu artigo de 1917 de que o caminho trilhado fora tortuoso. Não vou aqui recordar esse caminho nem mesmo apresentar a solução que Einstein deu para o problema de criar uma concepção, cientificamente aceitável e satisfatória, do Universo. Creio ser suficiente recordar que Einstein modificou na mão a sua TRG de modo a torná-la compatível com as observações astronômicas então conhecidas e

⁴ Op. cit., p. 239-240.

⁵ Idem. *Relativity: the special and the general theory*. 1962. p. 105-106, tradução do autor.



⁶BRUSH, Stephen G. How cosmology became science. *Scientific American*, v. 267, n. 2, p. 34-40, ago. 1992.

que sugeriam fortemente ser o Universo estático. Ao introduzir, sem nenhuma razão física aparente, a constante \ddot{E} , Einstein cometia aquele que seria, segundo ele próprio, “o maior erro científico de sua carreira”. Não me interessa, na presente ocasião, comentar esse erro. O meu propósito é tão somente chamar a atenção para o fato de que Einstein preferiu, então, modificar aquela que é, provavelmente, a sua maior obra-prima, a TRG, porque os dados observacionais conhecidos não apontavam para um universo em expansão; idéia, que ele, aliás, aceitou tempos depois, mas ainda mostrando certa relutância. Einstein mostrava-se cauteloso, sinal de que era consciente do terreno pantanoso que é o da cosmologia.

Durante muito tempo, a cosmologia foi vista como um assunto a ser evitado por cientistas sérios e responsáveis. Auguste Comte, por exemplo, ainda na primeira metade do século XIX, exprimiu as reservas que uma boa parte da comunidade científica de então alimentava quando o assunto era a cosmologia. Mas, por que ele apresentou-se contra a cosmologia? Porque o objetivo de toda e qualquer cosmologia é o de compreender o Universo como um todo ou, segundo uma outra definição possível, ‘tudo aquilo que existe’. Ou seja, a cosmologia está, necessariamente, relacionada com dois conceitos – totalidade e existência – de difícil “manipulação”, teórica e empírica, por parte da ciência. A cosmologia era, portanto, vista como pertencendo aos domínios, nada científicos, da metafísica e da teologia. Totalidade e existência estariam muito mais próximas de Deus do que da razão e dos sentidos. Desse modo, a ciência moderna (em especial, a física), ela mesma oriunda da conjunção da razão com os sentidos, não poderia compreender o Universo.

A cosmologia teve dificuldades em superar tais resistências. Meio século depois do trabalho seminal de Einstein, ainda era possível encontrar cientistas contrários à idéia de que a cosmologia seria uma ciência. Essa situação negativa só teria começado a ser, de fato, revertida a partir de 1964, ano em que, por acaso, dois físicos norte-americanos, Robert Wilson e Arno Penzias, descobriram a radiação de fundo, que foi interpretada como sendo um “sinal” de que o Universo evolui, o que, aliás, já havia sido previsto teoricamente por George Gamow e colaboradores ao final da década de 1940. Ao menos, é essa a tese sustentada pelo historiador da ciência Stephen G. Brush⁶.

Além da ausência de dados empíricos e das dificuldades intrínsecas à relatividade geral, que afastaram os físicos, persistia a percepção de que o próprio objeto da cosmologia impedia uma abordagem autenticamente científica. O Universo é único e não pode ser reproduzido em laboratório. Ou seja, não é possível “manipulá-lo” em laboratório, sendo impossível reproduzir de modo controlado uma série de eventos que acontecessem nele. Para piorar essa situação, de vez em quando, os próprios físicos, os principais interessados na manutenção da crença na racionalidade da ciência, fazem declarações que parecem ultrapassar as fronteiras da ciência, levando-a a se aproximar da metafísica e da teologia. Um dos físicos responsáveis por uma

dessas declarações foi o próprio Einstein. Em determinado momento, Einstein declarou que: “*What I am really interested in is whether God had any choice in the creation of the world*”⁷. Mesmo em se tratando de Einstein, uma declaração como esta deve ter causado algum espanto e, de modo cauteloso e privadamente, provocado repúdio entre os seus colegas.

* * *

Ainda que Einstein estivesse, ao proferir uma declaração dessa ordem, desobedecendo conscientemente a uma das “regras” mais importantes do pensamento moderno, a saber: a impossibilidade de a mente humana conhecer as razões de Deus, ao afirmar aquela que seria a sua maior motivação enquanto cientista, Einstein mostrava que compreendia o que estava em jogo quando o tema era cosmologia. A aventura humana na cosmologia conduz os cientistas na direção de assuntos, que, durante muito tempo, foram considerados como banidos da esfera da ciência. Não há como ser de outro modo. Afinal, a cosmologia é, em termos esquemáticos, a tentativa humana de compreender a totalidade e a existência. Reconheço que é possível interpretar a declaração acima, de Einstein, num contexto teológico. Poucos cientistas do século XX se referiram tanto a Deus quanto Einstein. Mesmo se é possível contextualizar teologicamente a declaração de Einstein, penso que isso pode representar uma tentativa de desconsiderar toda a relevância que ela contém. Creio que ela é mais interessante e, conseqüentemente, mais respeitável, se interpretada como questionando até onde pode ir a razão humana. Em outras palavras, até onde pode alcançar a razão humana? Seria ela capaz de compreender ‘tudo aquilo que existe’? Esta é uma questão que ultrapassa os limites da ciência; ela é genuinamente filosófica. Mas, é preciso que se reconheça, ela também é uma questão científica; caso contrário, a cosmologia não seria uma ciência, algo que muito poucos colocam hoje dia em xeque.

Um dos problemas com a cosmologia é, nas palavras do físico norte-americano, Lee Smolin, o seguinte:

O problema começa quando tentamos fazer uma teoria do universo enquanto uma totalidade, já que, nesse caso, não pode existir algo fora do sistema. Desse modo, não existe um suporte (*background*) com respeito ao qual as propriedades das coisas no mundo possam ser definidas. Não é possível falar onde o universo está, ou quando ele aconteceu. Nós somente podemos falar onde e quando as coisas aconteceram nele. E sem suporte (*background*) fixo, os únicos pontos de referência disponíveis para a descrição de onde e quando alguma coisa acontece são outros eventos⁸.

Apresentado, agora, em termos positivos, o problema de se construir uma cosmologia científica, ainda segundo Smolin, consiste na tentativa de resolver:

⁷ EINSTEIN apud SMOLIN, Lee. *The life of the cosmos*, 1997, p. 36. Esta é uma frase com várias versões. Ainda que as versões possam ter sentidos diferentes, não parece haver dúvidas de que Einstein teria dito algo próximo a esta frase. Duas outras versões são as seguintes: “Eu quero saber como Deus criou este mundo. Eu não estou interessado neste ou naquele fenômeno, no espectro deste ou daquele elemento. Eu quero conhecer Seus pensamentos; o resto são detalhes”. (Dita para a estudante Esther Salaman – data não citada, porém antes de 1954; Salaman publicou em “A Talk with Einstein”, *The Listener*, 54 [1955], p. 370-371). “Aquilo que realmente me interessa é se Deus teve alguma escolha na criação do mundo; em outras palavras, se a exigência de simplicidade admite a de liberdade”. (Esta foi dita para Ernst Strauss, assistente de Einstein de 1944 a 1947 ou 1948. Está citada em SEELIG, Carl, 1955, p. 72. Segundo Jammer [*Einstein and Religion*, Princeton, Princeton University Press, 1999], a expressão “in other words” mostra que a citação de “God” na primeira parte da declaração é apenas um modo de falar [merely a manner of speaking]). Agradeço a Cássio Leite Vieira as indicações

⁸SMOLIN, Lee. *The life of the cosmos*. 1997. p.14.



⁹ Op. cit.

¹⁰ Ibid., p. 23.

O problema de elaborar uma teoria do universo enquanto totalidade consiste, portanto, em um problema de como construir uma teoria sem fazer qualquer referência a algo que existe ou algo que nós podemos imaginar ter acontecido fora do sistema que descrevemos. Precisamos descobrir um modo de falar das propriedades das coisas no universo, partículas, átomos, corpos, galáxias, estrelas, do mesmo modo que o espaço e o tempo, sem ter que fazer referência a algo que não é uma dessas mesmas coisas e que se encontra, por isso mesmo, fora do universo⁹.

O Universo newtoniano – agora considerado como correspondendo não apenas à imagem de Universo elaborado a partir da sua Teoria da Gravitação Universal, mas, também, da sua epistemologia – aquele que foi considerado durante certo período de tempo como correspondendo à verdade, é uma tentativa radicalmente diferente desta sugerida por Smolin. No Universo de Newton não há como o homem descrever uma tal estrutura sem recorrer a uma entidade como Deus. Afinal, o ponto de vista newtoniano pressupõe a possibilidade de se observar o Universo do seu exterior. Aliás, sabe-se que Newton recorreu, na segunda edição dos *Principia*, a Deus para poder resolver certos problemas que haviam permanecido em aberto desde 1687. O Universo newtoniano é eterno, tudo aquilo que existe é composto por partículas que obedecem a leis absolutas e imutáveis. Compreender o Universo nada mais é do que reduzir tudo aquilo que existe à ação dessas leis absolutas. Tudo aquilo que, por exemplo, é vivo, era concebido como acidental e histórico.

Com o surgimento da cosmologia como ciência, a concepção newtoniana teve que ser abandonada em alguns dos seus principais aspectos. Outros aspectos passaram a ser objeto de dúvida, talvez eles não fossem exatamente do modo como Newton e seus epígonos acreditavam. Um desses aspectos questionáveis é aquele que afirmava que as leis físicas devem ser absolutas e imutáveis. Não seria possível, então, desenvolver uma concepção de lei natural que fosse histórica e, mesmo assim, verdadeira?

Se a resposta à pergunta acima for positiva, isso implicará o abandono de uma outra característica fundamental no Universo newtoniano; somente uma entidade como Deus, que, por definição, não está situado no interior do Universo, poderia entendê-lo. Por ser absoluto, Deus reuniria todas as condições necessárias para compreendê-lo. A cosmologia moderna, ou científica, pode ser compreendida como uma tentativa antinewtoniana, na medida em que afirma ser possível a uma criatura, situada no interior do Universo e sem as mesmas capacidades de Deus, compreender o Universo. É provável, se essa tentativa se mostrar fecunda e robusta, que a própria definição de ciência venha a ser modificada, passando a ser algo próximo aos termos empregados por Smolin: “A ciência é, acima de tudo, uma procura pela compreensão de nossa relação com o resto do universo”¹⁰.

Uma das principais teses filosóficas, consagrada no século XVII, mas paulatinamente abandonada a partir de meados do século XVIII, afirmava que o mundo é racional e inteligível porque ele e a razão humana foram

produzidos pelo mesmo Deus. Desse modo, compreender o mundo é o mesmo que, mentalmente, tomar o lugar de Deus e ver o mundo a partir do seu exterior, como fez o criador. Para muitos filósofos e cientistas do início da ciência moderna, como foi o caso do próprio Newton, compreender o mundo seria também conhecer o Seu criador, ou seja, conhecer Deus. A realidade do mundo não estaria situada no seu interior, mas, sim, numa realidade para além dele ou ainda atrás dele. Ou ainda: a “autêntica” realidade não seria percebida pelos sentidos humanos; no máximo, seria compreensível apenas pela razão, a qual poderia transcender o nível fenomênico. A racionalidade do mundo estaria atrás dele e não dentro dele.

Para Smolin, a ciência clássica, aquela que perdurou desde Newton até o surgimento da relatividade e da mecânica quântica, respeitava certos limites impostos por um tipo de pensamento que era, na verdade, teológico e religioso. A cosmologia, a partir do século XX, seria, ao contrário da ciência clássica, a tentativa que o homem empreende para transformar o Universo em sua casa, uma na qual ele possa se reconhecer por inteiro. Diferentemente da cosmologia newtoniana, que prescindia do homem, a cosmologia que começou a ser construída no século passado só faz sentido se entendida como uma tentativa de incluir o homem na totalidade.

* * *

O problema de transformar a cosmologia em uma disciplina científica e, portanto, obediente aos cânones metodológicos e epistemológicos da ciência moderna, diz respeito ao fato de que, por um longo período de tempo, acreditou-se que ela não teria como respeitar uma das mais importantes normas constituintes do pensamento racional, tal como então definido. A cosmologia não teria como respeitar os objetivos e os métodos da ciência. Por exemplo, a cosmologia não respeitaria o procedimento atomista. Tal procedimento era, na verdade, um método de análise, que determinava que compreender a natureza seria o mesmo que compreender as leis dos fenômenos elementares, que dizem respeito a objetos elementares e imutáveis, localizados no tempo e no espaço. Nesse esquema, em muito diferente do esquema aristotélico, a compreensão aconteceria do elemento para o todo e não o inverso. Com a cosmologia moderna, ocorre justamente o contrário. Nas palavras do filósofo francês Jacques Merleau-Ponty, um dos mais importantes intérpretes da cosmologia do século XX:

De que modo [é possível] introduzir o cosmo como objeto de conhecimento científico? Como, neste caso, determinar – e mesmo falar de – condições iniciais ou no limite, uma vez que essas noções implicam evidentemente que as coisas a serem descritas, a serem compreendidas ou a serem previstas devem, de início, estar situadas em um ambiente espaço-temporal dado ou formulado (*posé*) por hipótese?¹¹



¹² Ibid., p. 22.

Tendo em vista tudo aquilo que já se disse, é fácil perceber que as respostas às perguntas devem ser negativas. Para Merleau-Ponty, quando comparado às normas da ciência moderna, “o Universo é um tipo de monstro epistemológico”.

Ainda que a cosmologia moderna tenha avançado bastante no que se refere à apropriação do Universo como um objeto digno de ser inserido no interior da ciência, Merleau-Ponty é da opinião que tal objeto, por possuir uma determinada característica, ao menos tal como a melhor teoria científica de nosso tempo (a cosmologia relativística oriunda da TRG) o afirma, não pode ser devidamente compreendido. O fato de que o Universo teve um começo no tempo implica que “a totalidade do real é”, supõe-se, dependente da ocorrência, no passado, de “um não acontecimento”¹². Mesmo que não estejamos mais situados no contexto da racionalidade, atuante durante o período clássico da ciência moderna, não sabemos como compreender, em termos científicos, o surgimento do Universo. É possível que este problema venha a ser resolvido em algum momento do desenvolvimento futuro da ciência. De todo o modo, esta é uma questão em aberto e que continua a nos incomodar. Uma vez mais, nos encontramos diante de uma situação que desafia a nossa capacidade de racionalização dos fenômenos naturais. A superação desse “ponto cego”, para seguirmos a expressão de Merleau-Ponty, representará um avanço importante na consolidação da cosmologia como um ramo que merece ser considerado integrando plenamente a ciência.

* * *

As idéias expostas até aqui permitem que percebamos a aproximação da cosmologia com a filosofia. Em particular, elas permitem verificar que a física teórica e a metafísica não são tão distantes e antagônicas como pensavam, por exemplo, os positivistas, comteanos e lógicos. Tal aproximação não está fundada na afirmação de que a física teórica e a metafísica, sob o ponto de vista da metodologia, são semelhantes. Isso não seria correto. As duas se assemelham com relação aos seus objetivos. Durante três séculos aproximadamente, entre meados do século XVII e início do século XX, físicos e metafísicos acreditaram que haveria uma verdade absoluta sobre o mundo que poderia ser descoberta. Essa verdade, conforme já indicado, estaria “atrás” das aparências; somente assim, ela poderia ser absoluta, fundamental e atemporal. É interessante observar que a derrocada dos grandes sistemas metafísicos, como aqueles propostos pelos idealistas alemães pós-kantianos, coincide com o início do reforço de um movimento que procura atribuir à física objetivos mais “modestos” como, por exemplo, o de descrever a realidade.

Hoje em dia, parece-me ser mais aceitável afirmar que a metafísica e a física possuem semelhanças. Uma afirmação dessa natureza já não constitui mais um anátema. No entanto, essa situação é ainda embaraçosa, pois condena o homem a uma procura para a qual ele não está, aparentemente, preparado. Se a verdade só pode ser determinada a partir de um ponto de vista absoluto, o da divindade, como poderia um ser finito, como o homem, realizar tal tarefa? Essa tentativa pode nos levar a viver situações complicadas, uma vez que o ser humano, sempre que se afirmou detentor da verdade, outorgou-se a possibilidade, quando não a responsabilidade, por missões, que implicaram resultados, no mínimo, pesados.

Como vimos anteriormente, Lee Smolin defende uma posição semelhante a esta. Para ele, é necessário abandonar a postura que crê que o conhecimento, para ser verdadeiro, deve negar o mundo das aparências, aquele ao qual temos acesso e no qual estamos inseridos, enquanto seres biológicos. Antes de continuar, devo observar que o próprio Smolin afirma não apresentar uma argumentação sólida em favor de algumas de suas conclusões, avançadas no seu livro *The Life of the Cosmos*. Mesmo assim, sou de opinião que elas são interessantes o suficiente para que as consideremos seriamente.

Como o próprio Smolin reconhece, as suas idéias implicam a necessidade de abandonar a tese de que a ciência – ou ao menos, a física – obedece sempre ao mesmo método. Esta conclusão não foi, evidentemente, obtida pela primeira vez por ele. Ela já é conhecida há tempos. No entanto, ele tira dessa idéia uma conclusão poucas vezes afirmada: a ciência estaria baseada numa ética¹³. Segundo Smolin:

Talvez a razão [que explica] por que a ciência funciona na ausência de um método fixo ou de um conjunto de regras, é que ela está baseada numa ética, a qual reconhece que, enquanto o indivíduo é obrigado a defender aquilo em que acredita honestamente, nenhum indivíduo é o árbitro da certeza, ou mesmo do interesse ou da utilidade de suas idéias. A experiência nos ensina que, não importando o quanto nos sentimos seguros e o quanto pensamos ser inteligentes em certos instantes, a natureza é sempre mais esperta que nós, e toda a realização individual não pode sobreviver até ser superada pelas realizações de outros¹⁴.

Smolin defende a idéia de que, para que o homem possa formular uma cosmologia, válida cientificamente e coerente filosoficamente, sem que tenha que fazer referências a um ponto de vista absoluto, é necessário reconhecer os seus limites intrínsecos, determinados pela sua constituição biológica. Essa não é uma idéia nova, ainda que não tenha sido, ao que parece, suficientemente incorporada, seja pela ciência, seja pela filosofia ou teologia. Talvez seja o momento para fazê-lo. Se quisermos uma cosmologia que corresponda àquilo que, de fato, podemos saber e não a um ponto de vista absoluto, é preciso reconhecer que o Universo é a nossa casa, ou seja, que de um modo, que ainda não sabemos qual, ele tornou possível a existência de uma espécie como a nossa. Smolin, e aqui eu não poderei explicar isto,

¹³ Em um artigo, escrito em colaboração com Fábio Leopoldo Cerqueira e publicado em 1998, defendi uma posição semelhante. Nessa ocasião, o meu ponto de partida foram as idéias defendidas pelo filósofo austriaco Paul K. Feyerabend: "Feyerabend e algumas consequências ético-políticas da tese da incomensurabilidade", *Episteme*, vol. 3, nº 7, p. 86-94.

¹⁴ SMOLIN, Lee. Op. cit., p. 297.



¹⁵ Basicamente, a razão pela qual Smolin recusa os princípios antrópicos é que estes são teleológicos, o que é insustentável caso a teoria da evolução de Darwin seja aceita

não aceita a tese forte do princípio antrópico¹⁵. Para ele, para que possamos construir uma cosmologia que seja efetivamente nossa, basta perceber que a melhor metáfora a ser aplicada ao Universo é a cidade: uma construção sem fim, sempre negociada, e sem um único arquiteto responsável pelas transformações sofridas pela cidade. Se esta metáfora for aceita, não seremos capazes de atingir a perfeição. Teremos que reconhecer a nossa falibilidade. Esse não será um passo fácil de ser dado, tal como nos é mostrado pela nossa própria história, mas creio que vale a pena tentar.

Agradeço o convite de Moema Vergara e Marta de Almeida para escrever este artigo, bem como participar do encontro sobre Einstein e a América Latina. Trabalho apoiado pelo programa Prociência da Uerj/Faperj.

Referências

- BRUSH, Stephen G. How cosmology became science. *Scientific American*, v. 267, n. 2, , ago. 1992.
- EINSTEIN, Albert. Considerações cosmológicas sobre a relatividade geral. In: LORENTZ, H. et alii. *O princípio da relatividade*. 3ª.ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1983. p. 225-241.
- _____. *Relativity: the special and the general theory*. Translated by Robert A. Lawson. London: Methuen & Co., 1962.
- MERLEAU-PONTY, Jacques. Questions philosophiques de la cosmologie. *Épistémologiques*, v. 1, n. 1/2, 2000.
- SMOLIN, Lee. *The life of the cosmos*. Oxford: Oxford University Press, 1997.

Sobre Einstein e sobre a história: meditação circunstancial

Heloisa Maria Bertol Domingues

Pesquisadora titular do Museu de Astronomia e Ciências Afins. MAST/MCT

¹ Cf. FEBVRE, L. *Sur Einstein et sur l'histoire: méditation de circonstance*. Revue des Annales.

² Cf. CASTRO, J. de. *Ensaio de biologia social*. 1957. p. 237-245.

³ Cf. DOSSE, François. Introdução. *L'Empire du sens: l'humanisation des sciences humaines*. 1997. p. 26.

São reiteradas as homenagens a Einstein a cada data que lembra sua vida ou sua revolucionária teoria, como a deste trabalho, que se insere nas comemorações do centenário da teoria da relatividade. As homenagens em ciências, tal como as biografias, podem significar momentos importantes para o conhecimento da história de uma ciência, ou para a historiografia das ciências. Parece, portanto, pertinente refletir sobre a manifestação de dois cientistas sociais diante da notícia da morte de Einstein, em 1955: a do historiador francês Lucien Febvre e a do geógrafo brasileiro Josué de Castro.

O título escolhido para este trabalho “circunstancial” não é original, é, na verdade, o título do artigo que Lucien Febvre publicou para render a sua homenagem a Einstein: “Sur Einstein et sur l'Histoire. Méditation de circonstance”. O artigo foi publicado, no volume de 1956 da *Revue des Annales – Economies – Sociétés – Civilisations*, da qual ele era o editor¹. Neste sentido, uma análise da homenagem não deixa de ser também uma homenagem a este historiador que tanto fez pela história e pela sua cientificidade e que muito lutou para aproximar os historiadores dos cientistas das demais áreas que não apenas as sociais.

Cada um dos autores falou de sua tribuna específica. No Brasil, Josué de Castro, médico de formação e geógrafo de profissão, em 1955, deputado federal, homenageou Einstein com um discurso na Câmara, posteriormente publicado no livro *Ensaio de biologia social*, sob o título “O gênio Einstein”².

Apesar das profundas diferenças de circunstância entre ambos, os pontos em comum, que os fizeram homenagear Einstein e, através dele, o trabalho científico em geral, são muitos e conduzem a pensar sobre o papel social das ciências, assim como, sobre o papel do historiador das ciências na circunstância de uma homenagem.

No momento em que a história, assim como as ciências humanas, repensam seu próprio lugar social e, como chama atenção François Dosse, no momento em que estão sendo reavaliados seus laços tanto com as chamadas ciências ‘duras’, quanto com a filosofia, ela invoca um novo espaço de comunicação em que o sujeito se diluiu e o que ganha sentido é o “fato”. Vendo as homenagens sob o foco deste novo sentido da história, ciência e cientista estão presos numa relação de interpretação que implica uma intersubjetividade³. Assim, parece pertinente refletir sobre uma manifestação

intersubjetiva (ciências sociais e naturais) de dois cientistas sociais que, à sua época, conheciam o papel social das ciências e exaltaram a física e sua história.

Tal como Einstein, Josué de Castro e Lucien Febvre fizeram uma revolução nas suas ciências e, embora tenham tido bem menor repercussão do que Einstein, e conseqüentemente, bem menos homenagens, mudaram os rumos das suas respectivas ciências, a geografia e a história, no século XX. De certa forma, socialmente desempenharam o mesmo papel que Einstein na física. Os três, pode-se dizer, relativizaram as noções de espaço e tempo e, neste sentido, identificavam-se. Identificavam-se também pela consciência do valor social das ciências.

Josué de Castro: Einstein a partir do contexto político

Josué de Castro revolucionou a geografia com seu livro *Geografia da fome*, com o qual desnudou para o mundo o mapa das diferenças sociais gritantes apontando os contornos espaciais da miséria⁴. O livro foi publicado em português, em 1942, e pouco tempo depois em inglês, pela Associação Internacional dos Trabalhadores Cientistas, o que evidenciou o reconhecimento internacional ao seu trabalho científico. Neste livro ele mostrou que a condição social a que homens tinham sido submetidos, em determinados lugares e ao longo do tempo, os subordinara ao meio. Para Josué de Castro, a história, tanto quanto a biologia, serviam para explicar a geografia humana. A interpretação da relação homem/meio denotava a imbricação social e política das ciências, tal como a sua interpretação de Einstein.

Ensaio de biologia social, em 1957, foi introduzido com a explicação de que o social era transcendente ao biológico, mas nem por isso podia eximir-se às contingências de base biológica que interferem nos atos humanos. Neste sentido, ele sublinhou que o fenômeno alimentar significava uma ação indireta do meio sobre o homem e significava a adaptação biológica dos grupos humanos aos diferentes lugares naturais.

Sobre o fato de incluir um trabalho homenageando um “gênio das ciências” no livro sobre biologia social, ele explicou que suas observações deixavam transparecer os aspectos biológicos da interpretação. Percebe-se, no que ele chamou de genialidade de Einstein, que jogaram, mais do que a formação de Einstein e a tessitura do seu pensamento, as posições que ele havia assumido em defesa de uma ciência voltada para a construção social e não para a destruição. O livro de Josué de Castro, do qual a homenagem era parte, tinha como objetivo geral o estudo do homem em suas correlações com o meio natural e poderia ter sido intitulado, como ele mesmo disse, “Ensaio de ecologia social”. A física de Einstein era abordada por ele nas suas correlações com a sociedade.

O lugar de onde ele falava refletia, de certa forma, a relação ciência/



⁵ Cf. CASTRO, Josué de. *Ensaio de biologia social*. 1957. p. 239. PATY, Michel. *Einstein philosophe*. Paris: PUF, 1993. Cf. PATY, Michel. *Memória da física*. 2005. (Mast Colloquia). Einstein publicou em 1915, o artigo "Zur allgemeinen Relativitätstheorie, Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte", 1915, part. 2, p. 778-786; 799-801, no qual apresentou a teoria da relatividade geral. A questão da aceitação da teoria foi relativa nos diferentes lugares. No caso do Brasil, como na França, por exemplo, a teoria encontrou muitas resistências e não foi aceita logo.

⁶ CASTRO, Josué de. Op. cit., p. 240.

sociedade. Para Josué de Castro, a homenagem a Einstein, na Câmara engrandecia a instituição que, por um momento, interromperia suas frenéticas atividades políticas para uma breve meditação acerca da vida do grande sábio – "verdadeiro cientista e homem de verdade". Josué de Castro se dizia representante do homem comum na Câmara e, como tal, homenageava a memória de Einstein.

Em sua homenagem preocupou-se em salientar o lado social da vida de Einstein, dizendo que este havia dignificado a condição humana. Era preciso, dizia Josué de Castro, saber avaliar o sentido humano e cultural da vida deste gênio que permitiu à humanidade multiplicar, infinitamente, sua densidade de percepção das coisas, fornecendo-lhe uma nova imagem do mundo, bem mais pura, mais clara e mais exata, do que aquela até então percebida.

Para ele, Einstein, enquanto verdadeiro cientista, enfrentara e interpretara a sociedade do seu tempo. Lembrava um texto do próprio Einstein (introdutório a um livro de Max Planck), em que ele classificava o verdadeiro cientista, dizendo que, se descesse um anjo no templo das ciências, para expulsar todos aqueles que ali se encontravam sem convicções e que não se dedicavam unicamente ao 'apostolado' das ciências, corria-se o risco de ficar com o templo quase vazio. Einstein, ao contrário, fora fiel à ciência e, em 1905, analisando os trabalhos de colegas, criou um novo sistema do espaço-tempo, capaz de explicar a natureza geral do universo. A teoria de 1905 mudou a imagem do mundo, causando enorme impacto, por isso, na visão de Josué de Castro, somente em 1915, quando Einstein apresentou a teoria da relatividade geral, na estrutura como ainda hoje é conhecida, ela foi completamente aceita⁵. Concluía então que se abriram novas e incalculáveis possibilidades de imprevisíveis implicações para as ciências em geral e no campo prático das relações sociais. Segundo Josué de Castro, Einstein utilizou as ciências, indagando permanentemente sobre a filosofia da natureza das coisas e da realidade do mundo, sem deixar de confraternizar com a sociedade à sua volta⁶. Na sua visão, ciência e sociedade estavam em constante diálogo.

Einstein e a história, na visão de Lucien Febvre

No caso de Febvre, a homenagem a Einstein de certa forma sintetizou aspectos de sua visão revolucionária da história. Lucien Febvre foi o historiador que introduziu, com Marc Bloch (que morreu fuzilado numa prisão nazista), a geografia da cultura material na história. A história passou a ser vista como uma construção, no tempo e no espaço, das trocas culturais, desde os intercâmbios botânicos, zoológicos, até as técnicas mais complexas, juntamente com os conhecimentos neles embutidos, bem como através das relações artísticas, ideológicas ou de poder. Estas idéias já se encontravam no livro que ele publicou em 1919, intitulado *A Terra e a evolução humana* –

*ntrodução geográfica na história*⁷. Pode-se dizer que ele abriu o caminho da história social das ciências, afirmando que a história não era feita de guerras ou reis e tampouco de “gênios isolados”, mas era produto do tempo histórico do historiador, e se fazia a partir de questões que esse historiador se colocava a respeito do contexto social em que estava inserido. Neste contexto, as ciências ocupavam um espaço e estavam interligadas às demais “manifestações do espírito humano” (política, artes, religião etc.), isto é, às manifestações culturais.

A primeira questão que se colocou Febvre, ao iniciar a homenagem a Einstein, foi sobre por que fazê-lo. Por que, perguntava ele, um fato científico de 1905 merecia ser lembrado? Imediatamente respondeu que Einstein devia ser lembrado, não como gênio – “palavra prostituída” –, mas pelas idéias profundas e pela repercussão de toda a natureza que elas tiveram sobre o pensamento dos homens de “hoje”, que o inscreviam numa curta lista dos maiores espíritos científicos de todos os tempos, em todos os lugares. Falando como historiador e para historiadores, situou Einstein no seu tempo e mostrou como a história deveria interpretar a repercussão da sua teoria.

A história, disse Lucien Febvre, não é uma disciplina isolada, ela não se separa jamais das suas vizinhas, como, aliás, nenhuma ciência opera encerrada numa “torre de marfim”. Na concepção [revolucionária] da história, que bem resumiu naquela homenagem, mostrou que as diferentes disciplinas estavam interligadas por uma solidariedade poderosa, embora nem sempre fossem percebidas pelos cientistas de outros ramos do saber, porque eles eram especializados. As especializações cegas, dizia ele, não impedem que as ciências – todas as ciências – estejam imersas num clima idêntico de uma mesma época, no qual transformações e aquisições são condicionadas por aquisições e transformações no “bloco solidário” de todas as disciplinas, num dado tempo. Assim como as atividades humanas em geral estão ligadas às atividades científicas, todas dependem das ciências e, ao mesmo tempo, todas as condicionam.

Logo, para ele, a história das ciências, longe de fazer um passeio moroso por um conservatório de teorias mortas e explicações ultrapassadas, constitui, ao contrário, um capítulo vivo da história geral do pensamento humano. Ela é, dizia Febvre, o mais fiel dos instrumentos de medida que permite apreciar os avanços e os recuos, as marchas e as contramarchas do pensamento construtivo das gerações.

As crises que a história constatava, para Febvre, eram crises do “espírito”, ou seja, sinais e ao mesmo tempo conseqüências de transformações de atitude dos homens de ciência diante da ciência. “Transformações que nasceram do progresso revolucionário da física”, que não se resumia apenas à obra de Einstein, porém se constituía num dos momentos mais importantes desta obra e ainda estava sendo absorvida, dizia Febvre.

Levando em conta a noção de “unidade das ciências”, ele mostrou a relação da física com a história, ou melhor, mostrou como as transformações epistemológicas de um conjunto de saberes que mais tarde se fundiram numa

⁷ Cf. FEBVRE, Lucien. *La terre de l'évolution humaine: introduction de la géographie à l'histoire*. 1949.



disciplina chamada física influenciaram, ao longo do tempo, a cultura material e também social das sociedades.

O que se constituiu com o nome de física, disse Febvre, não passava de um “bloco de saberes” fragmentários, tidos na origem como autônomos e distintos. Aos poucos, foram sendo agrupados naquilo que se “correlacionava com os órgãos sensoriais humanos”: a ótica, a acústica, o calor. A mecânica, ciência dos movimentos dos corpos, foi percebida pela visão e pelo sentido muscular. Imediatamente, essa noção abriu inúmeras perspectivas sociais de ordem prática, pela introdução de novas técnicas, de máquinas (simples e pesadas, como os moinhos, os guindastes, as siderurgias); introduziu a fabricação de armas de fogo, e foi colocando inúmeros outros problemas para as ciências, abrindo novos capítulos para a física, que se desenvolveu tanto mais lentamente quanto se afastava da experiência humana imediata, como foi o caso dos domínios novos da eletricidade, do magnetismo, que praticamente fugiam à apreciação direta dos órgãos sensoriais. “Tudo isto foi proporcionalmente aumentando a intervenção científica na sociedade e foi abrindo novos capítulos para a história social”.

Na interpretação de Febvre, nada fugia à percepção dos órgãos sensoriais, mesmo quando se chegou à noção de que existem na luz ondas eletromagnéticas. Era a “redução triunfal do psiquismo sobre o físico”. Os historiadores estavam à vontade neste universo científico, afirmou Febvre, onde tudo parecia marcado por cifras conhecidas, quando bruscamente se deu a revolução (em 1905). Surgiu então a síntese que abalou as noções primordiais de *tempo*, *comprimento* e *massa*, atingindo a física por inteiro, e que ligou num feixe de leis os fatores que a concepção antiga deixava separados. Ao mesmo tempo, observou Febvre, no domínio das ciências da vida operou-se uma revolução análoga, engendrada pela microbiologia. A noção de organismos compostos por milhares de células da ordem do milionésimo de milímetro se deslocava da observação. “Com a microbiologia percebiam-se os organismos sem resistência própria, em que os vazios predominavam sobre os cheios e que, para a maioria, eram espaços percorridos por campos de força. O homem bruscamente mudava de mundo.” O que se passava ao nível celular desmentia o que se passava ao nível das percepções sensoriais. “Aos vazios percebidos na biologia, introduziram a noção de *descontínuo* que se configurava com a física dos *quanta*.” Tudo isto colocava em questão o caráter de continuidade das grandezas, pelas quais se traduziam as noções essenciais de tempo, de espaço, de ação entre os corpos diferentes, e a noção já habitual e antiga de causalidade. Com um golpe certo, a noção de determinismo, fundamento incontestado da ciência positiva e pilar da ciência clássica, cedeu lugar ao indeterminismo. Logo, conforme Febvre, uma concepção de mundo com as suas representações implodia. Bruscamente, os conhecimentos ultrapassavam a razão e a revolução se impunha. Nesta revolução, dizia Febvre, as descobertas não se davam no interior das ciências, mas nas fronteiras, nas margens onde se operavam as penetrações e onde se percebia a intervenção decisiva da vontade e da ação do cientista. Neste

sentido, ele mostrou um aspecto do seu próprio pensamento revolucionário, interdisciplinar, que colocava em xeque a noção de fronteira como divisor, ou como frente de expansão, seja de conhecimentos, seja de espaço, seja econômica. Ele mostrou que a “fronteira é o lugar das relações”. Questionava, com isto, as próprias noções de poder geopolítico e do nacionalismo científico.

A física na sociedade

No espaço de relações da física com o seu contexto social, Einstein foi entendido pelos dois cientistas sociais como um homem do seu tempo, que jamais se recusou a responder as interrogações que a sociedade estava se colocando. Aliás, para ambos, a física era uma das ciências que mais respondia às demandas da sociedade.

A física teórica, para Josué de Castro, atuava como nenhuma outra ciência sobre a estrutura física do mundo, com sua teoria ondulatória, com a teoria dos quanta, com o princípio do indeterminismo e a teoria da relatividade. Segundo ele, a filosofia de Einstein teve o mérito de mostrar que a representação matemática refletia o mundo físico e não o contrário, como muitos de seus colegas, à sua época, pareciam querer fazer. Com isto, fornecia uma imagem do mundo menos transcendente, que podia ser compreendida pela inteligência comum.

Porém, ainda na visão de Castro, Einstein preocupou-se ao verificar que havia um total divórcio, no campo social, entre o progresso material das ciências e o progresso moral da humanidade, porque a sociedade, presa a um patrimônio espiritual constituído predominantemente de idéias pré-científicas, assimilava os inventos científicos e, ao mesmo tempo, se negava a absorver as idéias e os princípios que conduziram à descoberta desses inventos. Neste sentido, Josué de Castro enfatizou o papel social das ciências, dizendo que a pré-cientificidade do mundo, “esta estrutura social esdrúxula”, fazia com que se aceitassem as descobertas das ciências, mas se rejeitassem sistematicamente as suas tentativas de intervir no sentido de uma aplicação mais racional de suas descobertas, vendo-as como processos mágicos, pois se ignorava a sua essência e, às vezes, mesmo os processos adequados de sua manipulação. Lembrou como exemplo o caso da descoberta da energia nuclear e o seu uso dramático, que a transformara numa completa ameaça social, porque a política não soubera controlá-la internacionalmente e fracassara. “A política deve ser bem mais difícil do que a física”, teria dito Einstein, e Josué de Castro completava, “mais difícil e bem mais atrasada”⁸.

A idéia de “biologia social” permitiu a Josué de Castro mostrar que Einstein fora vítima de sua própria constatação da defasagem existente entre ciência e sociedade, lembrando o episódio da carta de Einstein a Roosevelt, em que aquele denunciou a corrida da Alemanha de Hitler em direção ao segredo da bomba. A carta teve efeito contrário às suas expectativas, pois os mesmos estudos foram intensificados nos Estados Unidos, com total apoio



⁹ A cassação de Josué de Castro deu-se após o golpe de Estado de 1964, o que corrobora a idéia de que ele foi também vítima da sua própria teoria da biologia social. Idéias como a acusação de que não havia política adequada para impedir a subordinação das ciências ao contexto social, conforme explicou no início do livro *Biologia social*, fez com que ele fosse interpretado como *persona non grata* pelo Estado que se instaurou em 1964 no Brasil.

¹⁰ Marcellin Berthelot (1827-1907), químico, colocou em causa a teoria, comumente aceita na época, de que os compostos orgânicos somente poderiam ser criados a partir de organismos vivos. Disponível em <<http://isimabomba.free.fr/biographies/chimistes>>, acesso em: 15/08/2005.

do governo americano, e ele foi obrigado a deixar o país. Einstein então se tornou o maior combatente da política nuclear armamentista e, desta vez, a política macarthista voltou-se contra ele, tendo sido perseguido, chamado de comunista e charlatão por políticos americanos.

A posição assumida por Einstein em relação ao papel social e político da física era a justificativa maior daquela homenagem de Josué de Castro, ele mesmo um cientista que viveu o drama da defasagem entre as conquistas da ciência e a política social, pois foi cassado politicamente por causa das suas idéias científicas⁹. Josué de Castro viu em Einstein a mesma posição de um homem de ciência que, apesar do seu gênio criador, ou por causa dele, sofreu, em tantos momentos da sua vida, perseguições políticas.

Para Febvre, da mesma forma, Einstein foi um grande criador incompreendido porque buscava responder as interrogações da sociedade que era incapaz de compreender qualquer uma de suas equações. Era a essa sociedade que os historiadores deveriam mostrar seus velhos métodos, porém, somente depois de abrir as janelas e as cortinas dos escritórios, de levantar a cabeça acima das suas fichas e de abrir os olhos para a vida, para cultivar uma história que partisse de questões vitais, que pudesse alimentar os contemporâneos em tempos de constante mal-estar. Somente assim os historiadores estariam imersos no mundo que os cercava. O seu trabalho deveria levar ao entendimento do impacto social das descobertas científicas, dizia Febvre, sublinhando a mesma defasagem que percebera Josué de Castro entre ciência e sociedade.

Quanto à ciência, como defini-la? Febvre a entendia como uma criação sujeita a intervenção constante e decisiva da ação social do cientista. A velha concepção do observador instalado em sua prancheta, diante das “coisas dadas”, preocupando-se em desenhar representações minuciosas, havia dado lugar a um tradutor, um intérprete de coisas suscitadas, constituídas, penetradas pelo espírito de um “construtor”, que Berthelot teria chamado de “seres artificiais”¹⁰. Vivia-se, portanto, um clima científico que nada tinha a ver com o que se fazia poucos anos atrás, dizia Febvre.

Assim, pensando no mundo que o cercava, Febvre concluiu que as ciências estavam vivendo um momento de liquidação dos ideais. Tinham sido quatro séculos para elaborar leis, e já não se falava mais em *leis* nas ciências; falava-se de frequências; quatro séculos para conquistar e se apoderar do *eu* e estavam todos diluídos na *massa*; quatro séculos para escrutinar, traduzir, tornar inteligível a fisionomia humana, reflexo de psicologias fortemente individualizadas que tinham sido reduzidas a linhas geométricas. No fundo, a ciência interessava aos homens somente pela sua eficiência; o seu processo intrincado de construção, sua linguagem própria, suas particularidades intelectuais, não lhes interessava.

A cada dia, as idéias, mesmo as mais fundamentais, perdiam sua essência, para se tornarem apenas instrumentos da sociedade, afirmava Febvre, lembrando Paul Valéry. Era, dizia, a redução do saber ao poder, fruto das guerras de 1914 e 1940, mas, antes de tudo, tinha a medida dos homens, do

espaço em que eles se moviam. Hoje, chamava a atenção Febvre, manifestando toda sua inquietação diante do uso social das descobertas científicas, as normas humanas estão ultrapassadas, as “barreiras do som” superadas, os tempos do super-humano, do extra-humano ou do inumano se anunciam. Não há meio de pará-lo. O autômato e o automatismo haviam deflagrado a perda da liberdade, dizia ele, perguntando se o historiador deveria se manter indiferente a esta maré de inumanidade que ameaçava submergir nossa “civilização descivilizada”.

Ele questionou então o papel do historiador, neste contexto, chamando a atenção para a importância da história das ciências. Perguntou qual deveria ser a sua reação diante das modificações no pensamento, na visão de mundo, em que antigos pressupostos enfraqueciam, ou eram criticados, ou se tornavam ultrapassados. Deveria o historiador interpor-se ao fluxo das novas noções? Deveria resistir e continuar proclamando a validade de conceitos que as demais ciências já tinham declarado ultrapassados? A que isto serviria, pois, se em torno dele se propagavam as ciências e as concepções, filhas das ciências que lhe eram contemporâneas. Uma a uma elas estavam eliminando as velhas idéias.

Os historiadores que se obstinavam, ainda em 1955, disse Febvre, a retardar Clio buscando seus temas de estudo numa espécie de baú simbólico de ‘coisas velhas’ que tomassem cuidado. Eles não estavam se dando conta de que a roda girava e eles estavam ficando fora do jogo. Não sentiam em torno deles o que os estava ultrapassando, deixavam aflorar um extraordinário movimento capenga das filosofias da história, uma inundação de visões de conjunto, nos jornais e revistas, em dez, vinte ou cem páginas, sem nenhuma base sólida, tampouco com saber especializado.

Tais visões chamava a atenção de Febvre, para ele elas tinham apenas o brilho, uma grande arte de satisfazer a curiosidade do público, de provocá-lo e de se colocar diante dele. Propagavam uma desconfiança total pelos historiadores, dizendo-os pedantes, grotescos, monopolizadores de um sinistro incômodo. Tais eram os frutos amargos de uma história indiferente às demandas sociais, abordando sem discriminação qualquer assunto que lhe chamasse a atenção numa estante de biblioteca ou numa pasta de documentos. Esta história, por suas deficiências de espírito, recusando escolher, classificar, hierarquizar as construções dos homens, justificava somente teses *passe-partout* que perguntavam apenas se deveriam discutir religião antes e economia depois, ou se deviam falar do espírito de luta de classes ou da primazia do político, metralhou Febvre. Esse tipo de história, sem críticas ou nuances, não considerava tempos, lugares ou sociedades, dizia ele. Febvre criticava, sobretudo, aqueles que não tinham formação especializada e se arvoravam a penetrar nos domínios da história, “sem vergonha”. Os historiadores, por seu lado, deveriam responder às questões que atormentavam seus contemporâneos, sob pena de perder o bonde da história. O não integrar-se ao mundo que os cercava condenava-os ao isolamento social e tornava o seu trabalho inócuo.



¹¹Merton ao considerar a autonomia das ciências relativamente ao social, corroborou a dualidade internalismo/externalismo das ciências. Cf. SHINN, T.; RAGOUET, P. *Controverses sur la science*. 2005.

Para Febvre, o engajamento de Einstein, ele também engajado social e politicamente, deu sentido à publicação da homenagem, na revista de história da qual era o editor.

Conclusão

Tanto para Josué de Castro quanto para Lucien Febvre, a morte de Einstein implicou uma intersubjetividade em que o fato histórico fez emergir a posição social e política dos autores em relação às ciências. Definindo-as como um produto da sociedade em que surgiam, cada uma das homenagens ganhou sentido pelo lugar onde foram apresentadas. Para ambos, Einstein foi, antes de tudo, um homem engajado social e politicamente.

De um lado, Josué de Castro salientou o papel político que Einstein assumiu diante do uso social da física, seja defendendo o uso pacífico da energia nuclear, seja sofrendo pela incompreensão dos avanços científicos pelas sociedades. Numa posição que se poderia classificar mertoniana, Josué de Castro interpretava ciência e sociedade dialeticamente, como se fossem extrínsecas uma à outra¹⁰.

Por outro lado, Lucien Febvre aproveitou o fato para chamar a atenção dos historiadores sobre a imbricação social dos avanços científicos, principalmente sobre os da física no século XX. O engajamento social e político de Febvre, que definia sua própria concepção de história, apontava para a interpretação social do passado a partir das relações estabelecidas entre o homem e o meio que se definiam pelo conhecimento que os homens foram adquirindo e usando socialmente em seu favor, ou mesmo contra si. Chamava a atenção dos historiadores para a necessidade de entender e questionar o poder das ciências, sob pena de relegarem seu próprio trabalho à inocuidade.

A história das ciências, em forma de homenagem, foi, tanto para Josué de Castro quanto para Lucien Febvre, motivo para marcar o seu próprio papel social e político. Para o segundo serviu ainda para chamar a atenção dos historiadores sobre o seu papel social e para a importância de se pensar as ciências enquanto um objeto de estudo. Lucien Febvre não somente introduzia um novo objeto para os historiadores, mas um novo campo epistemológico para a história.

Um e outro respaldaram a idéia de que a revolução que Einstein provocou no pensamento científico, que atingiu concepções como a de tempo e a de espaço, fez reinterpretar as relações sociais, calcadas sobre idéias de linearidade histórica temporal ou de determinismo do meio sobre o homem, levando os próceres a considerar que espaço e cultura são relativos, que a diversidade cultural é um dado que não pode ser negligenciado, que o ritmo de cada sociedade é próprio, derivado da relação que os homens empreendem com a natureza, em cada lugar e em tempos diferentes. As mudanças nessa relação, tempo e espaço, se davam por trocas empreendidas em fronteiras fluidas.

Aos historiadores, dizia Febvre, não seria mais permitido olhar o passado indiscriminadamente. O historiador deveria responder a questões que atormentavam os seus contemporâneos. Josué de Castro, por seu turno, falou da genialidade de Einstein, não apenas como cientista, mas como homem que soube trabalhar de forma aberta para a sociedade do seu tempo.

Embora sob enfoques diferentes, tanto Febvre quanto Josué de Castro tinham a dimensão social das ciências, que era também um dado daquele momento. O sujeito já não podia ser visto separadamente do seu objeto, ou melhor, ele era sujeito e objeto ao mesmo tempo. Para Febvre, uma história indiferente aos sujeitos ou objetos os quais ela trata não seria mais possível desde então.

Uma observação comum a ambos foi sobre a repercussão social da teoria de Einstein sobre a introdução do princípio do indeterminismo, pondo fim aos determinismos de toda ordem, o que permitia ver a relativização da ciência e da sociedade ou a imbricação das diversas partes que compõem a sociedade, uma das quais são as ciências.

A internacionalização das ciências foi também um dado inquestionável das duas homenagens. Considerando que ambos fizeram parte da ONU e da Unesco naqueles anos, compreende-se que um e outro somente poderiam entender o papel social das ciências na diversidade e na internacionalidade¹¹.

Einstein era um homem que temporalmente tinha a consciência da dimensão do seu papel social, e jamais recusava responder às interrogações dos homens do seu tempo. Considerando o que disse Lucien Febvre sobre o papel social do historiador de ciências, pode-se perguntar se Einstein atingiu o seu intento, fazendo com que os historiadores das ciências compreendessem a importância do seu próprio papel social de responder às demandas de sua época.

Referências

- ARCHIBALD, G. Putting the 'S' in Unesco: 1943 - 1945. In: *Annals International Congress of History of Science*, 2001, Mexico, 2001. São Paulo, 2001. CD-Rom.
- CASTRO, Josué de. *Ensaio de biologia social*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1957.
- _____. *Geografia da fome*. Rio de Janeiro: Gryphus, 1992.
- DOSSE, François. Introdução. In: *L'Empire du sens: l'humanisation des sciences humaines*. Paris: La Découverte, 1997.
- FEBVRE, Lucien. *Sur Einstein et sur l'histoire: méditation de circonstance*. Revue des Annales.
- _____. *La terre de l'évolution humaine: introduction de la géographie à l'histoire*. Paris: Albin Michel, 1949.
- PATY, Michel. *Einstein philosophe*. Paris: PUF, 1993.
- _____. *Memória da física*. Rio de Janeiro: MAST, 2005. (Mast Colloquia).
- SHINN, T.; RAGOUET, P. *Controverses sur la science*. Paris: Raison d'Agir, 2005.

¹¹ Josué de Castro foi convidado a dirigir a FAO/ONU, órgão da ONU que cuidava da alimentação e da agricultura e Lucien Febvre, enquanto representante da França na Unesco, teve papel fundamental na configuração do conceito de ciência e de seu valor social que ali passou a dominar. Cf. ARCHIBALD, G., 2001.

Música, pintura, física e as leis universais

Henrique Lins de Barros

Pesquisador Titular do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF/MCT

Talvez seja possível encontrar uma estreita relação entre o desenvolvimento das formas da música ocidental, as transformações observadas na arquitetura e na pintura nos séculos XV e XVI e, finalmente, o nascimento da física clássica. Talvez seja possível também encontrar paralelos entre estas manifestações culturais e o surgimento da física moderna no início do século XX. Talvez... e é importante entender desde o início que este será um texto baseado em muitos “talvez”. Trata-se, portanto, de um texto que pretende levantar algumas hipóteses que costuram diferentes campos da cultura ocidental em diferentes épocas. Estarei com particular interesse em dois períodos extensos. O primeiro tem sua origem ainda na Alta Idade Média e se expande até o século XVII, quando a física clássica encontra a sua formulação mais concisa nos *Principia* de Isaac Newton (1643-1727). O segundo período, bem menos extenso, tem a sua origem ainda em fins do século XIX, se estende até as primeiras décadas do século seguinte e é marcado pelo surgimento da Teoria da Relatividade de Einstein.

É comum encontrarmos estudos bastante aprofundados que dão conta da evolução das formas musicais ou da pintura, assim como estudos sobre o nascimento da física clássica ou da física moderna. Não é raro encontrarmos, na literatura especializada, estudos que apontam para a estreita relação entre a adoção da perspectiva geométrica no início do Renascimento italiano e a idéia de uma matematização da natureza que permite, em última análise, a Galileu Galilei (1564-1642) afirmar que a linguagem da natureza é a geometria. Da mesma forma, não é nenhuma surpresa procurar entender o Cubismo a partir de uma abordagem pautada na Teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Mas, por outro lado, a música e toda a sua impressionante transformação formal, raramente aparece associada e estas mudanças. Assim, este é um texto que vai procurar uma relação entre a música, a pintura e a física e, talvez, isto não devesse causar surpresa.

Na Idade Média, o currículo das artes liberais preparava indivíduos para carreiras nos negócios, nas leis e na educação. A educação nas artes liberais estava ligada à idéia de se formar um indivíduo educado, com um conhecimento amplo e livre do conhecimento prático. Este quadro foi o padrão da universidade por algumas centenas de anos. O curso com diferentes disciplinas foi influência direta de uma visão aristotélica, na qual se pretendia estabelecer um modelo de categorização e organização. No período medieval,

as artes liberais eram constituídas por sete disciplinas, divididas em três artes verbais que constituíam o *Trivium* (a lógica, a retórica e a gramática) e quatro outras disciplinas (a aritmética, a geometria, a astronomia e a música) que formavam o *Quadrivium*. Todas as disciplinas do *Quadrivium* mantinham uma estreita relação com o estudo do número e de suas propriedades. A aritmética estudava o número em si, com suas propriedades inerentes. A geometria estudava as relações do número com o espaço. A astronomia, que tinha em seu interior a cosmologia, estudava o número no Cosmos, enquanto a música se debruçava sobre o estudo do número no tempo. Se olharmos estas quatro disciplinas, podemos agrupá-las e associá-las à pintura (o estudo da geometria), à música (o estudo da música propriamente dita) e à física (com o estudo da aritmética, da geometria e da astronomia). Assim, não deve ser de se estranhar a existência de uma estreita relação entre a física, a música e a pintura.

Talvez o ponto de maior dificuldade para se compreender esta possível ligação entre as manifestações artísticas e a física seja a música. Por seu caráter mais abstrato, com uma exigência maior de um conhecimento técnico, ela costuma ser colocada de lado nas análises do panorama cultural/científico, não só daquele período, mas de todos os períodos posteriores. Por esta razão, parece-me importante entendermos alguns aspectos da música que foram tema de intensas dúvidas a partir do século X e que mobilizaram a atenção de vários artistas e matemáticos desde então, até uma solução razoável que só vai aparecer por volta do século XVIII. O ponto que quero abordar, em particular, diz respeito à construção de uma escala de 12 notas que hoje estamos acostumados a ouvir. Não devemos, entretanto, pensar na música como a arte do cantar ou do tocar, mas a música como um instrumento de reflexão sobre o som¹. Não tratarei da complexidade da música medieval, com os diferentes modos eclesiásticos (dórico, hipodórico, frígio, lídio etc.) nem do desenvolvimento da forma (*organum*, motetos etc.). Limitar-me-ei a um ponto específico: a construção de uma escala com uma afinação de intervalos iguais, que, num certo sentido, pode se confundir com a idéia de um “bom temperamento”, embora este último termo não seja claro.

Os principais elementos da música são o ritmo e a melodia. O primeiro está associado à duração e à separação entre os eventos e serve para medir a passagem do tempo. O ritmo marca o tempo, dando uma cadência que se perpetua. Não é à toa que Santo Agostinho (354-430), quando se perguntava como medir o tempo, encontra uma resposta no verso lido com cadência: *Deus omni creator*. A repetição contínua fornece uma precária medida do desenrolar do tempo: *Deus omni creator, Deus omni creator, Deus omni creator,...*

A melodia, por sua vez, tem a sua origem a partir da variação de altura do som (associada, naturalmente, à duração do som). E a altura do som está associada à escolha de uma escala. Como veremos, esta escolha não é simples nem arbitrária e muito menos única. A música ocidental tem uma forte influência grega e herdou a escala construída por Pitágoras (c.570-c.496 a.C.) ainda no século V a.C.

¹ O verbete *Musick* da primeira edição da *Encyclopaedia Britannica* (ed. fac-símile da 1ª edição de 1771). Re-impressão pela *Encyclopaedia Britannica Inc.* London, nos diz: “Música é uma das sete ciências comumente chamadas de liberais, e ela compreende também a matemática, tendo como seu objeto quantidades discretas ou números, porém não considerados em seu caráter abstrato como na aritmética, mas na relação com o tempo e o som,



Pitágoras, estudando as propriedades do som e das notas, observou que existem notas que mantêm uma relação harmoniosa, ou seja, que são agradáveis ao ouvido. A partir desta observação foi possível construir uma escala em que cada nota mantém uma relação bem definida com a outra. Para entendermos melhor esta idéia é adequado que compreendamos algumas propriedades físicas do som. Uma corda esticada, por exemplo, quando vibra emite um som numa determinada frequência (altura), ou seja, a corda vibrando produz uma onda de pressão que se propaga no ar até atingir a membrana do tímpano. Esta, ao vibrar na mesma frequência que a onda sonora, excita neurônios que, por sua vez, excitam áreas do cérebro e o que, finalmente, nos dá a sensação de um som.

É importante notarmos dois pontos: em primeiro lugar, uma corda percutida ou dedilhada, ou o som produzido por um tubo aberto ou fechado, ou ainda, o som de uma membrana esticada de um tambor nunca está relacionado com uma única frequência. O som produzido pela vibração (da corda, do ar ou da membrana) depende do material usado, da tensão e da caixa de ressonância que amplifica a vibração. Ouvimos a frequência de base, a frequência fundamental, que está associada à nota, e temos frequências múltiplas da frequência fundamental (chamadas de harmônicos) vibrando ao mesmo tempo, o que nos dá o timbre do som. Por isso uma nota executada no alaúde soa diferente da mesma nota executada na flauta. O tímpano em nosso ouvido, por sua vez, é uma membrana esticada que vibra na frequência da nota (frequência fundamental) e nos seus múltiplos (harmônicos).

Tomemos o exemplo de uma corda esticada que vibra mantendo suas extremidades fixas. Se dividirmos, com o auxílio de um anteparo, a corda exatamente no meio, o som emitido é mais alto, mas soa em perfeita harmonia com o som original. Na terminologia moderna diremos que o segundo som corresponde a uma vibração com o dobro da frequência original, ou seja, existe uma relação 2:1 entre as duas frequências. Estes dois sons definem os limites inferior e superior da escala. Se, por exemplo, afinarmos a corda originalmente na nota dó, a corda dividida ao meio emitirá um som que corresponde ao dó mais alto, ou seja, ao dó uma oitava acima.

Se dividirmos a corda original em três e fizermos vibrar $\frac{2}{3}$ da corda, obteremos uma nova nota. Esta nova nota soará harmoniosamente com a nota original e corresponde, no exemplo anterior, à nota sol. Ela, de fato, corresponde a uma possível vibração natural da corda, uma vez que a corda só poderá vibrar em modos que mantenham a condição de contorno: extremidades fixas. Uma divisão que não seja uma fração inteira do comprimento da corda não manterá a vibração.

Pitágoras construiu uma escala de notas a partir da divisão de uma corda em frações de números inteiros. Obteve, desta forma, uma seqüência de notas que é harmoniosa e adequada para o canto ou para a execução de uma melodia de uma só voz.

A música européia da Idade Média herdou dos gregos a escala pitagórica. Até por volta do século XI, a música mantinha uma tradição oral.

Não havia uma notação padronizada ou precisa que fornecesse ao executante a melodia ou o ritmo. Além disso, era uma música monofônica, com uma só voz de melodia, e esta seguia o texto, abrindo mão de uma marcação rítmica. Um exemplo é o do canto gregoriano, em que o tempo é dado exclusivamente pelo conteúdo da letra. O canto gregoriano, ou cantochão da Igreja, teria sido, segundo a tradição, ditado pelo Espírito Santo e anotado por Gregório, o Magno (540-604), que foi papa no período de 590 a 604, e anotou na forma de neumas, a liturgia da Igreja. O canto gregoriano é monofônico e não possui uma marcação de compasso: a linha melódica flui com o texto em latim. Os neumas, forma então utilizada para se registrar a música, são uma notação de sinais que indica simplesmente se a melodia deve subir ou descer. Os neumas não são uma representação de uma nota, mas de um curto trecho do texto. Eles eram inicialmente escritos sem qualquer referência de base. Posteriormente passou-se a utilizar uma ou mais linhas horizontais. Mas ainda estava longe de se ter uma notação precisa, quantificável.²

O século XI viu surgir uma das maiores revoluções da música ocidental quando Guido d'Arezzo (1135-1201), mestre de coro beneditino, conseguiu uma forma de registrar a música através de uma elaborada notação. Esta notação passou por uma série de alterações até chegar à forma atual da partitura. Trata-se de uma maneira extremamente eficiente de se registrar simultaneamente a altura (frequência) e a duração dos sons. Olhada desta forma, a notação musical é muito semelhante a um gráfico de altura do som em função do tempo e pode ser considerada como uma forma codificada de um gráfico cartesiano. (Na verdade, a notação musical parece ter tido a contribuição de outros teóricos que se dedicavam à música, mas foi Guido d'Arezzo que a sistematizou. Sua preocupação era resolver um problema de execução: "Muitas vezes não parece que estamos louvando a Deus, mas lutando uns contra os outros")³.

Na mesma época, iniciou-se o uso do órgão de igreja, um instrumento de alta complexidade técnica cuja sonoridade é capaz de tomar conta de todo o espaço da nave. O órgão, invenção grega, só reapareceu na Europa depois do século VIII, vindo do Oriente, e seu uso foi gradualmente aumentando. Inicialmente fazia o acompanhamento do canto, mantendo a melodia em uníssono⁴.

Com a polifonia, ou seja, a execução simultânea de uma ou mais melodias, um novo problema apareceu. Até então a música era vocal ou executada com um acompanhamento de um instrumento de cordas ou de sopro. Nestes casos é possível gerar sons em praticamente todas as frequências dentro de um intervalo. O órgão, como qualquer instrumento de teclado, não tem essa possibilidade (ignorando aqui as possibilidades de uso de registros para efeitos sonoros). Cada tecla corresponde a uma nota gerada pelo fluxo de ar em um tubo. No órgão, a escala é pré-estabelecida, e é impossível alterá-la.

Com a possibilidade que a escrita musical abriu, aliada à necessidade de se ter uma afinação fixa por causa do advento de instrumentos de teclado,

²CROSBY, Alfred W. *A mensuração da realidade: a qualificação e a sociedade ocidental, 1250-1460*. 1997.

³ Ibid.

⁴ Cf. GROUT, Donald; PALISCA, Claude V. *História da música ocidental*. 1997. LEVENSON, Thomas. *Measure for measure: a musical history of science*. 1994.



⁵ JEANS, James. *Science and music*. 1968.

e recebendo a influência da música profana cantada pelos trovadores ou nas ruas, a música litúrgica da Europa medieval ingressa num período de rápidas transformações. Paris será centro desta revolução. A Escola de Notre Dame, como ficou conhecido o movimento que teve início no século XII, tem como os grandes nomes que ficaram registrados até os nossos dias os de Leonin (*Magister Leoninus*) (1163-1190) e Perotin (*Perotinus Magnus*) (c.1160-c.1240). A característica principal desta corrente é o surgimento de uma música polifônica estruturada. Para que duas melodias ou mais possam ser executadas simultaneamente é fundamental se ter uma escala cuidadosamente construída para que duas notas tocadas simultaneamente soem em harmonia. E é aqui que ressurge o problema da escolha de uma escala ou, olhando de outra forma, a escolha de uma afinação adequada para a escala.

A escala ocidental possui 12 notas separadas por 11 intervalos: dó, ré, mi... (as notas brancas do piano) e dó sustenido, ré sustenido... (as notas pretas). A afinação baseada na divisão da corda em frações racionais, ou seja, na divisão de uma corda em números inteiros, gera uma escala em que os intervalos entre as notas não são iguais. Ou seja, se executarmos uma melodia que tem o seu início em dó, a mesma melodia não soará da mesma maneira se iniciada em outra nota, o ré, por exemplo. Em qualquer afinação baseada em divisões inteiras da corda isto irá acontecer por uma razão simples: para que os intervalos sejam idênticos é necessário que a corda seja dividida por raiz 12 de 2. Desta forma, gerando-se as 12 notas a partir da nota fundamental, iremos obter uma nova nota com o dobro da frequência da original. Mas raiz 12 de 2 é um número irracional, ou seja, um número que não pode ser representado por uma razão entre dois números inteiros.

Uma escala construída desta forma não manterá o mesmo equilíbrio de uma escala construída pela divisão da corda em frações inteiras. Enquanto na escala pitagórica os sons de notas diferentes estão relacionados com modos possíveis de vibração da corda (ou da membrana do tímpano), uma escala com intervalos iguais não tem o mesmo compromisso. A afinação com intervalos iguais produz uma série de notas que soam “desafinadas” para um ouvido familiarizado com a outra escala. Por outro lado, com uma escala de intervalos iguais é possível transpor uma melodia de uma nota para outra sem que ela “desafine”.

A busca de uma escala que permitisse transpor as melodias vai do século XIV até depois do século XVIII. Em 1482, um obscuro músico espanhol, Bartolo Rames, propôs uma escala de “temperamento igual” que, entretanto, não foi adotada⁵. Johann Sebastian Bach (1685-1750), por exemplo, compõe o *Primeiro livro do cravo temperado* (BWV 846-869) em 1722. O título original, *Das Wohltemprierte Klavier*, nos dá a chave do problema: o teclado bem temperado, embora não se saiba ao certo o que Bach quis dizer com “bem temperado”. Trata-se de uma obra composta por 24 prelúdios e fugas. Cada prelúdio é seguido por uma fuga na mesma tonalidade. Assim, Bach usa todas as tonalidades (maiores e menores) com uma mesma afinação de um instrumento de teclado.

A idéia de transposição de uma melodia de uma escala para outra é um ponto interessante. Com a escala construída com intervalos iguais, a regra de transposição é imediata: deve-se manter o mesmo intervalo entre as notas, aspecto que é garantido pela própria natureza da escala.

Mas há um preço: a escala com intervalos iguais (e igual a raiz 12 de 2) não tem a mesma “harmonia” que uma escala pitagórica, por exemplo. Ganha-se de um lado (é possível transpor a música, permite a polifonia etc.) e perde-se do outro (os intervalos harmoniosos relacionados com a divisão da corda, 3:2, 4:3 etc. etc. ficam severamente comprometidos). Prevalece, entretanto, a escala com intervalos iguais ou, pelo menos, a escala que busca conciliar as duas correntes. A escala atual, usada nas salas de concerto, é um compromisso entre as duas de tal forma que é possível transpor uma melodia e manter certo brilho. A afinação adotada não é exatamente a de uma escala de intervalos iguais.

O importante neste momento é entender que houve a procura de uma regra de transposição da melodia que a mantivesse inalterada. Uma regra que permitisse executar a mesma melodia em “diferentes referenciais”. Houve, em última análise, a preocupação de se ter preservada a melodia em diferentes referenciais.

Agora pensemos no que houve na pintura no século XV. Veremos que há uma semelhança com a música.

A pintura medieval é de um valor impressionante. Quando apreciamos um dos afrescos de Ambrogio Bondone Giotto (1267-1337) vemos um raro equilíbrio de tonalidades e formas. Observamos, também, o uso de uma perspectiva cavaleira que, entretanto, é usada em algumas áreas e em outras não. E observamos que, muitas vezes, ações em diferentes tempos estão retratadas na mesma obra. Mas não encontramos um ponto de apoio. A ação retratada possui vários momentos, parece estar sendo vista de vários pontos. Impossível construirmos a cena. Possível somente apreciarmos a composição.

Entre os anos de 1410 e 1420, o arquiteto, escultor, pintor, ourives italiano Filippo Brunelleschi (1377-1446) realizou uma pintura utilizando uma nova linguagem. Brunelleschi, responsável por obras notáveis como a cúpula da Catedral de Santa Maria de Fiore, em Florença, pintou, no lado externo de uma das portas da catedral, a imagem do batistério, que se localiza vizinho ao grande prédio. Esta pintura, porém, era para ser apreciada através de um sistema simples de espelhos de dentro da catedral, de tal forma que o observador via a pintura do batistério e, ao abrir a porta, poderia apreciar o batistério real. O original se perdeu, mas os relatos de época afirmam que ela reproduzia perfeitamente o prédio original, produzindo uma ilusão espantosa. Brunelleschi recorreu às regras da geometria para realizar sua obra. Ele foi o primeiro arquiteto a recorrer à perspectiva matemática para redefinir o espaço gótico e românico⁶. Logo a seguir, em 1435, Leonbaptista Alberti (1404-1472), outro arquiteto, escultor, pintor e artista renascentista de raro talento e de grande influência em Florença, publicou o seu tratado em latim sobre a pintura, logo traduzido para o italiano sob o título *Della Pittura*. Nesta obra

⁶ Cf. GOWING, Lawrence (Ed.). *A history of art*. New York: Barnes and Nobles Book, 1995. HARTT. *History of Italian Renaissance Art: painting, sculpture, architecture*. 1994. VASARI, Giorgio. *The great masters*. 1986.



⁷ Cf. GOWING, Lawrence (Ed.). *A history of art*. 1995.

⁸ Cf. CIANCHI, Marco. *Leonardo da Vinci's Machines*. [s.d.]; GALLUZZI, Paolo. *Gli ingegneri del rinascimento da Brunelleschi a Leonardo da Vinci*. 1996.

⁹ Cf. VASARI, Giorgio. *The great masters*. 1986.

¹⁰ Cf. GOWING, op. cit.; CROSBY, Alfred W. *A mensuração da realidade: a qualificação e a sociedade ocidental, 1250-1460*. 1997.

¹¹ Cf. GALILEI, Galileu. *Dialogues et lettres choisies*. 1966. KOYRE, Alexandre. *Du monde clos a l'univers infini*. 1973.

¹² Cf. NEWTON, Issac. *Mathematical principles of natural philosophy*. London: Encyclopaedia Britannica, 1952.

Alberti dava os fundamentos matemáticos para se realizar pinturas com uma rigorosa representação em perspectiva. A partir de então, a pintura mudou. O uso da perspectiva dominou⁷.

A perspectiva geométrica baseia-se num fato de fácil observação: objetos mais afastados parecem menores. Para construir uma representação utilizando a perspectiva define-se um ponto de observação e um ponto de fuga. A perspectiva ordena o espaço tornando possível reconstruí-lo a partir de uma representação bidimensional. De fato, podemos imaginar o que um dos apóstolos da *Última ceia* de Leonardo da Vinci (1452-1519) estaria vendo. Um exemplo ilustrativo é o mapa do rio Arno realizado por Leonardo da Vinci. Um mapa de impressionante precisão que só é possível realizar se tivermos em mente as regras de uma perspectiva geométrica⁸. Os pintores do Renascimento irão utilizar a perspectiva geométrica de forma soberba. Para realçar o efeito é comum o uso de pavimentos com motivos geométricos de tal forma que o ponto de fuga aparece com nitidez. Basta olharmos os afrescos de Rafael (1483-1520), de Leonardo e de muitos outros⁹. Albrecht Dürer (1471-1528) utilizou artefatos baseados na geometria para obter representações em perspectiva. Dürer usou, por exemplo, uma tela reticulada em que ele marcava os pontos do objeto mantendo fixa a sua posição da cabeça¹⁰. Com isso ele conseguia uma representação no plano da tela reticulada que poderia ser expressa pelas coordenadas x-y de um gráfico cartesiano.

A perspectiva nos dá uma lei de transposição que permite mudar de referencial. Podemos abandonar o referencial do artista e imaginar o espaço cênico em outro referencial, como ocorre com a música executada num referencial que pode ser transposta para outra nota de base.

Em fins do século XVII, Newton publicou sua obra mais conhecida e que mudou de forma radical a compreensão do Universo: *Os princípios matemáticos da filosofia natural*. Nela, após definir os conceitos fundamentais de tempo e espaço (que ele assume como um conhecimento *a priori*), ele enuncia suas três leis que servirão para elaborar de forma sistemática a mecânica clássica. A primeira de suas leis é um enunciado conciso do Princípio de Relatividade de Galileu¹¹: “*Every body continues in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed upon it*”¹².

De fato, Galileu, ao estudar o movimento de um corpo num plano inclinado, mostra que há uma equivalência entre o movimento retilíneo uniforme e o estado de repouso. Por razões pouco claras, entretanto, Galileu conclui que a equivalência se dá entre o movimento circular uniforme e o repouso, talvez para evitar problemas com a Igreja.

Uma análise da Primeira Lei de Newton mostra a força que ela tem. Ao admitir a possibilidade de existência de um movimento retilíneo, ou seja, um movimento que se perpetua, a idéia de um Cosmos limitado, herança de Aristóteles, assimilada pela Europa Medieval através da cosmologia de São Tomás de Aquino (1227-1274), simplesmente se desmonta. Num Cosmos aristotélico não existe espaço para uma linha reta. Além disso, ao garantir

que há uma equivalência entre os dois estados de movimento, repouso e movimento retilíneo uniforme, os movimentos aristotélicos não têm razão de ser. Aristóteles distinguiu dois tipos de movimento: o movimento natural, quando um corpo se move até atingir o seu lugar natural, local onde ele encontra a sua integridade, e um movimento violento, que retira o corpo de seu lugar natural. Para manter a hierarquia do Cosmos, os movimentos violentos não podem se perpetuar. Caso a violência não tenha um fim, a hierarquia do Cosmos estaria comprometida. Somente no mundo supralunar o movimento circular uniforme das esferas celestes pode se perpetuar. Além disso, todo o movimento violento é causado por uma força que retira o corpo de seu lugar natural. Para manter a ordem do mundo não é possível pensar-se num estado permanente de ações violentas. Estas não podem durar para sempre. Somente o movimento perfeito das esferas celestes pode se perpetuar, constituindo, deste modo, a terceira forma de movimento dos corpos inanimados. A concepção aristotélica manteve-se durante toda a Idade Média: um Cosmos regido por uma hierarquia bem definida. Abaixo da Lua, no mundo sublunar, encontra-se a Terra, imóvel e centro do Cosmos. A partir da Lua, onde se localiza o mundo supralunar, corpos perfeitos (os planetas e as estrelas) estão fixos em esferas de cristal que giram contínua e homogeneamente em torno da Terra. Uma para cada planeta conhecido (e aí se incluía a Lua) e outra para o Sol. Fechando o Cosmos, uma última esfera onde estariam localizadas as estrelas¹³.

A Primeira Lei simplesmente desmonta estas premissas. Um corpo em movimento retilíneo uniforme mantém-se em seu estado de movimento, uma vez que o seu movimento é idêntico ao estado de repouso em que se encontra o observador. A Primeira Lei fornece o resultado de um experimento idealizado e que percorreu alguns séculos gerando debates: a queda livre que foi sintetizada num desafio simples. Onde cai um corpo largado de cima do mastro de um navio em movimento? Segundo a física aristotélica, o corpo deveria cair atrás do mastro, na água, uma vez que nenhuma violência estaria agindo sobre ele e ele iria o mais rápido possível para o seu lugar que mantém a ordem do Cosmos. Para os defensores da *física do ímpetus*, por exemplo, ele deveria cair na base do mastro, mas não havia uma clara explicação para isso. A Primeira Lei afirma que o corpo cairá na base do mastro, uma vez que a única força que atua sobre ele é o peso, e este altera o movimento vertical e não o horizontal. Um observador fora do navio verá uma trajetória curvilínea, uma parábola. Um observador dentro do navio, andando com a embarcação, verá uma trajetória retilínea, uma linha reta vertical. O importante é que a Primeira Lei fornece uma maneira de transpor uma observação feita por um observador em repouso em relação à terra para uma observação feita por um observador no navio, que se encontra em movimento em relação à terra¹⁴.

A Primeira Lei vai além. Ao garantir uma lei de transposição ela permite generalizar os resultados. É possível, estudando o movimento dos corpos no referencial do laboratório, concluir sobre observações feitas em outros referenciais. Ou seja, é possível se formular leis de abrangência universal,

¹³ Cf. KOYRE, Alexandre. *Du monde clos à l'univers infini*. 1973. JOHN, Henry. *The scientific revolution and the origins of modern science*. 1997.

¹⁴ Cf. Op. cit.



¹⁵Eu não definirei tempo, espaço, lugar e movimento por serem conhecidos de todos (tradução do autor). Cf. NEWTON, Issac. *Mathematical principles of natural philosophy*. London: Encyclopaedia Britannica, 1952.

¹⁶Cf. HELMHOLTZ, 1954

¹⁷ Cf. JEANS, James. *Science and music*. 1968.

pois sabemos como transpor os resultados de um referencial para outro que se encontra em determinado estado de movimento (retilíneo uniforme).

Este passo foi fundamental para o nascimento de uma nova física, uma vez que nos diz que as leis têm validade em todo o espaço do universo, e não há distinção entre o mundo sublunar e o mundo supralunar. E se não há a distinção entre os dois mundos, a física assume um papel universal e é possível para Newton, por exemplo, enunciar a Lei de Gravitação Universal.

É interessante observar que no curto período de cerca de dois séculos, de meados de 1400 a fins de 1600, a música, a pintura e a física buscaram formas que permitissem transpor suas representações de um referencial para outro. Na música, a busca de uma escala de intervalos iguais permitiu que uma melodia executada a partir de uma nota de base fosse transposta, sem alterar as relações entre as frequências das notas, para uma outra nota de base qualquer. Na pintura, a perspectiva geométrica permite que o observador recrie o espaço pictórico em qualquer outro ponto de observação. Com a perspectiva geométrica, a representação ganha uma “universalidade”. E na física, graças aos trabalhos de Galileu e Newton, entre outros, as leis que regem o universo são as mesmas e podem ser escritas em qualquer referencial. Neste período, a Terra perde a sua posição privilegiada de centro do Cosmos, e o homem acredita-se no centro do conhecimento.

A física de Newton reina por mais de dois séculos, não sem deixar de lado alguns problemas que ficam em suspenso. Newton não aborda nem a questão do tempo nem a do espaço, supondo que estes dois conceitos básicos para a elaboração de sua física são por demais conhecidos e não precisam ser definidos. Ele afirma: “*I do not define time, space, place, and motion, as being well known to all*”¹⁵

A Lei de Gravitação Universal de Newton, por exemplo, possui dois pontos nevrálgicos. Ela nos diz quais forças atuam quando dois corpos com massa estão presentes. Mas a interação entre eles seria instantânea, o que viola um princípio sagrado: o princípio da causalidade que nos diz que a causa precede o efeito. E ela não dá explicação satisfatória para fenômenos aparentemente simples, como é o caso da escuridão da noite.

A escala de intervalos iguais nunca foi bem aceita pelos músicos, pois introduziu dissonâncias ao perder as relações de frações inteiras dos intervalos desiguais. Em particular, os intervalos harmoniosos de quarta e quinta ficavam comprometidos. O físico e também músico alemão Hermann von Helmholtz (1821-1894), que deu importantes contribuições para a termodinâmica e a teoria eletromagnética, em seu tratado sobre a música, publicado em 1863, condenava a afinação com intervalos iguais por achar que ela possuía dissonâncias desagradáveis. Helmholtz estudou o som e deu uma explicação sobre o timbre dos vários instrumentos baseada na importância dos harmônicos¹⁶. Já Sir James Jeans, importante cientista britânico, também músico e um teórico da música, em seu trabalho publicado em 1937 considerava a escala de intervalos iguais como uma escala apropriada para a música¹⁷. A solução adotada foi a de buscar um compromisso entre ela e uma

escala que preservasse as harmonias até onde possível. O fato é que, para nossos ouvidos, a escala medieval parece desafinada, como pareceria desafinada a escala adotada hoje para um ouvido acostumado com a escala antiga. A afinação é uma questão de costume cultural¹⁸.

A perspectiva geométrica foi adotada desde o Renascimento até praticamente fins do século XIX como uma forma de estilo aceito.

Um ponto que preocupava os físicos desde a Antiguidade era a luz, um fenômeno comum, mas que desafiava qualquer explicação. Seria a luz um tipo de partícula, como advogou Newton, ou uma forma de transportar energia, como defendia Christiaan Huygens (1629-1695)? Qual a velocidade da luz? Vários cientistas procuraram responder estas perguntas, e a única explicação que se podia encontrar baseava-se na existência de uma substância em tudo exótica que ocuparia todo o espaço interestelar. O *éter*, como foi designada, teria que ter propriedades exóticas que permitissem a enorme velocidade de propagação da luz, uma indescritível transparência e uma impensável incapacidade de fornecer qualquer atrito a um corpo celeste que se deslocasse em seu interior.

Em 1864, James Clerk Maxwell (1831-1879) apresentou uma teoria de rara elegância e que dava conta dos fenômenos elétricos, ópticos e magnéticos. O eletromagnetismo de Maxwell, resumido em apenas quatro equações de aparente simplicidade, previa a propagação de ondas eletromagnéticas a uma velocidade espantosa: 300.000 km/s

Um experimento realizado por Albert Michelson (1852-1931) e Edward Morley (1838-1923), por sua vez, mostrou que não existia nenhuma substância com as características do *éter*. A luz se propaga no vácuo.

Neste quadro, um novo problema surgiu. O eletromagnetismo de Maxwell não pode ser transposto de um referencial para outro com a mesma regra de transposição das equações de Newton. Uma das implicações das equações de Maxwell é que elas mostram que o campo elétrico pode gerar um campo magnético se o observador estiver em movimento em relação à fonte elétrica. Um observador que se encontra em repouso em relação a uma carga elétrica só percebe o campo elétrico. Um outro observador, em movimento retilíneo uniforme em relação ao primeiro, irá observar a presença de um campo elétrico e de um campo magnético. Este fato tem uma ligação com outro fato importante. Conhecemos cargas elétricas: os prótons, no núcleo atômico, são carregados positivamente, enquanto os elétrons, que formam uma nuvem em torno do núcleo, possuem carga negativa. Mas não existem cargas magnéticas. Não existe uma partícula que possua carga magnética positiva ou negativa. Podemos ter dipolos magnéticos, e estes são comuns. Mas um dipolo magnético possui sempre um pólo positivo (um norte magnético) e um pólo negativo (um sul magnético). Mesmo que dividamos o dipolo iremos encontrar dois novos dipolos.

A teoria eletromagnética de Maxwell tem uma força teórica adicional. Ela consegue unir todos os fenômenos magnéticos, elétricos e ópticos num único corpo teórico. Esta idéia leva ao pensamento de que será possível



construir uma teoria capaz de explicar todos os fenômenos: uma teoria unificada, idéia perseguida por vários físicos a partir de então. Nada mais elegante do que se ter uma única formulação capaz de descrever todos os diferentes fenômenos da natureza.

Em 1905, o físico Albert Einstein (1879-1955), na época um desconhecido nos meios acadêmicos, publicou uma série de trabalhos revolucionários que alteraram a física do século XX. Num destes trabalhos Einstein formula uma nova mecânica. Para manter a universalidade das leis físicas, Einstein teve a coragem de rever a física de Newton e propor uma formulação revolucionária em que o tempo aparecia como uma das coordenadas da natureza, ou seja, o tempo depende do referencial em que se faz a observação. A Teoria da Relatividade Restrita, proposta por Einstein em 1905, mostrou que para preservar a Teoria Eletromagnética de Maxwell com respeito à mudança de um referencial para outro, era necessário tratar o tempo não como uma entidade absoluta, mas como mais uma coordenada. O espaço, ou seja, as três dimensões espaciais, são vistas diferentemente por observadores em diferentes referenciais. Einstein mostrou que o tempo também estava sujeito a esta relatividade. Devemos, portanto, pensar no espaço-tempo, uma entidade de quatro dimensões e que não podemos visualizar como fazemos com o espaço tridimensional. A Teoria da Relatividade Restrita tem implicações pouco intuitivas.

Dois eventos que aparecem simultâneos para um observador não são simultâneos para um outro observador que se desloca em movimento retilíneo uniforme em relação ao primeiro. Um dos exemplos mais difundidos é o chamado paradoxo dos gêmeos, uma decorrência direta da teoria de Einstein. Se dois gêmeos se separam, um deles partindo numa viagem a alta velocidade, o tempo medido pelo seu irmão que ficou em terra é diferente do tempo que ele mede. Quando retornar, o que ficou em terra estará mais velho do que aquele que executou a viagem. O tempo varia de um referencial para outro (o paradoxo dos gêmeos exige um tratamento mais elaborado para ser entendido). Mas não é só o tempo. A massa também depende do referencial de observação. Um elétron num acelerador de partículas, a uma velocidade que é uma fração considerável da velocidade da luz, possui uma massa, para um observador em terra, muitas vezes superior à massa de um elétron medida no laboratório.

Outra implicação da Teoria da Relatividade é o fato de a velocidade da luz ser uma constante universal, ou seja, qualquer observador que realizar a medida da velocidade da luz encontrará o mesmo valor igual a 300.000 km/s (no vácuo). Este é um resultado perturbador. A luz não se propaga como uma onda sonora, por exemplo, em que um observador em movimento em relação ao meio em que o som está se propagando mede uma velocidade diferente daquele que se encontra em repouso. A luz, uma onda eletromagnética prevista nas equações de Maxwell, se propaga no vácuo, na ausência de qualquer meio material, e não tem sentido associá-la a um meio, embora, evidentemente, ela também se propague em meios materiais. Com

isso, a questão do *éter* fica resolvida. Michelson e Morley tiveram um resultado negativo ao tentar medir a velocidade da luz porque esta não está se propagando num meio material que existe no espaço interplanetário. Mas Einstein vai além, ao afirmar que não só a luz se propaga com a mesma velocidade em qualquer referencial de observação, como a sua velocidade é um limite superior para a propagação de qualquer informação. Ou seja, toda a informação que chega a um observador está defasada do momento em que ela foi gerada. A luz refletida pela Lua chega a nós pouco mais de um segundo após ter se refletido na superfície do satélite. A luz do Sol que incide na Terra chegou a nós cerca de oito minutos após ter sido produzida na superfície solar. Tudo o que vemos é passado.

Não se trata, porém, de se pensar que existe um estado de repouso absoluto. As leis de transformação de Einstein permitem fazer a conexão entre dois referenciais que se deslocam a uma velocidade constante. O estado de repouso é equivalente ao estado de movimento retilíneo uniforme, como está enunciado na Primeira Lei de Newton. A idéia de que é possível se formular leis de validade universal continua sendo importante para a física moderna.

O tempo, esta entidade que pouco conhecemos, continuava trazendo em seu interior um lado desconhecido e perturbador. De fato, toda a mecânica, todo o eletromagnetismo, e até a Relatividade, são indiferentes com respeito à direção do tempo. Se, nas equações que descrevem estes fenômenos, invertemos o sinal do tempo, ou seja, fazemos o tempo retroceder, as equações não mudam. Somente na termodinâmica surge uma grandeza que pode medir o fluxo do tempo: a entropia. O tempo continua tão perturbador quanto no século IV, quando Santo Agostinho, numa de suas confissões, tem a sinceridade de admitir: “Nenhuns tempos Vos são co-eternos, porque Vós permanecéis imutáveis, e se os tempos assim permanecessem, já não seriam tempos. Que é, pois, o tempo?... Se ninguém mo perguntar, eu sei; se o quiser explicar a quem me fizer a pergunta, já não sei”¹⁹.

O tempo, para o mesmo Santo Agostinho, poderia ser medido a partir do canto cantado com cadência. Na música, o tempo aparece como um metrônomo interno que o executante não pode perder sem o risco de comprometer o discurso musical. Variações de andamento são comuns, variações de acentuação também, desde que realizadas com arte.

Em 1913, Igor Stravinsky (1882-1971) apresenta uma obra revolucionária: *A sagração da primavera*. Nela, Stravinsky introduz seções em que mais de um ritmo estão presentes, quebrando a idéia de um compasso que mantém coesas todas as vozes da melodia. Pode parecer que mais de um ritmo acabe sendo ritmo nenhum. Não é o caso, entretanto. Podemos sentir claramente os vários ritmos ao mesmo tempo, para desespero, acredito, dos executantes²⁰.

A idéia de um tempo único na música fica comprometida. Stravinsky trabalha com a idéia de que cada voz pode ter o seu próprio tempo, idéia realizada ao utilizar compassos diferentes tocados simultaneamente, ou a

¹⁹ Cf. SANTO AGOSTINHO. *Confissões*. 1980.

²⁰ Cf. LEVENSON, Thomas. *Measure for measure: a musical history of science*. 1994. SADIE, Stanley; LATHAM, Alison. *Music guide: an introduction*. 1987. GROUT, Donald; PALISCA, Claude V. *História da música ocidental*. 1997.



²¹ Cf. RUSSOLI, Franco. *L'opera completa di Picasso cubista*. 1972.

alteração seguida de compassos de tal forma que o ouvinte não consegue manter a mesma percepção do tempo.

E na pintura uma nova expressão surge mais ou menos no mesmo momento que a idéia de um tempo relativo surge na física. Pablo Picasso (1881-1973), em 1907, apresenta *Les Femmes d'Alger (O Jovem Ouvinte)*. Em *Les Femmes d'Alger (O Jovem Ouvinte)*, Picasso destrói a noção de uma perspectiva que tem um ponto de fuga definido. As mulheres representadas no quadro não respeitam as regras da perspectiva geométrica. A figura na parte inferior do canto direito parece estar numa posição impossível: o torso de costas para o observador e a face de frente²¹. Esta mesma representação aparece em obras posteriores de Picasso. Nos retratos de Dora Maar, de 1937, o rosto é representado em dois momentos distintos, enquanto o corpo está parado. Podemos imaginar que Dora Maar tenha se virado enquanto Picasso registrava a cena, como se ela tivesse sido surpreendida com a presença do artista. E ao olhar para o pintor, olha para o espectador e, desta forma, surpreende o espectador. A pintura nos mostra dois tempos, dois eventos não simultâneos que são retratados num mesmo tempo. No referencial do pintor os dois eventos não simultâneos aparecem congelados no mesmo instante. Num momento, a figura está numa posição em relação ao artista. Num outro momento a modelo deslocou-se, e o artista retrata estes dois tempos.

A utilização de vários tempos numa mesma cena é comum na pintura medieval e, em pleno Renascimento, vamos encontrá-la no teto da Capela Sistina, quando Michelangelo Buonarroti (1475-1564) representa, num mesmo afresco, Adão e Eva no Paraíso e a expulsão pelo Criador. Mas aqui surge mais um talvez: Talvez esta representação esteja relacionada com a percepção em dois tempos diferentes.

Talvez haja uma relação entre estes movimentos artísticos e a física que se inicia com os trabalhos de Einstein. Talvez a relação entre arte e ciência seja mais estreita se considerarmos as contribuições que vêm da literatura, sem esquecer que em fins do século XIX o cinema consegue registrar o tempo a partir de uma seqüência de fotografias. Uma revolução que mudou nossa percepção do movimento.

Referências

- CIANCHI, Marco. *Leonardo da Vinci's Machines*. Milano: Becocci Editore, [s.d.].
- CROSBY, Alfred W. *A mensuração da realidade: a qualificação e a sociedade ocidental, 1250-1460*. São Paulo: Unesp, 1997.
- GALILEI, Galileu. *Dialogues et lettres choisies*. Paris: Hermann, 1966.
- GALLUZZI, Paolo. *Gli ingegneri del rinascimento da Brunelleschi a Leonardo da Vinci*. Firenze: Giunti, 1996.
- GOWING, Lawrence (Ed.). *A history of art*. New York: Barnes and Nobles Book, 1995.

- GROUT, Donald; PALISCA, Claude V. *História da música ocidental*. Lisboa: Gradiva, 1997.
- HARNONCOURT, Nikolaus. *O discurso dos sons: caminhos para uma nova compreensão musical*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1988.
- JEANS, James. *Science and music*. New York: Dover, 1968.
- JOHN, Henry. *The scientific revolution and the origins of modern science*. London: MacMillan, 1997.
- HARTT, Frederick. *History of Italian Renaissance Art: painting, sculpture, architecture*. Harry N. Abrams, Inc., Publishers. 4th Edition. 1994.
- HELMHOLTZ, Herman von. *On the sensation of tone as a physiological basis for the theory of music (1863)*. (Trans. A. J. Ellis). New York: Ed. Dover., 1954.
- KOYRE, Alexandre. *Du monde clos a l'univers infini*. Paris: Gallimard, 1973.
- LEVENSON, Thomas. *Measure for measure: a musical history of science*. New York: Simon and Schuster, 1994.
- NEWTON, Issac. *Mathematical principles of natural philosophy*. London: Encyclopaedia Britannica, 1952.
- RUSSOLI, Franco. *L'opera completa di Picasso cubista*. Milano: Rizzoli, 1972.
- SADIE, Stanley; LATHAM, Alison. *Music guide: an introduction*. New York: Prentice-Hall, 1987.
- SANTO AGOSTINHO. *Confissões*. Rio de Janeiro: Abril, 1980. (Os Pensadores)
- VASARI, Giorgio. *The great masters*. New York: Beaux Arts, 1986.

Cosmologia: de Einstein à energia escura

Jailson Alcaniz

Departamento de Astronomia, Observatório Nacional. ON/MCT

“...the biggest blunder of my life.”

A. Einstein

“A man of genius makes no mistakes. His errors
are volitional and are the portals of discovery”

J. Joyce

Poderia um funcionário de um escritório de patentes revolucionar o mundo e a ciência com idéias completamente novas e brilhantes acerca da natureza do espaço e do tempo? Poderia ele ainda explicar fenômenos do mundo dos átomos e moléculas que até então eram inexplicáveis à luz da física e da química de sua época? A história da ciência do século XX não somente nos responde positivamente às perguntas acima como também nos mostra que o funcionário em questão estava correto na grande maioria de suas conjecturas e teorias acerca do mundo em que vivemos. Neste artigo, discutiremos alguns dos principais avanços astrofísicos antecipados pelas teorias de Einstein. Em particular, a cosmologia moderna, com seus resultados cada vez mais precisos e surpreendentes, parece ser a arena natural onde as previsões de Einstein encontram seus principais desafios. Um entendimento completo do Universo, desde seus estágios iniciais até seu destino final, pode nos revelar se Einstein estava ou não (completamente) correto.

Albert Einstein lançou os fundamentos da Teoria Quântica a partir da explicação de como a luz consegue ejetar elétrons de superfícies metálicas¹, descreveu o movimento desordenado de partículas suspensas em um líquido², o que posteriormente mostrou-se fundamental para estabelecer definitivamente a realidade da natureza molecular da matéria e a existência física dos átomos, modificou o conceito de espaço e tempo com o desenvolvimento da teoria da relatividade especial³ e postulou a equivalência entre massa e energia através da conhecida equação $E = mc^2$.⁴ Tudo isso, ele submeteu para publicação entre março e setembro de 1905. Passado um século desde o chamado *annus mirabilis* de Einstein, é notório que suas teorias não somente revolucionaram completamente nossa visão acerca do universo em que vivemos, mas também estabeleceram novos conceitos, paradigmas e questões que, por sua vez, têm nos levado a desenvolvimentos constantes e cada vez mais profundos no campo da física e da astronomia.

As implicações das teorias de Einstein na astrofísica e cosmologia modernas também são inúmeras e se estendem desde processos físico-químicos nos interiores estelares, passando pela física de objetos compactos, buracos negros, até uma descrição detalhada da expansão do Universo. Como um exemplo, note que se a equivalência entre massa e energia pode ser expressa como $E = mc^2$, então é possível que as estrelas brilhem a partir da conversão

¹ Cf. EINSTEIN, Albert. Über einen ... *Ann. der Phys.*, n. 17, p. 132, 1905a.

² Cf. EINSTEIN, Albert. Über die *Ann. der Phys.*, n. 17: p. 549, 1905b.

³ Cf. EINSTEIN, Albert. Ist die... *Ann. der Phys.*, n. 18: 639, 1905c.

⁴ Cf. EINSTEIN, Albert. Zur elektrodynamik der bewegter Körper. *Ann. der Phys.*, 17, p. 891, 1905d.

de sua própria massa em energia de acordo com a conhecida fórmula acima. Tal idéia, proposta originalmente por A. S. Eddington⁵ em 1920, foi posteriormente desenvolvida, levando os astrofísicos estelares a um conhecimento detalhado sobre a conversão estelar de massa em energia através da queima nuclear. Outros exemplos de aplicações astrofísicas das teorias propostas por Einstein em 1905 (e de seus desenvolvimentos subsequentes) incluem a emissão espectral de átomos e moléculas de acordo com a teoria quântica da radiação, a excitação do gás interestelar por fóton-elétrons emitidos por grãos de poeira cósmica, a explicação de *masers* astrofísicos a partir do conceito de emissão espontânea e estimulada, dentre muitas outras. Embora a astrofísica estelar e relativística sejam arenas naturais onde as teorias de Einstein podem ser aplicadas e testadas, é na cosmologia que tais teorias encontram seus principais desafios: o conhecimento completo do Universo, desde seus estágios iniciais até o seu destino final, requer desenvolvimentos que, inevitavelmente, apontam para uma nova física que vai além de Einstein, física esta que deve necessariamente incluir uma teoria unificada do campo gravitacional e da física quântica.

⁵Cf. EDDINGTON, A. S. The internal constitution of the stars. *Nature*, n. 106, p. 14, 1920.

Einstein e a Relatividade

No princípio, havia somente Newton e suas leis do movimento. Espaço e tempo eram pensados como entidades distintas, absolutas e independentes, onde os corpos materiais movimentavam-se, sempre de acordo com essas leis. A gravidade, por sua vez, era uma força universal, também *regida* pelas idéias e conceitos de Newton, cujo caráter repulsivo seguia uma lei do inverso do quadrado da distância entre os corpos. Para desenvolver todo esse arcabouço teórico, Newton precisou de conceitos matemáticos extremamente sofisticados para sua época, o que culminou com o desenvolvimento, por ele próprio e pelo matemático alemão Gottfried Wilhelm Leibniz, do chamado cálculo diferencial e integral.

A mecânica determinística de Newton perdurou como a descrição absoluta e completa do mundo por cerca de 300 anos. Esse complexo arcabouço teórico, com grandes ramificações e influências no pensamento filosófico e em praticamente todos os setores da física, começou a ser profundamente abalado a partir do trabalho enviado por Einstein à revista *Annalen der Physik* em junho de 1905. Neste trabalho, intitulado “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”, Einstein postulou, baseado na teoria eletromagnética desenvolvida por Faraday, Maxwell, Heaviside e Lorentz, a constância da velocidade da luz no vácuo e, com isso, relativizou as medidas de comprimento e tempo de corpos rígidos e de relógios em movimento feitas por observadores com velocidades comparáveis à velocidade da luz (c). Tais resultados estavam em direta contradição com as bases da física newtoniana que estabeleciam tempo e espaço como entes absolutos e cuja velocidade máxima de propagação de sinais era infinita.



⁶Cf. PAIS, *Subtle is the Lord...* 1982.

⁷ Cf. EINSTEIN, Albert. Die grundlage der allgemeinen relativitätstheorie. *Ann. der Phys.*, n. 49, p. 769, 1916.

Einstein prontamente percebeu que este novo princípio de relatividade aplicar-se-ia a todo e qualquer fenômeno da natureza, sejam eles de origem mecânica, eletromagnética ou qualquer outra. Além disso, ele percebeu que a única maneira de conciliar essas idéias aparentemente incompatíveis seria a partir de uma mudança profunda no conceito de tempo. Esta nova teoria, chamada teoria da relatividade especial e considerada uma das maiores realizações intelectuais do pensamento humano, é, portanto, baseada numa análise completamente nova acerca da natureza do tempo e espaço. Diferentemente da teoria clássica de Newton, as medidas de espaço e tempo dependem agora diretamente do estado de movimento dos observadores realizando tais medidas. As idéias, conceitos e conseqüências da relatividade especial fogem de certa maneira do nosso senso comum, e a razão para isso deve-se ao fato de que, ao nosso redor, percebemos e estamos acostumados a lidar com fenômenos cujas velocidades são desprezíveis em relação à velocidade da luz c , onde a mecânica newtoniana é perfeitamente válida. Tal fato, contudo, não deve ser tomado como um aspecto desanimador (para os iniciantes na teoria da relatividade especial), uma vez que esses conceitos foram perturbadores mesmo para o próprio Einstein: *When the Special Theory of Relativity began to germinate in me, I was visited by all sorts of nervous conflicts... I used to go away for weeks in a state of confusion.*

Os novos conceitos estabelecidos pela relatividade especial são, de maneira geral, aplicáveis apenas a sistemas inerciais, ou seja, aqueles que se movem, em relação uns aos outros, com velocidade constante. A generalização desses conceitos para sistemas dotados de uma aceleração começou a germinar em Einstein logo em seguida, em 1907, quando lhe surgiu o que ele próprio denominou de “o pensamento mais feliz da minha vida”⁶. Einstein percebeu que, ao cair em queda livre, um observador não experimenta a ação da gravidade na sua vizinhança local. Em outras palavras, isto significa que, dentro de uma região suficientemente pequena do espaço-tempo, é impossível distinguir entre um campo gravitacional local e uma aceleração uniforme equivalente (Princípio da Equivalência). Nas palavras do próprio Einstein:

...we shall therefore assume the complete physical equivalence of a gravitational field and the corresponding acceleration of the reference frame. This assumption extends the principle of relativity to the case of uniformly accelerated motion of the reference frame.

O desenvolvimento das idéias acima, aliado a um grande esforço para dominar uma nova ferramenta matemática, o chamado Cálculo Tensorial, levou Einstein a propor uma nova teoria de gravitação, a Teoria da Relatividade Geral. Nesta nova teoria, as idéias newtonianas de ação à distância entre corpos saíram de cena, dando lugar a novos conceitos como o de um contínuo espaço-tempo encurvado pela presença dos corpos materiais⁷. Em outras palavras, o que a Relatividade Geral estabelece é um

compromisso direto entre matéria (energia) e curvatura do espaço-tempo, isto é, enquanto a matéria encurva o espaço, este diz como a matéria deve mover-se.

A construção da Relatividade Geral por Einstein⁸ revelou uma teoria de gravitação mais precisa e dotada de uma fenomenologia consideravelmente mais rica do que a teoria newtoniana. Dentre as muitas previsões bem-sucedidas como, por exemplo, o *redshift* gravitacional, a deflexão da luz de estrelas no campo do Sol, o desvio do periélio de Mercúrio e a própria cosmologia moderna (que discutiremos mais pormenorizadamente na próxima seção), a Relatividade Geral, semelhantemente à Teoria eletromagnética de Maxwell — que explica como partículas carregadas aceleradas produzem radiação eletromagnética — também prevê a existência de ondas gravitacionais a partir de corpos materiais acelerados. Embora essa radiação gravitacional não tenha sido ainda observada diretamente, os resultados observacionais referentes ao pulsar⁹ PSR1913+16 — que orbita em torno de uma estrela de 1.4 massa solar com um período de 7.75 horas — parecem estar em perfeita concordância com as previsões teóricas da Relatividade Geral. De acordo com esta teoria, estes dois corpos maciços em movimento rápido deveriam produzir ondas gravitacionais o que, por sua vez, acarretaria uma perda de energia ao sistema binário. Observações recentes do pulsar PSR1913+16 indicam um aumento no período de sua órbita de aproximadamente 76 milionésimos de segundo por ano, o que é perfeitamente consistente com a perda de energia esperada devido à radiação gravitacional. Este, juntamente com outros resultados e desenvolvimentos relativos à física de ondas gravitacionais, motivou um número considerável de pesquisadores à busca e detecção desta radiação. Atualmente, diversos projetos observacionais em praticamente todos os continentes estão em pleno funcionamento, todos eles buscando uma comprovação de uma das últimas previsões ainda não completamente confirmadas da Relatividade Geral.

Einstein e a Cosmologia

Embora sendo a mais fraca dentre todas as quatro interações fundamentais da natureza, em grande escala é a gravitação a força dominante no Universo. Dessa maneira, todo e qualquer modelo cosmológico tem como base uma teoria do campo gravitacional. A Relatividade Geral, por sua vez, constituiu o coração do chamado modelo do *big bang* ou modelo padrão da Cosmologia.

A história da Cosmologia moderna começou em 1917, com o próprio Einstein, quando este aplicou sua teoria gravitação ao problema cosmológico. Contudo, ao fazer isto, ele encontrou então um seriíssimo problema a ser resolvido: suas equações de campo¹⁰ implicavam num universo instável e que colapsaria sobre si próprio devido à ação de sua própria gravidade. Para produzir um universo estável (e estático), como imaginado por ele, Einstein

⁸ EINSTEIN, Albert. *Cosmological considerations in the general theory of relativity*. *Sitz*, Preussische Akademie der Wissenschaften, n. 1, p. 142, 1917.

⁹ Pulsares são estrelas altamente densas (denominadas estrelas de nêutrons), carregadas e que giram muito rapidamente em torno do seu próprio eixo. Esses objetos emitem pulsos de rádio em intervalos regulares que variam de 0.25 a 2 segundos.

¹⁰ As equações de Einstein são expressas como $R^{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg^{\mu\nu} = 8\pi G T^{\mu\nu}$, onde $R^{\mu\nu}$ e R são, respectivamente o tensor e escalar de Ricci, G é a constante gravitacional de Newton, $g^{\mu\nu}$ representa o tensor métrico e $T^{\mu\nu}$ é o chamado tensor de energia-momento. O lado esquerdo da equação acima descreve a geometria do espaço enquanto o lado direito descreve o seu conteúdo material.



¹¹ Cf. HUBBLE, E. A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. *Proc. N.A.S.*, n. 15, p. 168, 1929.

¹² Cf. FRIEDMANN, A. Über die Krümmung des Raumes. *Z. Phys.*, n. 10, p. 377, 1922a. Idem. Über ... *Z. Phys.*, n. 21, p. 326, 1922b.

¹³Cf. EINSTEIN, Albert ; DE-SITTER, W. On the relation between the expansion and the mean density of the Universe. *Proc. N.A.S.*, n. 18, p. 213, 1932.

precisou adicionar um novo parâmetro as suas equações, a chamada constante cosmológica L , um termo de *anti-gravidade* capaz de compensar a instabilidade causada pela gravidade atrativa de toda a matéria contida no universo. Com L , Einstein tinha agora um universo estático e finito. O preço a ser pago: a inclusão de uma nova e desconhecida constante gravitacional na sua teoria de gravitação, até então uma teoria sem parâmetros livres.

Na realidade, o que levou Einstein a introduzir, em 1917, a constante cosmológica foi a suposição errônea de que o Universo era estático. Em 1929, no entanto, o astrônomo americano Edwin Hubble mostrou que as galáxias estão continuamente afastando-se uma das outras, com as velocidades de recessão proporcionais as suas distâncias¹¹.

A partir desses resultados e assumindo que nós não ocupamos um lugar privilegiado no Universo, Hubble concluiu que todo o Universo está expandindo. Esse estado de expansão cósmica ou recessão das galáxias havia sido previsto alguns anos antes¹², em 1922 e 1924, pelo físico e matemático russo Alexandr Friedmann, a partir de seus modelos de *big bang*. Dado que o Universo não é estático, Einstein prontamente concluiu que seu termo de anti-gravidade era completamente desnecessário, considerando-o como o maior erro de sua vida!

Much later, when I was discussing cosmological problems with Einstein, he remarked that the introduction of the cosmological term was the biggest blunder of his life.

Einstein e a Cosmologia: modelo padrão

Os desenvolvimentos subseqüentes no campo da cosmologia, tanto teórica quanto observacional, estabeleceram as soluções obtidas por Friedmann, em 1922 e 1924, e por Einstein e de Sitter¹³, em 1932, como o modelo padrão da cosmologia moderna. Neste cenário, o universo inicia sua evolução a partir de uma grande explosão (*big bang*) com densidade (10^{94} gramas/cm³) e temperatura (10^{32} K) extremamente elevadas, caracterizando assim o chamado estado singular inicial. A partir desse estágio, o Universo, em expansão, esfriou rapidamente, o que permitiu a formação posterior das galáxias, estrelas e, finalmente, da vida.

As principais descobertas observacionais que sustentam a cosmologia do *big bang*, também chamadas de pilares da cosmologia relativística, são:

- A lei de Hubble, a prova mais direta da expansão cósmica.
- A síntese dos elementos leves, ou nucleossíntese primordial, o período da evolução do Universo (entre 0.02 a 180 segundos após a singularidade inicial) em que as taxas de expansão e esfriamento do Universo sintetizaram prótons e nêutrons formando os elementos químicos leves, como o Deutério, Hélio e Lítio.

A radiação cósmica de fundo, uma radiação remanescente do universo primordial, cuja detecção em 1965 por Arno Penzias e Robert Wilson permitiu estabelecer as chamadas eras cósmicas, relacionando tempo e temperatura e, assim, determinar as condições físicas dominantes em cada estágio da evolução do Universo. Esta radiação foi precisamente caracterizada pelo satélite COBE (*Cosmic Background Explorer*) como uma radiação de corpo negro com temperatura de $T_0 = 2.725 \pm 0.001$ K.¹⁴

Quando combinados, esses e outros resultados observacionais dão pleno suporte à cosmologia relativística e confirmam muitas das previsões antecipadas pela Teoria da Relatividade Geral.

Einstein e a Cosmologia: aceleração cósmica

Qualquer pessoa que já arremessou uma bola ou um outro objeto qualquer para cima e observou que este retorna à Terra ficaria espantado com os resultados mais recentes da cosmologia observacional (afinal de contas, tudo que sobe, desce, correto?). Esses resultados, que utilizam medidas de distância obtidas a partir da luminosidade de Supernovas¹⁵ têm indicado consistentemente, desde 1998, que o Universo não somente está expandindo (como sabíamos desde Hubble), mas que ele está expandindo aceleradamente¹⁶! No entanto, sendo a gravidade uma força atrativa (como sabemos desde Newton), como é possível que as partes do Universo estejam se *repelindo*, causando essa aceleração cósmica? É isto compatível com a Relatividade Geral ou previsto pelo modelo padrão da cosmologia?

Gravidade repulsiva é perfeitamente compatível com a Teoria da Relatividade Geral. No entanto, para que tal regime seja possível, é preciso que a densidade de energia do Universo seja dominada por uma matéria ou substância exótica, com pressão suficientemente *negativa* para gerar este regime de *anti-gravidade*.

O leitor mais atento poderia, neste ponto, indagar-se se a constante cosmológica L , aquele termo de *anti-gravidade* proposto por Einstein com o intuito de evitar o colapso gravitacional do Universo sobre si próprio, poderia ser a chamada energia escura, a componente exótica responsável pela aceleração atual do Universo. Embora com os desenvolvimentos da chamada Teoria Quântica de Campos, a constante cosmológica tenha adquirido um novo significado físico – sendo agora interpretada como a energia do estado fundamental de todos os campos quânticos da natureza¹⁷ – modelos cosmológicos com L são compatíveis com quase todas as observações cosmológicas atuais. Neste cenário, enquanto as densidades de energia da radiação e matéria (bariônica e escura) decrescem com a expansão do Universo, a densidade de energia associada à constante cosmológica (r_L) permanece constante. Isto, por outro lado, significa que no universo primordial, r_L foi desprezível, passando a dominar a evolução do Universo

¹⁴ Cf. SMOOT, G. F. et alii. Structure in the COBE differential microwave radiometer first-year maps. *Astrophys. J.*, n. 396, L1, 1992.

¹⁵ Supernovas são explosões gigantescas que representam a destruição termonuclear de uma estrela. Essa explosão lança energia no espaço em quantidades extraordinárias, com o brilho total de uma única supernova sendo equivalente a cerca de 10 bilhões de estrelas semelhantes ao nosso Sol.

¹⁶ Cf. PERLMUTTER, S. et alii. Measurements of Omega. *Astrophys. J.*, p. 517-565, 1999. RIESS, A. G. et alii. Observational. *Astron. J.*, n. 116, p. 1.009, 1998.

¹⁷ Cf. ABBOTT, L. The mystery of cosmological constant. *Scientific American*, n. 259, p. 106, 1988.



¹⁸ Cf. HOGAN, C. J. et alii. Surveying space-time with supernovae. *Scientific American*, p. 22, jan. 1999. BAHCALL, N. et alii. Cosmic triangle. *Science*, n. 284, p. 1481, 1999. LIMA, J. A. S. Quintessência e a aceleração do Universo. *Revista USP*, n.62, p.134, 2004. PERLMUTTER, S. et alii. Measurements of Omega and Lambda from 42 high-redshift supernovae. *Astrophys. J.*, v. 517, p. 565, 1999.

somente mais recentemente, cerca de 5-6 bilhões de anos atrás – para uma discussão recente sobre diversos aspectos relacionados à expansão acelerada do Universo .

O leitor mais cético, por sua vez, poderia entender esses resultados observacionais, que apontam para um universo acelerado, como uma primeira evidência contrária à Relatividade Geral. Tal ponto de vista também é válido e tem sido bastante explorado na literatura científica atual através da chamada Teoria de branas ou membranas¹⁸. Estas teorias, motivadas por expectativas teóricas da física de partículas, sugerem que nosso universo observado seria uma membrana imersa numa dimensão espacial extra, a qual somente a gravidade poderia acessar. Os cenários cosmológicos baseados na Teoria de branas fornecem resultados interessantes e conseguem explicar um número considerável de observações astronômicas, embora desenvolvimentos adicionais ainda sejam necessários para torná-los completamente viáveis.

Como o leitor, atento ou cético (ou ambos), pode notar, a pesquisa em energia escura constitui atualmente o principal desafio para físicos e astrofísicos teóricos ou experimentais. O entendimento completo da natureza da energia escura poderá confirmar ou não as previsões da Relatividade Geral ou ainda nos levar a uma física completamente nova, que vai muito além de Einstein e de suas previsões. Por outro lado, caso as pesquisas teóricas juntamente com os resultados observacionais continuem indicando a constante cosmológica de Einstein como a responsável pela aceleração do Universo, Einstein, embora a tendo rejeitado e considerado seu maior erro, estaria mais uma vez correto. Bom, isso já não seria nenhuma surpresa, seria? Como James Joyce já dissera: *A man of genius makes no mistakes. His errors are volitional and are the portals of discovery.*

Referências

- ABBOTT, L. The mystery of cosmological constant. *Scientific American*, n. 259, p. 106, 1988.
- BAHCALL, N., OSTRIKER, J. P., PERLMUTTER, S. e STEINHARDT, P. J. Cosmic triangle. *Science*, n. 284, p. 1.481-1488, 1999.
- EDDINGTON, A. S. The internal constitution of the stars. *Nature*, n. 106, p. 14, 1920.
- EINSTEIN, Albert. Cosmological considerations in the general theory of relativity. *Sitz*, Preussische Akademie der Wissenschaften, n. 1, p. 142, 1917.
- _____. Die grundlage der allgemeinen relativitätstheorie. *Ann. der Phys.*, n. 49, p. 769, 1916.
- _____. Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. *Ann. der Phys.*, n. 17, p. 132, 1905a.
- _____. Über die von molekulärkinetischen theorie der Wärme Geforderte Bewegung von in Ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. *Ann. der*

- Phys.*, n. 17: p. 549, 1905b.
- _____. Zur elektrodynamik der bewegter Körper. *Ann. der Phys.*, 17, p. 891, 1905c.
- _____. Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?. *Ann. der Phys.*, n. 18: 639, 1905d.
- _____. ; DE-SITTER, W. On the relation between the expansion and the mean density of the Universe. *Proc. N.A.S.*, n. 18, p. 213, 1932.
- FRIEDMANN, A. Über die Krümmung des Raumes. *Z. Phys.*, n. 10, p. 377, 1922a.
- _____. Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes. *Z. Phys.*, n. 21, p. 326, 1922b.
- GAMOW, G. *My world line*. New York: Viking, 1970.
- HOGAN, C. J., KIRSHNER, R. P., SUNTZEFF, N. B. Surveying space-time with supernovae. *Scientific American*, p. 22, jan. 1999.
- HUBBLE, E. A relation between distance and radial velocity among extragalactic nebulae. *Proc. N.A.S.*, n. 15, p. 168, 1929.
- LIMA, J. A. S. Quintessência e a aceleração do Universo. *Revista USP*, n. 62, p. 134-149, 2004.
- PAIS, Abraham. "Subtle is the Lord...": The science and life of Albert Einstein. Oxford: Oxford Univ. Press, 1982. Tradução para o português: "Subtil é o Senhor". *Vida e pensamento de Albert Einstein*. Rio de Janeiro: Gradiva, 1993.
- PERLMUTTER, S. et alii. Measurements of Omega and Lambda from 42 high-redshift supernovae. *Astrophys. J.*, v. 517, p.565-586, 1999.
- RANDALL, L. Extra dimensions and warped geometries. *Science*, n. 296, p. 1.422-1427, may 2002.
- RIESS, A. G. et alii. Observational evidence from supernovae for an accelerating Universe and a cosmological constant. *Astron. J.*, n. 116, p. 1.009-1038, 1998.
- SMOOT, G. F. et alii. Structure in the COBE differential microwave radiometer first-year maps. *Astrophys. J.*, v. 396, L1-L4, 1992.

A visita do viajante da relatividade ao Uruguai

Cecilia Cabeza

Professora adjunta de Física da Universidad de la Republica del Uruguay

Raúl Montagne

Professor adjunto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Tradução do espanhol: Alicia Ivanissevich

Antecedentes da visita

A viagem de Einstein à América Latina foi o resultado de uma convergência de interesses entre as instituições universitárias e as instituições judaicas deste continente. Em 1923, a Associação Hebraica Argentina solicitou a Max Straus, um agente comercial em Berlim, que entregasse pessoalmente a Einstein um convite para viajar à Argentina¹. A Universidade de Buenos Aires (UBA) também manifestou interesse na visita do cientista e, finalmente, o financiamento da mesma acabou sendo dividido entre a UBA e a Associação Hebraica Argentina.

O convite para visitar Montevidéu surgiu de uma iniciativa do Conselho da Faculdade de Engenharia, que destacou o engenheiro A. Geille Casto para que viajasse a Buenos Aires e fizesse com Einstein as negociações necessárias para que a visita se concretizasse. A confirmação do aceite do convite chegou através de um telegrama que o engenheiro A. Geille Casto enviou ao Sr. Naum Rossenblatt, químico e membro ativo da comunidade judaica do Uruguai, confirmando a data da partida de Einstein de Buenos Aires.

Einstein partiu de Hamburgo em 5 de março, no barco *Cap Polonio*. Em 21 de março fez uma escala de algumas horas no Rio de Janeiro e continuou viagem para a Argentina, aonde chegou em 24 de março e ficou por um mês. Depois partiu para Montevidéu para uma breve visita de oito dias. Em 1º de maio embarcou para o Brasil, onde ficaria alguns dias antes de voltar para a Europa.

Contexto histórico

Nos primeiros anos do século XX (1905-1930), ocorreram mudanças substanciais no Uruguai em nível social, econômico e de organização estatal. No plano social, foi decretada a jornada de oito horas e estabelecida uma série de benefícios importantes em favor dos trabalhadores.

Como resultado da Primeira Guerra Mundial, houve um notório aumento nas exportações. Isso se refletiu na criação de novas indústrias, no aumento do poder aquisitivo da população, na introdução de novas tecnologias no mercado etc. Acompanhando esse processo de modernização do país, observou-se um importante desenvolvimento na vida cultural.

¹ Cf. TOLMASQUIM, Alfredo T.; MOREIRA, Ildeu de Castro. Einstein in Brazil: the communication to the Brazilian Academy of Science on the constitution of light. In: HELGE, Kragh; VANPAEMEL, Geert; MARAGE, Pierre (Org.). *History of Modern Physics*, v. XIV, p. 229-242, 2002.

A organização social do Uruguai impressionou profundamente Einstein, que escreve em seu diário pessoal no domingo de 26 de abril de 1925:

Uruguai, terrinha feliz, não só a natureza é gentil com seu clima úmido agradável, mas também conta com uma estrutura de assistência social exemplar (proteção às mães e às crianças, amparo aos idosos e aos filhos ilegítimos, jornada de oito horas e um dia de descanso). Muito liberal, governo e estado totalmente separados da Igreja. Situação razoavelmente semelhante à da Suíça...².

² EINSTEIN, 1925.

³ Cf. TOLMASQUIM, Alfredo T.; MOREIRA, Ideu de Castro. Um manuscrito de Einstein no Brasil. *Ciência Hoje*, v. 21, p. 22-29, 1996.

⁴ Cf. GEILLE CASTRO, A. La teoría de la relatividad. *Revista de la Asociación Politécnica del Uruguay*, n. 18, p. 132-143, 1924.

⁵ Cf. WILLIMAN, José Cláudio. *La Relatividad*. Montevideo: Peña Hnos, 1923. VAZ FERREIRA, C. *Le pragmatisme: exposition critique*. 1914.

Contexto cultural e científico

Paralelamente às reformas sociais, ocorreram mudanças profundas em todos os níveis da educação pública. O sistema educacional do país continuou crescendo significativamente, ao mesmo tempo em que se diversificou e modernizou. A política de desenvolvimento do ensino completou-se com a lei de gratuidade total do ensino médio e superior, em 1916.

A universidade estava dividida em duas seções: Seção Secundária e Preparatória e as faculdades de Direito, Medicina e Engenharia. Nessa época, foram criadas duas novas faculdades: Agronomia e Veterinária, que tiveram estrutura de institutos até os anos 1925 e 1935, respectivamente, com a contribuição decisiva de técnicos alemães e norte-americanos.

Por último, em 1915 foi criada a Faculdade de Arquitetura e começou o lento processo de reabilitação do ensino técnico.

As faculdades de Medicina e Engenharia disputavam a hegemonia no desenvolvimento das ciências básicas. Não existia naquela época a carreira de físico. Diferentemente do Brasil e da Argentina, o país não contava com uma academia de ciências. A universidade constituía naquela época o principal centro de elaboração e transmissão do conhecimento científico, embora tenham surgido também novos centros de pesquisa pura e aplicada: o Instituto Fitotécnico, dirigido por Alberto Boerger, e o Laboratório de Biologia, fundado em 1927, dirigido por Clemente Estable.

As novas teorias formuladas por Einstein no início do século XX despertaram um grande interesse na reduzida comunidade científica de nosso meio. Como não existiam instituições dedicadas à pesquisa em física, os poucos estudiosos das novas idéias nessa área surgiriam, como também ocorreu no Brasil³, no âmbito das escolas de engenharia. Há registros de um ciclo prévio de conferências na Faculdade de Engenharia e Agrimensura a cargo do engenheiro A. Geille Castro, catedrático substituto de mecânica racional dessa faculdade. Esse ciclo deu origem a uma série de artigos na revista da Associação de Engenheiros da época⁴.

No nível do Ensino Preparatório para a Universidade, também foi realizada uma série de conferências sobre o tema. No ano de 1923, o professor José Claudio Williman deu um curso sobre a relatividade aos estudantes de nível preparatório⁵.



⁶ DE ECHEVARRIA, S. V. F., Carlos Vaz Ferreira con Albert Einstein. Manuscrito, 1962.

⁷ VAZ FERREIRA, C. 1914.

⁸ *El Día*, 1925. 26 de abril, p. 10.

⁹ *Ibidem*.

Dentro do círculo de proeminentes intelectuais da época, quem mais se mostrou interessado na teoria da relatividade foi o filósofo Carlos Vaz Ferreira⁶. Em 1922, fez uma série de conferências intitulada “A quantas anda a teoria da relatividade”⁷.

Agenda social

Como acontecera em outros países, Einstein teve de enfrentar uma agenda tomada não só por compromissos científicos, mas também sociais. De qualquer forma, ele conseguia reservar um pouco de tempo para fazer passeios e conhecer um pouco mais do país que lhe cabia visitar. A visita ao Uruguai não foi exceção.

Albert Einstein chegou a Montevideú, vindo de Buenos Aires, em 24 de abril, às 8h, no barco *Ciudad de Buenos Aires*. No porto, foi recebido por uma importante representação de autoridades nacionais, departamentais e universitárias, assim como por delegações da Associação Politécnica do Uruguai, do Centro de Estudantes de Engenharia, da Sociedade Sionista de Montevideú e pelo público em geral.

O governo departamental, através de seu enviado, o engenheiro Luis P. Ponce, ofereceu-lhe alojamento no Parque Hotel e colocou à disposição um veículo oficial, oferecimento que Einstein amavelmente recusou, uma vez que havia acertado anteriormente que se alojaria na residência do Sr. Naum Rossenblatt.

Merece especial atenção o zelo e o carinho com que os estudantes da Faculdade de Engenharia trataram o eminente visitante. Os estudantes o homenagearam com as honras e os títulos que estavam ao seu alcance, ofereceram-lhe uma escolta permanente durante seus passeios, o aclamaram e o animaram com canções estudantis.

Einstein realizou vários passeios pela cidade. Percorreu o Centro, visitou o bairro El Prado e fez diversas caminhadas pela Rambla de Montevideú.

Assistiu a diversos espetáculos de ópera no Teatro Solís. No sábado, foi a vez de *La Traviata*, à qual assistiu em companhia dos engenheiros C. Maggiolo e A. Geille Castro e do embaixador da Alemanha. No domingo, viu a ópera *Lobengrin*. O tenor Cristalli teve o acompanhamento da orquestra regida por De Angelis. No fim do espetáculo, foram interpretadas também *La Boheme*, *Cavalaria Rusticana* e *Thaïs*⁸. O jornal *El Día* comentou que Einstein teria aplaudido longamente depois de cada ato⁹.

Na manhã de segunda-feira, dia 27, visitou o Palácio Legislativo. Pela tarde, às 15h, em companhia do embaixador da Alemanha, Einstein foi recebido pelo presidente da República, o engenheiro José Serrato.

Na terça 28, à noite, participou de um banquete oferecido em sua homenagem pela coletividade judaica, no Hotel del Prado, com presença concorrida.

Na quarta 29, foi recebido pelo Senado da República, que em sessão ordinária presidida pelo Dr. Juan A. Buero lhe fez uma homenagem¹⁰.

Nessa mesma noite, Einstein foi à recepção oferecida em sua homenagem pela embaixada alemã. Entre outras personalidades do meio estavam o Dr. Luis Alberto de Herrera (presidente do Conselho Nacional), o Dr. Roberto Buero (presidente do Senado) e os engenheiros A. Geille Castro e Donato Gaminara¹¹.

Agenda científica

Comunidade acadêmica

No mundo acadêmico da época, a Faculdade de Engenharia era o único lugar onde se fazia algum tipo de pesquisa na área da física. Isso explica o destacado papel que desempenha tal instituição na visita de Albert Einstein ao Uruguai.

O conselho da Faculdade de Engenharia nomeou o engenheiro Amadeo Geille Castro para exercer as funções de secretário de Einstein durante sua estada. Essa escolha não foi casual, pois Castro havia dado uma série de conferências sobre a teoria da relatividade e mostrava uma confessa admiração pelo grande mestre¹².

Na manhã de segunda-feira, dia 27, às 10h30, Einstein visita a Companhia de Materiais de Construção em Bella Vista, a qual representava um expoente do avanço tecnológico do país. Einstein foi acompanhado pelo engenheiro Maggiolo e pelo presidente do Senado, Dr. Juan A. Buero¹³.

Quarta-feira, 29 de abril, foi o dia marcado para a visita oficial de Einstein à Faculdade de Engenharia. Na Assembléia Geral Ordinária do Centro de Estudantes, celebrada nesse mesmo mês, decidiu-se, sabendo-se da visita do sábio, que lhe seria concedido o título de Sócio Honorário do Centro de Estudantes da Faculdade de Engenharia e Agrimensura. Esse diploma seria entregue em um “artístico” pergaminho, junto com uma placa de ouro contendo a inscrição: “Ao sábio mestre Alberto Einstein. Homenagem do Centro de Estudantes de Engenharia. Montevideú. Abril de 1925”.

A saída de Einstein da faculdade não deixa de ser menos aclamada que sua chegada. E os estudantes aproveitaram para posar para uma foto junto a seu venerado mestre.

A recepção oficial da faculdade foi encabeçada pelo diretor, o engenheiro Donato Gaminara, e por Carlos Berta e Bernardo Larrayoz, também engenheiros. Depois foi levado a vários laboratórios, entre outros, o de mecânica, onde foi tirada a fotografia hoje exibida em vários institutos dessa faculdade. Na quinta, 30 de abril, à tarde, antes do banquete no Hotel del Prado, Einstein foi recebido pela Associação Politécnica do Uruguai. Foram convidados especialmente os sócios da Politécnica, que concorreram em grande número, reforçando-se assim o interesse despertado pela visita do sábio alemão.

¹⁰ *Actas del Senado*, 1925. XXVI Legislatura, volume 133, p. 372.

¹¹ *El Bien Público*, 1925. 30 de abril, p. 3.

¹² Cf. GEILLE CASTRO, A. La teoría de la relatividad. *Revista de la Asociación Politécnica del Uruguay*, n. 18, p. 132-143, 1924.

¹³ *El País*, 1925. 28 de abril, p. 3.



¹⁴ *Revista de la Asociación Politécnica del Uruguay*, maio de 1924.

Foi oferecido um lanche, no qual foi informada, através da palavra de seu presidente, o engenheiro Sudriers, a decisão de apresentá-lo como sócio honorário da instituição. A nomeação foi levada a cabo em maio desse mesmo ano e, em resposta, Einstein enviou uma carta na qual agradece a honra concedida e as atenções dispensadas durante sua estada¹⁴.

Naquela noite, em um banquete no Hotel del Prado, Einstein foi agraciado pela Universidade da República com o título de professor honorário. A essa homenagem assistiram autoridades universitárias, conselheiros e professores de várias faculdades e uma concorrida delegação de estudantes.

Conferências

Einstein preparou um ciclo de três conferências para apresentar a teoria da relatividade em Montevideu. As conferências foram dirigidas não apenas a um público estritamente acadêmico. Esse ciclo foi realizado no salão nobre da Universidade da República e foi chamado de “Bases gerais da teoria da relatividade”.

A primeira conferência de Einstein em Montevideu ocorreu no sábado, 25 de abril, às 17h30min. O reitor da universidade, o Dr. Elías Regules, apresentou o ciclo de conferências e o engenheiro Federico García Martínez apresentou Einstein. Martínez também foi o encarregado de fazer um breve relato sobre a teoria da relatividade. Einstein deu início à sua exposição apontando os pontos essenciais de sua teoria. Começou fazendo um relato das teorias de Galileu, seguindo por Newton, até chegar aos experimentos que marcaram as contradições da teoria clássica.

Na segunda 27, às 17h30min, Einstein deu sua segunda conferência, na qual começou explicando a teoria da relatividade especial e acabou com a teoria geral da relatividade.

Na quarta 29, às 17h30min, proferiu sua terceira e última conferência. Antes de começar, Einstein percorreu com o olhar o auditório quase vazio e constatou: “*Il ne reste que les plus courageux*” (Só restaram os mais corajosos).

Nessa última conferência abordou a teoria geral da relatividade. Terminou sua exposição apresentando as experiências que serviram para verificar sua teoria, sendo aclamado no fim por professores e estudantes.

Einstein e Vaz Ferreira

Fora do âmbito da Faculdade de Engenharia, a visita de Einstein não parece ter tido maiores repercussões. A exceção talvez tenha sido o filósofo Carlos Vaz Ferreira, que tinha grande interesse na teoria elaborada por Einstein.

O interesse em se conhecer era recíproco, uma vez que Einstein tinha ouvido falar do filósofo e queria conhecê-lo pessoalmente. Um dos filhos do

Sr. Rossenblatt conta que Einstein tinha uma pequena caderneta na qual anotava os nomes das pessoas que queria conhecer em cada país; em Montevideu, só constava o nome de Carlos Vaz Ferreira, a quem decidiu dedicar toda uma tarde para conversar.

Apesar do interesse que Einstein despertava em Vaz Ferreira, este não compareceu ao encontro marcado, uma vez que, diante da porta onde Einstein estava hospedado, ficou intimidado com sua presença e não teve coragem de entrar. Acertaram, então, uma nova data para um encontro menos formal, que ocorreu finalmente na Praça Artola (hoje conhecida como Praça dos Trinta e Três). Uma vez na praça, sentados em um banco, acredita-se que ambos discutiram diferentes aspectos da teoria da relatividade.

Dessa entrevista, muito importante para os círculos intelectuais uruguaios da época, ficaram poucos registros. Por um lado, as impressões da filha de Vaz Ferreira publicadas no jornal *El Día* em 1983. Por outro, comentários da imprensa e uma versão taquigráfica de parte da entrevista, não oficial segundo declarações do próprio cronista no jornal *El País*¹⁵.

O filósofo uruguaio presenteou Einstein com vários exemplares de sua obra. Uma prova de que o sábio alemão leu pelo menos um desses livros é sua carta, escrita ainda em casa dos Rossenblatt, fazendo alguns comentários positivos sobre o livro *Le Pragmatisme*¹⁶, de C. Vaz Ferreira.

A admiração de Vaz Ferreira pelo cientista alemão ficou expressa na dedicatória de um dos livros com os quais presenteou o hóspede e que este acabou esquecendo na residência dos Rossenblatt: “A Einstein, nas alturas”.

Imprensa e público

Refletindo o sentimento do povo uruguaio, a imprensa deu grande destaque à visita de Einstein. Foram divulgadas, na oportunidade, as visitas que ele realizara anteriormente à Espanha e à Argentina.

Na maioria dos meios de comunicação da época, apareceu pelo menos um artigo por dia relatando e comentando os diversos acontecimentos da visita. Assim, é possível encontrar fotos da chegada de Einstein, fotos e traduções da conversa que manteve com Vaz Ferreira, entrevistas e coletivas concedidas à imprensa em seu alojamento, relatos e resumos das conferências proferidas, discursos feitos no Senado e em diferentes eventos realizados em sua homenagem.

Como anedota, vale a pena mencionar um artigo, publicado no jornal *La Razón* na seção de Turfe, no qual o articulista, levando na brincadeira a expectativa que provocou a chegada de Einstein ao Rio da Prata, descreve o físico usando gíria e chamando Einstein de “*El tegobi*” [O bigodão].

O público que assistiu às conferências proferidas por Einstein foi muito variado. Na primeira conferência, as escadas internas e externas ficaram tomadas, inclusive a esplanada da universidade. O jornal *El Plata*, comentando o acontecido, diz:

¹⁵ Os periódicos consultados da época foram: *El País*, *La Mañana*, *El Día*, *El Bien Público*, *El Plata*, *La Tribuna Popular*, *La Razón*, *Revista de la Asociación de Ingenieros*, *Revista del Centro de Estudiantes de Ingeniería*. *Anales de la Universidad*.

¹⁶ Cf. VAZ FERREIRA, C. *Le pragmatisme: Exposition critique*. 1914.



“Einstein, o formidável e genial teórico alemão ocupou na tarde de sábado a cátedra mais prestigiada do país... O fato tinha enorme relevância e havia despertado grande expectativa... Ver de perto um homem do porte intelectual de Einstein, ouvir sua voz, sentir de seus lábios essa palavra tão familiar para o povo ? a relatividade ? era algo sério, importante, original e valioso. E, assim, o público misturado, heterogêneo e pitoresco enchia de forma inusitada as instalações do salão de Atos Públicos”.

Referindo-se à atitude do público no transcurso da conferência, o cronista continua: “... O que fez este público? Olhou o Mestre, olhou para si, olhou o teto...”.

Impressões de Einstein sobre o Uruguai

Em 1º de maio de 1925, Einstein partiu rumo ao Brasil no barco *Valdivia*. Autoridades e um público significativo foram se despedir dele. A opinião sobre o Uruguai é expressa em seu diário pessoal: “... No Uruguai encontrei uma autêntica cordialidade como raramente aconteceu na minha vida. Lá, encontrei amor pela própria terra sem qualquer megalomania...”.

Da mesma forma, a impressão que levava dos docentes universitários, em particular dos cientistas, é colhida em uma entrevista publicada pelo jornal *El País*:

“... Einstein encontrou, tanto em Montevideu quanto em Buenos Aires, um ambiente propício para o desenvolvimento dos estudos científicos. Existe um vivo interesse em estudar e pesquisar, interesse que ele pôde confirmar em suas conferências. No entanto, acredita ter percebido que o meio não é igualmente favorável. Aqui, os homens de ciência não dispõem do tempo nem da tranqüilidade necessários para o trabalho sereno e repousado. Devem se dedicar muito a fins práticos, dar muitas aulas e conferências que impedem que se entreguem por completo ao estudo da ciência pura”.

Agradecimentos

Agradecemos em primeiro lugar a nossos colegas A. Romanelli e C. Massoller, por terem colaborado no primeiro trabalho sobre a visita de Einstein ao Uruguai, em 1988. Ao “gordo” Hugo, pelo profissionalismo e a dedicação mostrada ao tirar as fotos dos jornais antigos. A Tomas Glick, que em sua breve passagem pelo Uruguai nos apontou este tema e reconheceu o valor do trabalho realizado em 1988. Ao professor Ildeu Moreira por nos conceder uma cópia do diário de viagem de Einstein à América do Sul.



Referências

- Actas del Senado*, 1925. XXVI Legislatura, volume 133, p. 372.
- DE ECHEVARRIA, S. V. F., *Carlos Vaz Ferreira con Albert Einstein*. Manuscrito, 1962.
- EINSTEIN, Albert. *Diario de viaje – América del Sur – Argentina, Uruguay, Brasil*. Março, abril, maio de 1925 (5/3 a 11/5).
- El Bien Público*. 30 de abril de 1925 p. 3.
- El Día*. 26 de abril de 1925 p. 10.
- El País*. 28 de abril de 1925 p. 3.
- GEILLE CASTRO, A. La teoría de la relatividad. *Revista de la Asociación Politécnica del Uruguay*, 5 de maio 1924, 193, 132, e sucessivas publicações (até fevereiro de 1925).
- Revista de la Asociación Politécnica del Uruguay*, maio de 1924.
- TOLMASQUIM, A. T. e MOREIRA, I. de C. Einstein in Brazil: The communication to the Brazilian Academy of Science on the constitution of light. In: *History of Modern Physics*, Turnhout, Bélgica, H. Kragh, G. Vanpaemel e P. Marage, 2002., vol. 21.
- _____. Um manuscrito de Einstein no Brasil. *Ciência Hoje*, p.22 a 29, 1996.
- WILLIMAN, José Claudio. *La Relatividad*, Montevideo, ed. Peña Hnos, 1923.
- VAZ FERREIRA, C. *Le Pragmatisme: Exposition critique*. Montevideo, 1914.
- VAZ FERREIRA, S. Carlos Vaz Ferreira con Albert Einstein. *El Día*, Suplemento dominical, 26 de abril de 1925.

Teoria da relatividade no Brasil

Circe Mary Silva da Silva

Professora adjunta da Universidade Federal do Espírito Santo

Introdução

O estudo sobre a recepção de uma nova teoria científica pode ser muito revelador para a história da ciência, pois requer não apenas uma análise sobre a compreensão das novas idéias, o que inclui a sua aceitação ou rejeição, bem como o conhecimento do meio acadêmico e do momento histórico que o país estava vivendo. A difusão da teoria da relatividade não pode ser avaliada unicamente pela sua utilização, mas, sobretudo, porque permitiu uma nova maneira de pensar a física e estabeleceu e unificou conceitos fundamentais.

Segundo o matemático Francisco de Oliveira Castro (1902-1993), em 1919, quando a teoria de Einstein foi verificada, ninguém no Brasil sabia o que era relatividade. Foi após a expedição de Sobral, quando a fama de Einstein tinha se espalhado pelo mundo, que, no Brasil, começou-se a tomar conhecimento da nova teoria.

Nessa época, nós não tínhamos base nenhuma para julgar o desenvolvimento da ciência [...] Pouca gente, naquele tempo, diziam, era capaz de acompanhar a Teoria da Relatividade, porque foi realmente uma novidade, não só do ponto de vista da física, mas também pelo aspecto filosófico, porque mexia com as noções clássicas de espaço e tempo¹.

No início da década de 1920, dois professores da Escola Politécnica: Roberto Marinho de Azevedo e Manoel Amoroso Costa fizeram palestras sobre a teoria. Castro recorda esse período de sua juventude:

Eu era estudante de engenharia. Em 1922 tinha 20 anos quando assisti a essas conferências [...] Lembro-me muito bem que, naquele tempo, não havia muita divulgação do Einstein, Teoria da Relatividade para todo mundo compreender. Era uma tradução francesa do livro de Einstein e algumas vulgarizações².

O entusiasmo que essa teoria despertou no matemático torna-se visível em seu depoimento. Sobre a teoria da relatividade Castro nada publicou, mas sim sobre as suas aplicações:

¹ MARTINS, Roberto; OLIVEIRA, Roberto. *Entrevista com Francisco de Oliveira Castro*. CBPF, 17 maio 1988.

² Op. cit.

[...] tenho trabalhos aqui com raios cósmicos utilizando a Relatividade. Eu fiquei dominando a parte de aplicação. Eu tinha uma grande admiração pelo Einstein e tenho até hoje, talvez por coincidência, quando eu começava a tomar conhecimento do desenvolvimento científico, ele era o Deus, digamos assim³.

³Op. cit.

⁴L'Actualité scientifique: Einstein & l'univers – une conversation avec M.Chasles Nordmann de l'Observatoire de Paris, Télégramme, 8 de dezembro de 1921, a redação.

Todavia, foi a contribuição de Manoel Amoroso Costa, com seu livro publicado em 1922, intitulado *Introdução à teoria da relatividade*, que facilitou o acesso a uma teoria que ainda não era objeto de ensino nas faculdades existentes e que poucos politécnicos conheciam.

⁵Op. cit.

Christovam Colombo dos Santos, professor da Escola de Minas de Ouro Preto, em Minas Gerais, publicou em, época em que a teoria de Einstein não ocupava mais o centro das atenções, um livro intitulado *Teoria da relatividade especial de Einstein*. Nele, dá um testemunho de sua juventude, quando foi ao Rio de Janeiro, por ocasião da visita de Einstein, para ouvi-lo e admirá-lo. Comenta que, na época, houve “espíritos negativos” que utilizaram a teoria para desacreditar a ciência e para lançar no ridículo a figura de Einstein. Para Santos, a teoria de Einstein não é arbitrária, a base matemática (cálculo tensorial) em que ela se fundamenta imprimiu a teoria um caráter eminentemente lógico.

O fascínio que as novas teorias físicas exerceram nos brasileiros na década de 1920 e 1930 do século XX não pode ser avaliado com muita precisão, mas os textos que foram publicados dão uma idéia do alcance da teoria.

A divulgação da teoria da relatividade

Autores de vários países sentiram que era necessário divulgar a teoria de Einstein para o grande público, e vários livros surgiram. Um exemplo disso é Charles Nordmann, astrônomo do Observatório de Paris, que durante a Primeira Guerra Mundial inventou a localização de canhões pelo som. Ele escreveu o livro *Einstein & l'univers*, em 1921, dando a seguinte justificativa para a obra:

...é preciso que certas teorias, certas idéias sejam acessíveis não só aos matemáticos. Eu quis expor numa linguagem para todo mundo, com palavras simples, claras e acessíveis a toda pessoa culta, a extraordinária revolução que se efetuou no espírito humano⁴.

Comparou a teoria de Einstein com a de Copérnico, uma teoria nova sobre o mundo que contrariava as idéias correntes. Apresentou pelo menos duas razões que mostram a importância da nova teoria:

... a princípio elas mudam a nossa idéia de mundo exterior. Nós acreditávamos que o espaço e tempo: indicação de lugar e hora exata dos acontecimentos poderiam ser definidos com precisão. Einstein mostrou que não é nada disso [...] Einstein mostrou que o tempo e espaço, tal como nós o consideramos, não tem existência real⁵.



° O JORNAL, 12 nov. 1919 apud COSTA, Manoel Amoroso. *Introdução à teoria da relatividade*. 1995. p. 101.

No Brasil, Manuel Amoroso Costa, matemático e professor da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, foi um pioneiro na divulgação da teoria de Einstein. A partir das palestras já referidas por Castro, ele escreveu a obra *Introdução à teoria da relatividade*, que foi o primeiro livro didático brasileiro a abordar a teoria da relatividade restrita, generalizada e o universo de Einstein determinado pela constante cosmológica L , no país.

No Brasil, destacamos, no mesmo período, a visita do matemático Emile Borel, que esteve no Rio de Janeiro, em 1922, nas comemorações do 1º centenário da independência, proferindo conferências na Academia Brasileira de Ciências, inclusive contribuindo para a divulgação da teoria da relatividade. Esta academia havia sido fundada, em 1916, com o nome de Sociedade Brasileira de Ciências por um grupo de professores da Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Em 1921 passou a se chamar Academia Brasileira de Ciências. Manuel Amoroso Costa integrou a primeira diretoria da sociedade. Até 1919, a sociedade possuía um periódico intitulado *Revista da Sociedade Brasileira de Ciências* e após essa data, até 1926, denominado *Revista de Ciências*. Este periódico passou por diferentes denominações e, a partir de 1929, passou a denominar-se *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Entre 1918 e 1930 foram publicados nestes periódicos artigos de Amoroso Costa. Os temas que abordou diziam respeito à filosofia das ciências, astronomia, matemática, física e filosofia da matemática.

A primeira referência de Amoroso Costa à teoria da relatividade aconteceu em 1919, por ocasião da presença da expedição inglesa, em Sobral, para observar o eclipse do sol. Nesse curto artigo jornalístico, que foi publicado seis dias após o anúncio oficial da *Royal Society*, como afirma Tolmasquim (1996), sem usar uma linguagem matemática formalizada, procurou apenas chamar atenção para a teoria de Einstein que experimentalmente teria sido demonstrada. Por outro lado, argumentava que a mecânica de Newton não deixaria de existir, porque “[...] é muito mais simples e desempenha perfeitamente o papel que lhe cabe em um domínio limitado”⁶. Em 1922, publicou “À margem da teoria de Einstein”, num artigo de divulgação, no mesmo jornal.

Todavia, uma apresentação científica da teoria, desse autor encontra-se apenas em seu livro *Introdução à teoria da relatividade*. Como Pyenson (1999) salientou, somente os cientistas mais dedicados gastaram tempo estudando a fundo a teoria da relatividade e procurando entender as complicadas fórmulas do cálculo tensorial. Amoroso Costa pode ser citado entre eles porque, em seu livro, não fugiu da formalização matemática da teoria. Apresentou, em sua *Introdução à teoria da relatividade*, sete capítulos: esboço histórico; a relatividade do espaço, tempo e do movimento; o espaço não-euclidiano; teoria da relatividade restrita; a teoria dos tensores; a teoria da relatividade generalizada; cosmologia.

Einsensstädt e Fabris, que fizeram uma análise profunda do livro de Amoroso Costa, comentaram que ele “[...] enxergou, com precisão, o que não era então freqüente, que a teoria de Einstein é uma teoria dos invariantes

que serão projetados, exprimidos, relativamente a um sistema no qual eles serão medidos”⁷. Consideraram o livro de grande atualidade e valor científico, afirmando que:

Poucos livros posteriores possuem esta clareza, esta simplicidade, limpidez e compreensão da relatividade. O que há de particular nesta pequena obra é que ela pouco envelheceu. Podemos dá-la para os estudantes ler sem temer que eles encontrem interpretações abusivas que foram durante tanto tempo comuns na literatura relativista.⁸

Theodoro Augusto Ramos, por outro lado, em 1923, apresentou na Academia Brasileira de Ciências (ABC) o primeiro trabalho original sobre a teoria quântica no Brasil: “A theoria da relatividade e as raias espectrais do hydrogenio”, publicado na *Revista Polytechnica*, n. 74, p. 181-188, set./dez. de 1923, e que apareceu nos anais da ABC apenas em 1929, v. 1, n. 1, p. 20-27.

Segundo Oliveira Castro, a tese de doutorado de Ramos representa a contribuição mais importante à pesquisa matemática brasileira, antes da criação da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP.

Em 1925, por ocasião da visita de Einstein ao Brasil, publicou um artigo de divulgação n’*O Jornal*, intitulado “Reflexões sobre a teoria da relatividade”, em que aborda a origem da teoria da relatividade, os trabalhos de Lorentz, concepção de tempo, a concepção de Minkowski e a teoria da relatividade generalizada. Sobre a concepção de tempo de Einstein afirmava que nela não havia uma unidade de tempo absoluta, pois cada sistema possuía uma medida de tempo própria. Para ele, os fundamentos da teoria física da relatividade não são nem impostos pela experiência nem por argumentos filosóficos. Os princípios de uma teoria são postulados cuja escolha fica ao nosso arbítrio desde que não haja neles contradição lógica. Aceitava a nova teoria porque, segundo ele:

A nova doutrina, além de reunir em um só corpo lógico leis e conhecimentos físicos pertencentes a domínios bem distintos, consegue interpretar anomalias não explicadas por outras teorias, e prever fenômenos comprovados experimentalmente.

Outros politécnicos do Rio de Janeiro também se manifestaram sobre a teoria da relatividade nesse mesmo ano, entre esses destacamos Lélío Gama e Roberto Marinho de Azevedo. Para Gama (1925), não havia nenhuma teoria que tivesse imprimido tanto “o cunho da certeza matemática” quanto a teoria de Einstein. O físico alemão teria conseguido, em sua opinião, realizar uma síntese geométrica de todas as teorias físicas, ou seja, a relatividade seria uma geometrização do universo. Prevenia os leitores da teoria de Einstein que não se assustassem com as quatro dimensões, uma vez que isso não passava de uma forma de linguagem matemática, uma espécie de dialético geométrico – a “[...] quarta dimensão não tem realidade própria, não é uma dimensão sensível”¹⁰. Para ele, o espaço a quatro dimensões nada mais era do que um meio para investigar os fenômenos naturais.

⁷ EISENSTÄDT, Jean; FABRIS, Júlio C. *Amoroso Costa e o primeiro livro brasileiro sobre a Relatividade Geral*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.6, n.2, 2004, p. 188.

⁸ Op. cit.

⁹ RAMOS apud MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Visitas de Einstein no Rio de Janeiro*. Sobral: Edições UVA, 2005. p. 116.

¹⁰ GAMA apud MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Visitas de Einstein no Rio de Janeiro*. Sobral: Edições UVA, 2005. p. 104.



¹¹ Op. cit. p. 105.

¹² A relação apresentada não tem a pretensão de ser completa, mas inclui todas aquelas publicações que conseguimos reunir sobre o tema. Após 1936 foram raras as obras de divulgação que encontramos sobre o tema da relatividade. Veja relação contendo outros períodos em MOURÃO, 2005.

¹³ Gleb Wathagin foi introdutor das pesquisas em Física de Altas Energias no Brasil e um dos principais cientistas trazidos por Theodoro Ramos para formar o corpo docente da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. É considerado o criador da tradição mais importante de pesquisa física no País. Entre outros, foram seus alunos na Politécnica: Marcello Damy de Souza Santos (1914), Mário Schenberg, Júlio Rabim, Cândido da Silva Dias e Cavalcanti Albuquerque.

Como matemático e astrônomo, Gama sentia-se à vontade para falar sobre as aplicações da relatividade na astronomia. Para ele, a astronomia teve duas grandes surpresas: “[...] uma explicação satisfatória do famoso deslocamento da órbita de Mercúrio (avanço secular do periélio) e a curvatura dos raios luminosos quando atuados por um campo de gravitação”¹¹. Concluía seu artigo dizendo que a teoria da relatividade estava confirmada e verificada e que Einstein deveria contemplar o Brasil com simpatia, uma vez que esse país fora o berço de sua glória. Infelizmente, o desejo de Gama não se confirmou. Os documentos¹² que registram as opiniões de Einstein sobre o Brasil revelam que essas não são muito positivas.

O artigo de divulgação de Roberto Marinho de Azevedo, nesse mesmo jornal, abrange os temas: o princípio da relatividade restrita, teoria da relatividade generalizada, gravitação e verificações da teoria.

A teoria da relatividade no ensino

A introdução da teoria da relatividade nos currículos universitários só começou a ocorrer após a década de 1930. No Colégio Pedro II, escola secundária considerada modelo no país, encontra-se uma referência à relatividade no trabalho do professor de física George Sumner, que submeteu à congregação do colégio uma tese intitulada *A experiência de Michelson*, em 1926. Todavia, a presença do tema relatividade em um programa de ensino só aconteceu no final da década de 1920, exatamente nessa escola.

Em 1929, o programa de ensino de física para o quinto ano do curso secundário, nessa escola, constava dos seguintes temas: acústica, ótica, eletricidade e física prática. O último tópico em eletricidade intitulava-se: idéias gerais sobre a teoria da relatividade. Todavia, esses conteúdos não permaneceram por muito tempo no currículo, em 1943 não há qualquer referência à relatividade nos programas de física do Colégio Pedro II. Nos livros didáticos de física, escritos por autores brasileiros no período, não encontramos qualquer referência à teoria da relatividade. O nome de Einstein aparece citado no livro de Albuquerque, em 1931, mas não se refere diretamente à teoria da relatividade.

No currículo do curso de física na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, em 1934, encontra-se na disciplina de física teórica os seguintes conteúdos sobre a teoria da relatividade: grupo de Galileu; grupo de Lorentz; relatividade do espaço e tempo; invariabilidade das equações de Maxwell; relatividade da massa e energia; representação geral de Minkowski. Essa disciplina estava ao encargo do físico ítalo-russo Gleb Wathagin¹³, que lecionou no Brasil entre 1934 e 1950.

Poucas informações conseguimos obter sobre outros locais onde a teoria da relatividade tenha sido apresentada a alunos. Na Escola Naval do Rio de Janeiro, tem-se conhecimento de uma conferência proferida por Theophilo de Almeida, em 1930, sobre a teoria da relatividade.

Rejeição à teoria da relatividade

A partir do século XIX, as principais teorias estrangeiras que entravam no Brasil vinham através da França ou da literatura francesa. Se considerarmos a forte influência do conhecimento produzido e transmitido da França para o Brasil, pode-se supor que inevitavelmente teríamos enfrentado alguma resistência à teoria no Brasil, comparando com o que aconteceu na França, na mesma época. O matemático Paul Painlevé, membro da Academia de Ciências de Paris, iniciou um debate na academia sobre as teorias de Einstein. Embora admirasse o gênio do autor, apontava falhas na teoria. A posição de Painlevé¹⁴ sobre a teoria, associada ao seu prestígio, provocou mais manifestações desfavoráveis do que favoráveis à teoria da relatividade, na França, nesse período. Para Painlevé, a ciência iria permanecer muito mais clássica do que pensavam os einsteinianos. O matemático Picard, na Academia de Ciências, sem discordar muito de Painlevé, assinalava que a magnífica construção científica de Einstein estava incompleta e não acabada.

No Brasil, os principais opositores eram engenheiros e positivistas. Entre eles o mais destacado foi Licínio Athanasio Cardoso (1852-1926), bacharel em matemática pela Escola Militar, capitão honorário do Exército e docente de mecânica da Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Em 1889, concluiu o curso de medicina e começou a interessar-se pela homeopatia. Foi fundador da Escola de Medicina e Cirurgia do Rio de Janeiro e do Hospital Hahnemanniano. Foi membro da Academia Brasileira de Ciências. Era um adepto do positivismo de Auguste Comte e propagava essa filosofia entre os seus alunos na Escola Politécnica, conforme depoimento de seu ex-aluno Roberto Marinho de Azevedo:

A influência de Comte fazia-se sentir no curso de cálculo diferencial e integral de Ferreira Braga e Licínio Cardoso, bem como em cursos particulares de matemática como o do Sr. Nazareth e do Sr. Guedes. A geometria analítica de Comte, a geometria geral como ele preferia chamá-la, era muito lida¹⁵.

Por ocasião da visita de Einstein ao Brasil, em 1925, publicou o artigo intitulado “relatividade imaginária”, em 16 de maio de 1925, n’*O Jornal*. Nesse artigo, afirmava ter ministrado aulas no curso de mecânica na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, em 1923, sobre a teoria da relatividade.

A oposição de Licínio Cardoso à teoria da relatividade popularizou-se e foi inclusive retratada em caricatura, no mesmo periódico¹⁶.

Lendo os comentadores da teoria da relatividade, como Gaston Moch, Jean Becherel, Amoroso Costa, Paul Langevin, Max Born, entre outros, Licínio Cardoso continuava com dúvidas. A concepção do contínuo, para ele, era razoável, mas dentro de certos limites. Em sua opinião, havia fenômenos em que as coordenadas tempo e espaço estavam ligadas, como os fenômenos da cinemática, mas havia outros infinitos fenômenos em que não havia

¹⁴ Paul Painlevé, matemático e político francês, nasceu em 1863 e morreu em 1933. A partir do trabalho de Poincaré sobre equações diferenciais de segunda ordem não-lineares, ele descobriu os transcendentais Painlevé. Ao lado de suas atividades matemáticas, foi ministro da Defesa na Primeira Guerra Mundial. Além disso, foi um entusiasta da aviação, tendo se tornado o primeiro passageiro de um voo, devido a sua amizade com Orville e Wilbur Wright.

¹⁵ AZEVEDO apud MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Visitas de Einstein no Rio de Janeiro*. 2005. p. 14.

¹⁶ Cf. CARDOSO, Licínio. *O Jornal*, 16 de maio, 1925.



¹⁷Op. cit.

dependência entre espaço e tempo, por exemplo, aqueles que estabeleciam correlação entre as propriedades dos corpos. Ele exemplificava dizendo:

¹⁸Op. cit.

eu considero apenas dois fenômenos correlatos, a temperatura e a dilatação. A um certo acréscimo **a** na temperatura de um corpo corresponde um acréscimo **b** no seu volume, consoante o respectivo coeficiente de dilatação. Seja este acréscimo de temperatura adquirido no tempo 1 ou no tempo 2 ou 3, o acréscimo de volume é ganho no mesmo tempo¹⁷.

Assim, entendia que os dois fenômenos variavam simultaneamente sem subordinação ao tempo. Dava ainda outros exemplos de fenômenos que não tinham dependência de tempo: temperatura, volume e coesão ou, também, temperatura, coesão, volume e elasticidade. Com isso, ele concluía que era possível haver contínuos mais ou menos complexos tanto nas ciências físico-químicas quanto na biologia, sociologia e antropologia.

Ao tomar conhecimento dos escritos de autores anti-Einstein, como H. Bonasse, J. Roux, Stéfan Christesco, entre outros, aumentou-lhe a convicção de que as idéias relativistas careciam de fundamentação. Todavia, salientava não concordar com algumas das argumentações do anti-relativista Christesco, que se baseava na hipótese metafísica do ultra-éter. Comentava que H. Bonasse, por exemplo, não considerava a teoria da relatividade como uma teoria física e sim como uma hipótese metafísica. J. Roux falava sobre anomalias na teoria de Einstein, criticando o ultra-éter. Referia-se também a algumas críticas feitas por Nordmann e Moch.

Uma das principais críticas de Licínio Cardoso residia no uso das fórmulas das transformações de Lorentz por Einstein. Especificamente, Licínio Cardoso falava do círculo vicioso em que Einstein entrou ao estabelecer dedutivamente a fórmula de Lorentz, que relaciona o tempo local em função da coordenada do local; considerou o tempo local como uma realidade física, admitindo preliminarmente a existência desse tempo. Outra crítica residia na dedução da expressão das distâncias percorridas em dois sistemas de coordenadas, onde desprezou a velocidade relativa, pois esta era um infinitamente pequeno relativo. Assim, as expressões obtidas por Einstein eram, para Licínio Cardoso, nada mais do que fantasias, e não retratavam nunca uma realidade.

Embora Einstein tenha visitado o Brasil, em 1925, e proferido várias palestras sobre a teoria da relatividade, Licínio Cardoso não mudou sua opinião: “Depois de o haver ouvido em duas conferências nada achei que modificar ao meu juízo”.¹⁸

As críticas de Cardoso apresentadas na Academia Brasileira de Ciências, da qual era membro, pouco eco tiveram, porque a maioria dos membros participantes eram defensores da teoria da relatividade. Pouco tempo após a visita de Einstein, Cardoso faleceu e rompeu-se assim a forte oposição.

Além de Licínio Cardoso, Theophilo Nolasco Almeida, professor da Escola Naval, no Rio de Janeiro, não se entusiasmou muito com a nova teoria einsteiniana. Publicou, em 1930, o livreto *Einstein versus Michelson*, em que afirmava que Einstein não foi marinheiro, e se foi só navegou a vapor, e que não foi também aeronauta, pois se fosse acautelar-se-ia no éter como no ar e compreenderia que a diretriz etérea é a diagonal do espaço. Estava convicto de não ter abalado o edifício construído por Einstein com a sua interpretação, mas, dizia que sábios como Einstein ofuscam, emudecem e sugestionam as inteligências.

A teoria de Einstein fascinava as pessoas porque abordava temas e concepções que inquietam a humanidade desde épocas remotas, como, por exemplo, o tamanho do Universo, a certeza ou incerteza do conhecimento, o conceito de tempo e espaço, que não eram do domínio exclusivo dos cientistas, mas assuntos sobre os quais as pessoas de bom senso refletiam ou discutiam. Ao mesmo tempo em que a teoria parecia se aproximar das pessoas, ela se distanciava a passos de gigante quando o cidadão comum tentava ler um texto de Einstein. A linguagem extremamente matematizada afastava os leitores.

Francisco Pontes de Miranda e a relatividade no direito

No Brasil, não foram apenas os politécnicos que tiveram interesse pela teoria da relatividade. Na área jurídica, encontramos Francisco Pontes de Miranda* (1892-1979), que, em 1925, durante a visita de Einstein ao Brasil, escreveu um artigo jornalístico sobre o tema.

Publicou em 6 de maio de 1925, em *O Jornal*, o artigo intitulado “Espaço – Tempo – Matéria: um dos problemas filosóficos da teoria da relatividade generalizada”. Iniciou o texto com as seguintes indagações: O espaço encurva-se à mercê da matéria ou a matéria cria o espaço? Qual dos dois é dependente, o espaço ou a matéria? O real, segundo Pontes de Miranda, é o espaço-tempo-matéria. Decompô-lo, como Eddington, ou como Weyl, é abstrair. O espaço preexiste ou deriva da matéria?

Uma das questões delicadas da filosofia da teoria da relatividade é a colocada acima, se o espaço preexiste ou se ele se deriva da matéria. Pontes de Miranda imagina uma conversa entre Einstein, Weyl, Mie e Eddington.

Einstein: “O conceito de espaço em si é conceito que não pode ser seriamente defendido, por isso evito esse erro nefasto (*verhängnisvoller Irrtum*)” (*Vier Vorlesungen*, 1922).

Weyl: “Como o caracol, a matéria constrói e forma por si só a sua própria casa” (*Mathematische Analyse des Raumsproblems*, 1923).

Mie: “Mas o campo elétrico é função do espaço e a matéria emanção do campo, dissestes. Portanto, só nos resta uma substância única de universo, que é a mesma nas regiões vazias e nas ocupadas pela matéria”.

Eddington: “Para que vacilar? A matéria é índice e não causa. O espaço preexiste”¹⁹.

¹⁹O Jornal, 6 de maio de 1925, p.1.

* Francisco Cavalcante Pontes de Miranda bacharelou em Direito em 1911. Estreou aos 20 anos com o ensaio filosófico *A moral do futuro*. A partir dessa época não cessou de escrever a sua grande obra, que abrange os campos da Sociologia, da Filosofia, da Matemática e, acima de tudo, do Direito. Foi professor, jurista e diplomata. Sua obra mais importante é o célebre Tratado de Direito Privado, em 60 volumes, concluído em 1970.



²⁰ O *Jornal*, 6 de maio de 1925, p.2.

²¹ Op. cit.

Pontes de Miranda faz uma crítica aos físicos, dizendo que é preciso abordar o problema sob o ponto de vista filosófico. “Na Matemática todos os vossos pontos de vista sem serem verdadeiros, são defensáveis”. Os pontos de vista de Einstein e Eddington se chocam.

Segundo Pontes de Miranda, para Einstein não existe o espaço em si, mas sim o espaço de referência (*Bezugsraum*). Normalmente, se ensina geometria sem estabelecer uma relação entre os conceitos e as experiências cotidianas. O matemático puro pode se contentar com isso, ele se contenta em considerar as proposições demonstradas sem erro lógico, a partir de axiomas. A consideração se a geometria euclidiana é verdadeira ou falsa não tem nenhum sentido para o matemático puro. Ao contrário, para o físico, tem sentido falar de verdade ou exatidão das proposições geométricas. Ou seja, da fisicalização das geometrias.

Com Eddington, ao contrário, parece haver um retorno às idéias de Descartes sobre a concepção de espaço em si:

A posição de Eddington não é sem parentesco, sem ligações com certos fatores da mentalidade inglesa, cuja fórmula em tudo é assegurar pelo compromisso de não ver as contradições – o máximo possível de evolução com o mínimo possível de destruição de velhas formas²⁰.

Pontes de Miranda continua falando da mentalidade inglesa, que é mais predisposta ao empirismo e ao mesmo tempo assaz confiante e interessada pelas inovações.

A teoria da relatividade tal como se acha em Einstein, Weyl e Eddington deve ser considerada mais como uma descrição matemática.

Muito interessante é a posição epistemológica que Pontes de Miranda assume: “O trabalho filosófico precisa ser feito junto com a crítica epistemológica para mostrar a sua significação, o seu valor e o que permite pensar-se sobre os problemas fundamentais da filosofia”²¹.

O real é o espaço-matéria-tempo. Não se pode decompô-lo como deseja Eddington ou Weyl; se tomados um a um, eles são abstrações, assim como a linha e o ponto em geometria. Tomar, então, espaço, matéria e tempo isolados, seriam abstrações da física, tanto quanto o ponto e a linha seriam abstrações da matemática. O acontecimento do universo é compacto espaço-matéria-tempo. O real espaço-matéria-tempo é o que mais satisfaz o espírito moderno.

Pontes de Miranda introduz a equação “tensor de Riemann-Cristoffel” $R_{\mu\nu} = 0$ dizendo que esta é a condição necessária para a euclidianidade do espaço-tempo. Continua argumentando que a teoria da relatividade generalizada assenta, justamente, que o universo é curvo e o espaço finito. *Quid inde?* “Todos sabemos que Einstein partiu da lei acima, mas as dificuldades foram insuperáveis, teve então de adotar um termo corretivo”.

Em 1922, Pontes de Miranda já havia publicado algumas considerações sobre a relatividade numa obra de direito intitulada *Sistema de ciência positiva do direito*, no qual ele parte do princípio de que o fim de toda a

ciência é a convicção subjetiva e não a certeza objetiva. Descarta a possibilidade de conhecermos o íntimo, a substância ou o absoluto das coisas. Isso o leva a encarar o conhecimento não como absoluto e sim como relativo, porque o é a própria experiência.

Considerava que a matemática, a mecânica, a física, a físico-química, a sociologia e outras ciências estavam em condições de igualdade para nos auxiliar nas investigações do problema do conhecimento. Nesse ponto, seu pensamento aproxima-se do positivismo de Comte.

Interessante que, como Comte, Miranda não distinguia muito a matemática da lógica. A lógica se assenta em relações, assim como a matemática. Para ele, todos os nossos conhecimentos são em parte empíricos, inclusive aquelas da física e da geometria.

O fim da ciência não é o de conter o saber, mas sim lutar pela sua obtenção, é ser um guia para alcançar o saber. O objeto do conhecimento, para ele, não são os seres, mas sim as relações entre os seres. É “isto o que colhemos quando notamos a luz, a massa, a energia, o calor”.²² Assim, tempo e espaço não passam de relações. Isso ficou claro após os trabalhos de Gauss, Riemann e Minkowski. A teoria da relatividade de Einstein é um bom exemplo da relatividade do conhecimento.

Para Miranda, a complexidade do mundo confirmava a relatividade do conhecimento. Afirmava que a geometria não é menos relativa. A geometria de Euclides pode ser a mais simples, mas se um observador “espiritual” fixar os olhos a grande distância entre Júpiter ou o Sol, os triângulos formados por três planetas não terão como soma 180 graus. Assim, a geometria do espaço curvo é aquela que mais se adapta à teoria de Einstein, para quem o universo não é euclidiano.

O próprio autor indaga o porquê de tratar de tais assuntos num livro sobre direito e apresenta três razões para isso:

- 1) a fim de atender ao espírito científico, uma vez que não se poderia deixar de desconhecer uma teoria que dilatou e renovou os conhecimentos;
- 2) a construção do sistema da ciência do direito se assenta em fundamentos quantitativos, impessoais e livres;
- 3) a defesa da noção de relatividade do espaço e a necessidade de recorrer a espaços não-euclidianos e n-dimensionais.

Miranda acreditava que as teorias de Einstein eram o melhor exemplo do valor da generalidade dos fatos. Assim, no interior de cada círculo social não era possível admitir qualquer absolutismo.

A geometria analítica tinha servido para traduzir entes geométricos em equações algébricas e vice-versa, então ele acreditava que semelhante quantificação seria possível nas demais ciências. Em sua visão, o sonho de Descartes teria sido realizado por Einstein, que nos obrigou a adquirir a imagem correspondente à noção analítica de quatro dimensões.

²³ Op. cit., p.56.

²⁴ Op. cit., p.61.

²⁵ Op. cit., p.67.

O princípio da relatividade modifica as noções comuns de espaço e tempo. Einstein teria eliminado, com a teoria da relatividade restrita, a influência do movimento uniforme do observador nas leis gerais da física, enquanto que, na teoria da relatividade generalizada, ampliou para movimentos quaisquer. Com isso, Miranda via na teoria da relatividade uma matematização das ciências e uma adoção de critérios mais gerais. Miranda acreditava que o eclipse provava o desvio da luz pelo campo de gravitação, fazendo com que as leis físicas se harmonizassem mais com a revisão das noções de espaço e tempo.

A teoria do conhecimento, assim como a física e a astronomia, se enriqueceram com a teoria da relatividade: a imagem tetradimensional do mundo inicia-se com as teorias einsteinianas. Mas, não apenas essas ciências se enriqueceram, Miranda vai além, e afirma procurar a diferença de tempo nas realizações biológicas e sociais, o tempo local das espécies e dos grupos humanos. Por que isso? Sua resposta é que precisamos achar explicação a muitos fenômenos ainda não entendidos. Evidentemente, chamava atenção para a dificuldade de tal empresa, uma vez que o espírito humano luta contra preconceitos e obscurantismo. “Quem somente vê o indivíduo não conhece o homem; o homem é indivíduo-social, não existe senão na sociedade...”²³

Como fica filosoficamente o autor: no racionalismo ou empirismo? Um pouco de cada, uma ideologia da conciliação: concebe o mundo real como absoluto e relativo ao mesmo tempo, absoluto porque é uma imposição, relativo quando considerado em correlação funcional com o nosso sistema nervoso, que é parte dele.

Miranda via uma grande ilusão na divisão didática das ciências, uma vez que todas se entrosam e se auxiliam, elas não são independentes. Como introduzir a teoria da relatividade na teoria do direito? É necessário que isso seja feito? Talvez não, afirmava Miranda, mas ele responde que é preciso que se adquira o cabedal objetivo que somente as relações podem dar. Como Einstein, Miranda usava e abusava das metáforas:

Será preciso enfrentar o estudo do Direito como se fosse a janela que temos para o real: se nas asas de um inseto está a história do universo, mais ainda na regra que dirige e retifica a atividade de ser como o Homem, que é soma e síntese de evolução²⁴.

O tempo é mestre em conciliar contrastes, em unir ciências e métodos como *une corps*, dizia Miranda. No direito, os métodos científicos são uma necessidade expansiva da mentalidade presente. Dessa forma, ele dividiu a ciência do direito em duas: a teórica e a descritiva.

Uma é abstração das propriedades do real e a outra é o próprio real. Assim, a fim de exemplificar, afirmava que nunca ninguém viu uma relação jurídica, mas, por outro lado, os resultados das relações jurídicas são vistas diariamente: a prisão por crime etc. Quando duas pessoas assinam um contrato, criam uma relação jurídica, ainda que nenhuma dessas pessoas veja, ouça ou sinta essa relação.

Miranda afirmava que o direito precisava sair do “casulo escolástico” em que ficou preso pelas velhas filosofias. Reconhecia que ainda eram profundas as raízes da ciência jurídica na filosofia escolástica: “ainda se elabora a lei como na Idade Média”²⁵. A verdade religiosa lembra o concílio e a autoridade do papa.

²⁶ Op. cit., p.71.

²⁷ Op. cit., p.72.

²⁸ Op. cit., p.73.

²⁹ MARTINS, apud MOURÃO, Op. cit., p.16.

Conclamava que o direito precisava viver de realidade em vez de viver de abstrações, ainda afirmava que a ciência do direito precisava de objetividade e não de simples idéias. Salientava que havia necessidade de se conhecer o que é o fenômeno jurídico. “Somos maus julgadores da significação das coisas passadas e ainda mais das presentes” porque, em sua opinião, não atribuímos o valor que certos fatos têm e, por outro lado, tendemos a exagerar o valor de outros, que pouco significam na ordem histórica.

Apontava para a grande crise que passava a ciência do direito. Ela residia no fato de que alguns pretendiam que a ciência jurídica fosse uma ciência dedutiva, mas, segundo Miranda, ela era uma ciência social e, portanto, ela deveria ser indutiva, como a sociologia. Alguns, em delírio, chegaram a pretender que o jurista “contasse” com os conceitos, assim como o matemático conta com os sinais e algarismos.

Miranda afirmava que a relatividade era um princípio geral porque resultava de nossa impossibilidade de perceber as coisas do mundo em sua íntima essência. Não é preciso, segundo ele, entrarmos no estudo de tempo de Einstein para percebermos o relativismo, basta-nos a relatividade do movimento. Só parece absoluto aquilo que não é conhecido de forma mais extensa. Falando sobre o relativismo social, afirmava que “todos os valores absolutos são relatividades que ainda não se descobriram”²⁶. Assim, o absoluto passava a ser entendido como a mais alta das ficções, como o equivalente metafísico do infinito matemático.

A teoria da relatividade chegou para libertar o homem do jugo do empirismo, segundo Miranda, “se o espaço não é realidade absoluta, podemos tomar outro ponto para a medida do movimento”²⁷.

O ideal do sábio, em sua concepção, era que a “ciência é um ansiar [...] A intuição que dirige o ideal do sábio não é a de que terá a verdade, mas a de que, com os seus inteligentes esforços, pode, cada vez mais, aproximar-se dela”²⁸.

Wilson Martins comenta sobre a inserção das idéias de Einstein no direito feita por Pontes de Miranda:

No que se refere à teoria da relatividade, realmente integra o direito numa estrutura mental diferente [...] no sistema, em que os pressupostos da teoria da relatividade, entre outros, aplicam-se com igual pertinência à análise das instituições jurídicas²⁹.



Conclusões

Após a década de 1930, o entusiasmo pela teoria da relatividade arrefeceu nos meios acadêmicos. A época de maior efervescência das discussões sobre a teoria da relatividade coincidiu com a que ocorreu nos demais países. Semelhante a outros países europeus, houve no Brasil, tanto oposição quanto adesão às idéias de Einstein. Assim como na Espanha a recepção da relatividade foi dominada pelos matemáticos,⁶ no Brasil, também os professores de matemática das escolas politécnicas brasileiras exerceram um papel fundamental, entre eles é digno de menção Manoel Amoroso Costa e Theodoro Augusto Ramos, o primeiro professor no Rio de Janeiro e o segundo em São Paulo.

As análises realizadas até o momento parecem indicar que a teoria da relatividade, no Brasil, assim como em outros países latinos, não foi aceita de forma total, mas enfrentou restrições por parte dos engenheiros, concorrendo para isso, também, o positivismo ainda arraigado nas escolas politécnicas do país, onde a ciência não permitia dúvidas.

As publicações sobre a teoria da relatividade no período analisado são em número reduzido, se compararmos com aquelas produzidas em países europeus. Além disso, a divulgação no Brasil aconteceu vários anos após as primeiras produções de Einstein, em 1905. Por outro lado, coincidem com a década de maior fervor da teoria, os anos 1920, quando também iniciou-se a divulgação no Brasil.

Pode-se dizer que, no Brasil, houve muito mais uma receptividade positiva do que uma rejeição à teoria da relatividade no meio acadêmico nas décadas de 1920 e 1930.

Como dizia Pontes de Miranda, o homem é indivíduo-social, não existe senão na sociedade, não é possível compreender Einstein fora do contexto em que produziu sua teoria, a qual foi resultado da colaboração involuntária de muitos que o antecederam. Foi porque estas mentes seguiram numa determinada direção que se tornou possível o nascimento da relatividade.

ANEXO

Notícias, artigos, livros sobre a teoria da relatividade e Einstein publicados no Brasil de 1919 a 1936 por autores brasileiros

- Ramos, Theodoro Augusto Ramos. Sobre a theoria da estructura do espectro das raias do hydrogenio. *Revista Polytechnica*. São Paulo, ago. 1923.
- _____. A theoria da relatividade e as raias espectraes do hydrogenio. *Revista Polytechnica*. São Paulo, nov. 1923.
- Freire, Luiz de Barros. Um interessante aspecto da teoria da relatividade. *Boletim de Engenbaria*, Recife, ano 2, 1 (1), 1924.

- Borba, Gustavo Ramalho. Considerações sobre a relatividade. *Revista Militar de Engenharia*, 24, p. 452-482 e p. 603-647, Rio de Janeiro, 1925.
- Ramos, Theodoro Augusto. Reflexões sobre a teoria da relatividade. *O Jornal*, Rio de Janeiro, 7, 1917, p.2 e 4, 21 de março de 1925.
- Oliveira, Samuel. *O relativismo de Einstein para todos*. Rio de Janeiro: Typografia d'Encardenadora, 1929.
- Almeida, Theophilo Nolasco. *Einstein versus Michelson*. Rio de Janeiro: Imprensa Naval, 1930. (Professor da Escola Naval.)
- Rache, Pedro Demosthenes. *A relatividade e sua aplicação ao estudo dos fenômenos físicos*. Belo Horizonte: Imprensa Oficial de Minas Gerais, 1932.
- Prado, Luiz Cintra. A synthese dos phenomenos physicos. *Revista Polytechnica*. São Paulo, janeiro-fevereiro 1933. (Professor da Escola Politécnica do Rio de Janeiro.)
- Caldas Júnior, Antonio Pereira. O espaço segundo Einstein. *Folha da noite*, São Paulo, 10 de março de 1933.
- Almeida, Miguel Ozório. *A ação humana e social de Einstein. Ensaios, críticas e perfis*. Rio de Janeiro: F. Briguet e Cia., 1935.
- Pinto, Mattos. A relatividade do mundo e Einstein. *Revista da Semana*, ano xxxvi, n. 20, Rio de Janeiro, 25 de abril de 1936.
- Azevedo, Roberto Marinho. A teoria da relatividade de Einstein. *O Jornal*, Rio de Janeiro, 7, 1917, p.2 e 4, 21 de março de 1925.
- Gama, Lélío. A teoria da relatividade e os eclipses do Sol. *O Jornal*, Rio de Janeiro, 7, 1917, p.2 e 4, 21 de março de 1925.
- Chateaubriand, Assis. Um gênio, com uma parcela de divindade. *O Jornal*, Rio de Janeiro, 7, 1918, p.1 e 2, 22 de março de 1925.
- Fradique, Mendes. A pilhéria de Einstein. *O Jornal*, Rio de Janeiro, 7, 1918, p.5, 22 de março de 1925.
- Miranda, Francisco Pontes. Espaço-tempo-matéria. *O Jornal*, Rio de Janeiro, 7, 1956, p.1, 6 de maio de 1925.
- Cardoso, Licínio. Relatividade imaginária, *O Jornal*, Rio de Janeiro, 7, 1964, p.4, 16 de maio de 1925.
- Barrouin, Affonso. *A ilusão de Einstein, ou A Relatividade de Einstein e a Relatividade de Galileu*. Rio de Janeiro: Jacinto Ribeiro dos Santos, 1925.
- Campanello, Netto. *Algumas palavras sobre Alberto Einstein*. Recife: Imprensa Industrial, 1926. (Professor da Faculdade de Direito e membro da Academia Pernambucana de Letras.)
- Summer, George. *A experiência de Michelson*. Rio de Janeiro: Colégio Pedro II, 1926. Tese apresentada à Congregação do Colégio Pedro II para o concurso ao cargo de professor catedrático da cadeira de física do mesmo colégio. (Engenheiro geógrafo e civil pela Escola Politecnica do Rio de Janeiro, docente efetivo da Escola Normal, ex-professor do Instituto Profissional João Alfredo.)



- Freire, Luiz. A questão prévia contra a teoria d'Einstein. *Boletim de Engenharia*, Rio de Janeiro, p. 8-9, 1926.
- Azevedo, R. M. Resposta a algumas objeções levantadas entre nós contra a teoria da relatividade, *Revista da Academia Brasileira de Ciências*, n. 1, p. 13-17, abril de 1926.
- Pereira, F. L. R. Recepção de Einstein, *Revista da Academia Brasileira de Ciências*, n. 1, p. 77-79, abril de 1926.
- Ramos, Theodoro. A teoria da relatividade e as raias espectrais do hidrogênio. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 1, 1, p. 20-27, Rio de Janeiro, março de 1929.

A autora agradece o financiamento de pesquisa do Instituto Max-Planck de História da Ciência, Berlim.

Referências

- ALBUQUERQUE, Miguel Tenorio. *Compendio de physica*. Rio de Janeiro: Jacinto Ribeiro dos Santos, 1931.
- BARTY, Jacques. La multiplication des vies. *Homme Libre*, 28 out. 1921.
- BIEZUNSKI, Michel. *La diffusion de la theorie de la relativité en France*. Paris, 1981. Thèse.
- BOLOCCO, Richard. Autour des théories d'Einstein le temps est un élément irréel. *Nature*, 6 nov. 1921.
- COSTA, Manoel Amoroso. *Introdução à teoria da relatividade*. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1995.
- COUTINHO, Gago. *Tentativa de interpretação simples da teoria da relatividade restrita*. Coimbra: Imprensa da Universidade, 1926.
- EINSTEIN, Albert. *The special and the general theory*. Chicago: Henry Regney, 1931.
- _____. *A teoria da relatividade especial e geral*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- _____. LORENTZ, H.; MINKWOSKI, H. *O principio da relatividade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989.
- EISENSTÄDT, Jean; FABRIS, Júlio C. Amoroso Costa e o primeiro livro brasileiro sobre a Relatividade Geral. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 6, n. 2, p. 185-192, 2004.
- FOLSING, Albrecht. *Albert Einstein: eine Biographie*. Frankfurt: Suhrkamp, 1993.
- GLICK, Thomas. *The comparative reception of relativity*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- LATOUR, Bruno. A relativistic account of Einstein's Relativity. *Social Studies of Science*, v. 8, p. 3-44, fev. 1988.
- L'Actualité scientifique: Einstein & l'univers – une conversation avec M. Charles Nordmann de l'Observatoire de Paris, Télégramme, 8 de dezembro de 1921.

- LAURENT, René. A propósito de Einstein: sua carreira, seu caráter e suas convicções. *Europe Nouvelle*, 12 nov. 1921.
- MARTINS, Roberto; OLIVEIRA, Roberto. *Entrevista com Francisco de Oliveira Castro*. CBPF, 17 maio 1988.
- MIRANDA, Francisco Cavalcanti Pontes de. *Sistema de ciência positiva do direito*. Rio de Janeiro: s.n., 1922.
- _____. Vorstellung von Raume. In: *Congresso Internazionale di Filosofia*, 5., 1925, Napoli: Società Anonima editrice Francesco Parrella, 1925. p. 559-565.
- MOREIRA, Ildeu; VIDEIRA, Antonio (Org.). *Einstein e o Brasil*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1995.
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Explicando a teoria da relatividade e a visita de Einstein no Brasil*. Rio de Janeiro: Ediouro, 1997.
- _____. *Visitas de Einstein no Rio de Janeiro*. Sobral: Edições UVA, 2005.
- PRADO, Luiz Cintra. A synthese dos phenomenos physicos. *Revista Polytechnica*, p. 3-19, jan./fev. 1934.
- PYENSON, Lewis; SHEETS-PYENSON, Susan. *Servants of Nature: a history of scientific institutions, enterprises and sensibilities*. London: Fontana Press, 1999.
- _____. An end to National Science: the meaning and the extension of local knowledge. *History of Science*, n. XL, p. 57-59, 2002.
- SCHWARTZ, Joseph. *Conheça Einstein*. São Paulo: Proposta Editorial, 1984.
- SILVA, Circe Mary. Recepção da teoria da relatividade no Brasil. *Revista Brasileira de História da Matemática*, v. 5, n. 10, p. 57-59, 2005.
- TOLMASQUIM, Alfredo. Constituição e diferenciação do meio científico brasileiro no contexto da visita de Einstein em 1925. *E.I.A.L.*, v. 7, n. 2, p. 25-44, 1996.
- _____. *Einstein: um viajante da relatividade na América do Sul*. Rio de Janeiro: Viera & Lent, 2004.
- VALCOURT. Carnet d'un optimiste. *Le Matin*, 28 out. 1921.

Relatividade e cultura na Argentina: Einstein entre jornalistas e filósofos

Diego Hurtado de Mendoza

Professor titular de História da Ciência, Universidad Nacional de General de San Martín e Universidad de Buenos Aires

Tradução do espanhol: Alicia Ivanissevich

Algumas reflexões sobre a fama de Einstein

Se durante a década de 1910 Einstein já era tratado pela imprensa de língua alemã como uma “divindade menor”¹, o anúncio em Londres da confirmação astronômica de sua Teoria Geral da Relatividade em 6 de novembro de 1919 desencadeou um imprevisível e vertiginoso processo que resultou na notoriedade internacional de Albert Einstein e de sua teoria.

A introdução do artigo publicado no jornal londrino *The Times* da sexta-feira 7 de novembro dizia: “Revolução na ciência. Nova teoria do universo. Idéias newtonianas superadas”². As notícias da imprensa britânica chegaram dois dias depois às páginas de um dos principais jornais dos Estados Unidos, *New York Times*. Em poucos dias, a teoria da relatividade e a figura de Einstein transformaram suas páginas em objeto de polêmico debate. O próprio Einstein apareceria nas páginas do *New York Times* qualificando de “psicopatológico” o interesse do público norte-americano nas implicações de sua teoria³.

Durante as semanas seguintes, foram numerosos os artigos publicados por jornais norte-americanos, como o próprio *New York Times*, o *Washington Post*, ou o *Christian Science Monitor*. As discussões geradas em torno da figura do físico e de sua teoria foram numerosas. A nacionalidade de Einstein foi inicialmente um dos temas delicados: suíça ou alemã? Em alguns casos, aludiu-se ambigualmente ao “professor de Praga”, embora sua passagem pela Universidade Alemã de Praga tivesse ocorrido entre abril de 1911 e julho de 1912. Também se criou durante esses meses o mito dos “12 homens”, segundo o qual só 12 pessoas no mundo seriam capazes de compreender a teoria da relatividade. Outro ponto conflitante visível nas páginas dos jornais norte-americanos foi a série de reiteradas referências a “um pânico intelectual” dos cientistas, que não eram capazes de explicar ao público o sentido e as conseqüências da nova teoria. Finalmente, alguns cientistas norte-americanos, com grau variável de virulência, questionaram a validade da teoria da relatividade. A versão mais persistente, sustentada entre outros pelo físico norte-americano Robert Millikan, afirmava que a deflexão dos raios de luz nas vizinhanças do Sol poderia ser explicada como um fenômeno de refração ao atravessar a (então pouco conhecida) atmosfera solar. Por exemplo, um artigo de 10 de novembro de 1919 no *New York Times* citava:

¹ PAIS, Abraham. *Einstein Lived Here*. Oxford: Oxford University Press, 1994. p. 144.

² THE TIMES. *Revolution in Science*, 7 nov. 1919. p. 12.

³ Cf. NEW YORK TIMES. *Einstein Sees End of Time and Space*, 4 abr 1921. p. 5.

“Alguns cínicos sugerem que a teoria de Einstein é só uma versão científica do fenômeno bem conhecido de que uma moeda em um recipiente com água não está no lugar onde parece estar, e se perguntam o que há de novo na refração da luz”⁴.

“Quando as paralelas se encontram? Quando um círculo não é um círculo? Quando os três ângulos de triângulo não são iguais a dois retos? Bem, quando o bolchevismo entra no mundo da ciência, claro!” Trata-se de um artigo no qual um professor de Colúmbia, Charles Lane Poor, explicava “as teorias astronômicas de Einstein”. Neste artigo lê-se que certo mal-estar invadiu a ciência e hoje existe um conflito tão grande no campo do pensamento científico como o que existe no campo da vida política e social. Há muitos que descartariam as corroboradas teorias sobre as quais temos construído a estrutura completa da física moderna “em favor de especulações psicológicas e sonhos fantásticos sobre o universo”⁵.

Estas são algumas breves amostras de um heterogêneo debate que começou a se expandir de maneira inesperada em novembro de 1919. As razões que levaram uma teoria científica a desencadear de repente um estado de comoção em um espectro tão amplo do público não científico foram objeto de várias tentativas de explicação, tanto por parte de cientistas quanto de historiadores da ciência, embora todos coincidam em destacar que o fenômeno é um reflexo da situação cultural geral que se seguiu à Primeira Guerra Mundial. Por exemplo, o físico Paul Dirac, um dos fundadores da física quântica, afirmou sobre essa questão:

“É fácil ver a razão deste tremendo impacto. Acabávamos de viver uma guerra terrível e muito grave. [...] Todos queriam esquecê-la. E então apareceu a relatividade como uma idéia maravilhosa que nos conduzia a um novo domínio do pensamento. Era uma fuga da guerra. [...] A relatividade era um tema sobre o qual todo mundo se sentia competente para escrever de uma maneira filosófica geral. Os filósofos apresentaram a idéia de que cada coisa tinha que ser considerada relativa a alguma outra e, além disso, proclamaram que sempre souberam a respeito da relatividade”⁶.

Alguns historiadores coincidem em traços gerais com Dirac ao sustentar que a dramática ascensão de Einstein à fama internacional foi favorecida pelo clima político e cultural que caracterizou o pós-guerra, mas também atribuem um lugar primário às peculiares características da linguagem empregada na divulgação da teoria. Embora fossem muito poucos os especialistas que conseguiram capturar naqueles anos o sentido das contribuições de Einstein, o seu conteúdo foi expresso a partir de termos que faziam parte da linguagem cotidiana. Um exemplo é a expressão “espaço curvo”. Todos pensam que sabem o que significa “espaço” e todos sabem o que é “curvo”, mesmo que dificilmente alguém entenda o sentido de “espaço curvo”. Mesmo que o sentido científico preciso da expressão “espaço curvo” escape ao leigo, as palavras que compõem o conceito são suficientemente

⁴ NEW YORK TIMES. Lights All Askew in the Heavens, 10 nov. 1919. p. 17.

⁵ NEW YORK TIMES. Jazz in Scientific World, 16 nov. 1919.

⁶ DIRAC, apud KRAGH, Helge. *Quantum Generations. A History of Physics in the Twentieth Century*. Princeton: Princeton University Press, 1999. p. 103



⁷ Cf. MISSNER, Marshall. Why Einstein Became Famous in America. *Social Studies of Science*, n. 15, v. 2, 1985, p.267-291 PAIS, Abraham. *Einstein Lived Here*. Oxford: Oxford University Press, 1994. p. 148.

⁸ Cf. KEVLES, Daniel. *The Physicists. The History of a Scientific Community in Modern America*. Cambridge, U.S.A.: Harvard University Press, 1995. p. 170-175. ASÚA, Miguel de; HURTADO de MENDOZA, Diego de. *Imágenes de Einstein. Relatividad y cultura en el mundo y la Argentina*. Buenos Aires: Eudeba, 2006. p. 86-88.

⁹ Cf. LA NACIÓN. Las leyes de Newton, 9 de novembro de 1919. p. 1. LA PRENSA. Estudios del último eclipse solar, 9 de novembro, de 1919. p. 9.

familiares para lhe dar uma sensação de que se deu informação sobre um tópico esotérico, porém próximo. O mesmo pode ser dito da expressão “as estrelas não estão onde parecem estar”. De novo, temos uma frase cujos termos são compreensíveis, embora o conteúdo seja algo misterioso. É esse efeito de mistério que levou os jornalistas a comparar a física de Einstein com *Alice no país das maravilhas*, acompanhada da familiaridade dos termos que a expressam, o que pode dar conta da afinidade e do gosto universal favorável que as idéias de Einstein provocaram no público geral⁷.

Às razões para explicar a fama de Einstein, podemos somar a crescente sensibilidade que uma importante fração dos cientistas norte-americanos – principalmente aqueles reunidos na National Academy of Science e no National Research Council – começou a demonstrar sobre a necessidade de se aproximar da opinião pública para promover a importância da pesquisa científica. A ciência e a tecnologia haviam transformado a guerra e agora deviam ser usadas para transformar a civilização. Era necessário tornar “mais científico” o povo norte-americano, e isso só seria possível através da popularização da ciência. O “fenômeno Einstein” teve lugar nesse momento. Bem, é verdade que a popularização da ciência nos Estados Unidos voltou-se mais para os benefícios da ciência aplicada. Mas também é verdade que o próprio prestígio obtido pela ciência permitiu associar as teorias mais complexas aos produtos tecnológicos, ajudando a fazer do “cientista puro”, no estilo de Einstein, uma figura respeitada e prestigiada⁸.

Motivos da viagem de Einstein à América do Sul

Na Argentina, os resultados do eclipse foram registrados sem muita ênfase nos principais jornais. No domingo 9 de novembro de 1919 – o mesmo dia em que o *New York Times* iniciava nos Estados Unidos uma torrente jornalística em torno da figura de Einstein —, os jornais *La Nación* e *La Prensa* dedicaram umas poucas linhas ao assunto. Ambas as notas, baseadas em uma mensagem telegráfica recebida de Londres, falam de desvio, embora nenhuma dê detalhes acerca do que é que se desvia. É claro que os autores dessas linhas não tinham muita idéia a respeito do que se estava dizendo⁹.

A teoria da relatividade e o nome de seu autor começaram a se tornar familiares para a classe média educada de Buenos Aires só no fim de 1920. Isso foi o resultado, em grande parte, de alguns conferencistas entusiastas. Curiosamente, nenhum deles era físico. No início dos anos 1920, o mais influente divulgador da teoria da relatividade, embora não o mais preparado, foi Leopoldo Lugones, no auge de sua fama como um dos mais reconhecidos poetas modernistas latino-americanos e intelectual comprometido com a realidade política. O Centro de Estudantes de Engenharia da Faculdade de Ciências Exatas, Físicas e Naturais (FCEFYN) da Universidade de Buenos Aires (UBA) convidou Lugones a dar uma conferência sobre intuição geométrica e conceitos físicos. A conferência, proferida em 14 de agosto de

1920, foi publicada um ano mais tarde com o título *O tamanho do espaço — Um ensaio de psicologia matemática* (1921). No dia 3 de setembro, três semanas depois da conferência de Lugones, Georges Duclout — engenheiro francês professor da UBA — deu uma palestra intitulada “Matéria, energia e relatividade.” A versão publicada foi dedicada a Lugones. Nos dias 20 e 27 do mesmo mês, o padre jesuíta José Ubach - filósofo e teólogo que tinha se formado como “prático” no Observatório de Ebro (Espanha) - proferiu duas conferências no Colégio Salvador, em Buenos Aires. Assim como Lugones, Ubach publicou suas conferências em um pequeno livro intitulado *A teoria da relatividade na física moderna — Lorentz, Minkowski, Einstein* (1920). Também parecem ter desempenhado um papel importante na difusão do nome de Einstein e de suas contribuições à física o ciclo de conferências sobre a relatividade que teve lugar em 1921 a cargo de um aluno de Duclout, Enrique Butty, engenheiro especializado em teoria da elasticidade e em cálculo tensorial. Quando Einstein visitou a Argentina, os jornais recordaram as conferências de Butty, que tinham sido publicadas na *Revista do Centro de Estudantes de Engenharia* e depois reunidas pelo autor em um livro intitulado *Introdução filosófica às teorias da relatividade* (1924). Para completar o panorama, é necessário mencionar a visita à Argentina, entre julho e agosto de 1920, do físico experimental espanhol Blas Cabrera – provavelmente o mais importante difusor da relatividade na Espanha –, o qual proferiu conferências sobre a teoria da relatividade e a física quântica na Sociedade Científica Argentina, na Universidade Nacional de Córdoba e na Faculdade de Filosofia e Letras da UBA¹⁰.

No que diz respeito à difusão das idéias de Einstein, os físicos locais tiveram menor participação. O primeiro indício de interesse na física relativística manifestou-se no período 1923-1924, em uma trilogia de artigos publicada no *Boletim do Centro Naval*, revista que desde sua criação em 1882 representava os interesses pela modernização técnica de um setor de oficiais da marinha. Os autores foram os físicos José Collo e Teófilo Isnardi – ambos da Universidade Nacional de La Plata, tinham feito pós-graduação na Alemanha e, ao retornarem, tinham sido integrados ao grupo de professores da Escola Naval – e o astrônomo Félix Aguilar, que tinha se formado como engenheiro também em La Plata e trabalhava no Instituto Geográfico Militar. Os três artigos foram concebidos como parte de um único panorama. Collo apresenta a relatividade especial, Isnardi se dedica à teoria geral da relatividade e, por último, Aguilar desenvolve as possíveis comprovações astronômicas, para as quais trata, entre outras questões, do movimento do periélio de Mercúrio e a curvatura de raios luminosos nos eclipses de 1919 e 1922¹¹.

No dia 24 de junho de 1922, às 11h, foi assassinado por grupos nacionalistas em Berlim o ministro judeu das Relações Exteriores Walter Rathenau. Ele estava a caminho de seu escritório em seu carro quando recebeu seis disparos. Diante da informação de que o nome de Einstein integrava uma lista das possíveis próximas vítimas, Einstein decidiu fazer uma longa

¹⁰ ASÚA, Miguel de; HURTADO de MENDOZA, Diego de. *Imágenes de Einstein. Relatividad y cultura en el mundo y la Argentina*. Buenos Aires: Eudeba, 2006. p. 309-310

¹¹ Cf. COLLO, José. Teoría de la relatividad. *Boletín del centro naval*, n. 41, v. 442, p. 264-284, 1923. ISNARDI, Teófilo. Teoría de la relatividad, *Boletín del centro naval*, n. 41, v. 443, p. 413-449, 1923. AGUILAR, Félix. Teoría de la relatividad. *Boletín del centro naval*, n. 41, v. 445, p. 747-762, 1924.



¹² Cf. NEWYORKTIMES. Einstein Theory "Bourgeois" And Dangerous Say Russians, 16 ago. 1922. p. 1.

¹³ Cf. LUGONES, Leopoldo. Por la ciencia y la libertad. *La Nación*, 9 de agosto de 1922.

viagem ao exterior. Essa viagem estendeu-se por cinco meses, começou com visitas curtas a Colombo, Cingapura, Hong Kong e Xangai. Em 10 de novembro, Einstein chegou a Kobe, Japão, onde ficou por cinco semanas. Durante esses dias tinha chegado a Berlim o telegrama que informava que lhe havia sido concedido o prêmio Nobel de física correspondente ao ano de 1921. A entrega do prêmio tinha o atraso de um ano, razão pela qual também se tornou público, ao mesmo tempo, que o beneficiado com o prêmio de 1922 era o físico dinamarquês Niels Bohr. Como estava no Japão, Einstein não pôde comparecer para receber o prêmio em Estocolmo. Além do recrudescimento da oposição dos chamados "anti-relativistas" alemães – grupo que, depois de 1933, com a ascensão nazista na Alemanha, promoveu a concepção de "física ariana" –, o anúncio do Nobel despertou as críticas do partido comunista soviético, que anunciou à imprensa internacional sua condenação da teoria de Einstein por ser "de natureza reacionária e por dar apoio a idéias contra-revolucionárias", e também pelo fato de ser "o produto da classe burguesa em decomposição". Nesse sentido, tratava-se de uma concepção "idealista" e, portanto, irreconciliável com o materialismo ¹².

Durante sua visita ao Japão, Einstein proferiu em Kyoto uma conferência intitulada "Como acreditar na teoria da relatividade", que teve importância significativa para os historiadores, uma vez que ali ele fez um relato de como chegara às primeiras idéias sobre sua teoria geral da relatividade. Depois de partir, Einstein visitou a Palestina. Em 8 de fevereiro de 1923, foi nomeado primeiro cidadão honorário de Tel Aviv. Na volta a seu país, passou três semanas pela Espanha e, em 15 de março de 1923, Einstein iniciou seu retorno para Berlim.

Enquanto isso, na Argentina, junto com a notícia do assassinato de Walter Rathenau, mencionava-se também nas páginas dos jornais que a vida de Einstein estava em perigo. Em um artigo intitulado "Pela ciência e pela liberdade", publicado no jornal *La Nación* no início de agosto de 1922, Lugones propunha convidar Einstein para oferecer "um curso livre que o sábio ministrará como ele bem entender, e para o qual nós, seus admiradores, contribuiremos com uma cota mínima de dez pesos mensais por cabeça, o que lhe permitiria ganhar honradamente a vida e cujo total não seria inferior a mil pesos"¹³. Outras vezes se somaram à iniciativa. No fim de agosto, foi aprovada pelo Conselho Diretor da FCEFyN a proposta de Duclout de outorgar a Einstein o título de doutor *honoris causa* em ciências físico-matemáticas da UBA por sua teoria geral da relatividade. Por sua vez, o secretário dessa universidade, Mauricio Nirenstein, era um membro ativo da Associação Hebraica Argentina, organização que havia começado a cogitar a possibilidade de uma visita de Einstein ao país. Finalmente, Duclout e o filósofo Coriolano Alberini – protagonista do que foi chamado de "reação antipositivista" no campo intelectual argentino e interessado nas conseqüências epistemológicas da teoria da relatividade – fizeram no dia 30 de outubro a apresentação formal diante do Conselho Superior da UBA da proposta de convidar Einstein para proferir na Argentina uma série de

conferências sobre os temas que o convidado escolheria. Após longas negociações, em 16 de maio de 1924 foi confirmado que Einstein visitaria a Argentina entre o final de março e o início de abril. A viagem e os honorários do físico seriam financiados com fundos da UBA, da Associação Hebraica Argentina e do Instituto Cultural Argentino-Germânico. Como no resto do mundo, a situação dos judeus na Argentina era difícil. O anti-semitismo estava aumentando, ao mesmo tempo em que crescia o espaço político ocupado pelos setores nacionalistas. Era lógico pensar que, entre outras coisas, a visita de Einstein poderia ter sido concebida como parte de uma estratégia para neutralizar essas tendências. Nesse contexto, é particularmente interessante a postura de Lugones, favorável à visita, se pensarmos que, naqueles anos, o escritor argentino já ocupava um importante lugar como porta-voz de um nacionalismo autoritário e militarista.¹⁴

¹⁴ Cf. ORTIZ, Eduardo. A Convergence of Interest: Einstein's Visit to Argentina in 1925, *Ibero-Amerikanisches*, n. 21, v.1/2, p. 80-82, 1995. LOVISOLO, Hugo. Einstein: uma viagem, duas visitas. In: MOREIRA, Ildeu de Castro; VEIDEIRA, Antonio Augusto Passos (Eds.). *Einstein e o Brasil*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1995. p. 231-236.

¹⁵ Cf. LA RAZÓN. Einstein dio hoy su primera conferencia, 27 de março de 1925. p. 3.

¹⁶ Cf. LA NACIÓN. Einstein dio ayer su quinta conferencia, 7 de abril de 1925. p. 4.

Um físico nos jornais de Buenos Aires

Em 5 de março de 1925, Einstein, então com 46 anos, embarcou em Hamburgo no barco *Cap Polônio*, rumo à América do Sul. Em 21 desse mês, o barco aportou no Rio de Janeiro. O comentário das atividades de Einstein no Rio de Janeiro – sua visita ao Jardim Botânico, o almoço no Copacabana Palace Hotel – divide a primeira página do jornal *La Nación* com outra nota que comenta que “Mussolini enviou uma mensagem aos fascistas” por ocasião do aniversário da fundação dos ‘fasci’.

Uma comissão de recepção foi ao encontro de Einstein em Montevideú. Esperava-se que o *Cap Polônio* chegasse ao porto de Buenos Aires em 24 de março, mas só chegou no dia seguinte, depois das 2h. Como parte do ciclo de conferências acordado com a UBA, Einstein proferiu uma palestra de abertura no salão de atos do Colégio Nacional Buenos Aires, sete conferências na FCEFYN e discursou também durante a inauguração dos cursos desse ano na Faculdade de Filosofia e Letras da UBA. A primeira conferência ocorreu em 26 de março. A edição de 27 de março de *La Razón* descreve o clima de tensão do salão de atos do Colégio Nacional Buenos Aires. O ato foi presidido pelo ministro da Justiça e Instrução Pública, “o qual se sentou tendo, ao seu lado direito, o professor Einstein e, ao seu lado esquerdo, o reitor da Universidade, o doutor José Arce”, e os assentos restantes do tablado foram ocupados por seis diretores e outros funcionários da universidade.¹⁵ Durante sua estada na Argentina, também viajou a La Plata em 2 de abril, participou dos festejos na Federação Sionista Argentina para comemorar a inauguração da Universidade Hebraica em Jerusalém, que ocorreu durante esses dias, e almoçou no Jockey Clube. No dia 7 de abril, o jornal *La Nación* conta que Einstein se encontrou com o jovem fisiologista Bernardo Houssay (futuro prêmio Nobel de fisiologia ou medicina), diretor desde 1919 do Instituto de Fisiologia da Faculdade de Ciências Médicas da UBA.¹⁶



¹⁷ Cf. MARISCOTTI, Mario. La visita de Einstein a la Argentina, *Revista de Enseñanza de la Física* 9 (1), 1996.

¹⁸ Cf. LOEDEL PALUMBO, Enrique. Die Form der Raum-Zeit-Oberfläche eines Gravitationsfeldes, das von einer punktförmigen Masse herrührt. *Physikalische Zeitschrift* 27, p. 645-647, 1926.

¹⁹ Ver, por exemplo: *Crítica*. “Crítica” se propone divulgar las teorías relativistas de Einstein, 14 de maio de 1925, p.5 e *Crítica*. ¿Qué significa la teoría de Einstein? 19 de março de 1925, p.9.

No dia 12 de abril viajou a Córdoba, onde encontrou seu amigo, o fisiologista russo Georg Friedrich Nicolai, que foi um dos quatro signatários em 1914, junto com Einstein, do chamado “Contramanifesto” que era contrário à guerra e fazia um chamado à união cultural da Europa. Professor na Alemanha, as conseqüências da postura pacifista de Nicolai o conduziram à Argentina, onde chegou em 1922 e foi contratado como professor da Universidade de Córdoba. Ao voltar de Córdoba, em 16 de abril, Einstein encontrou-se com cientistas argentinos na FCEfyN, em uma sessão especial organizada pela Academia Nacional de Ciências Exatas e Naturais, da qual participaram José Collo, Teófilo Isnardi, Ramón Loyarte, o astrônomo Félix Aguilar, o químico Damianovich e Enrique Loedel Palumbo, estudante de doutorado na Universidade Nacional de La Plata. De todas as intervenções, a mais interessante foi a pergunta que Loedel formulou a Einstein, vinculada à forma da superfície espaço-temporal do campo gravitacional de uma massa pontual.¹⁷ No ano seguinte, Loedel publicaria um artigo sobre o tema em um número da revista alemã *Physikalische Zeitschrift*.¹⁸

No caso particular do jornal *La Prensa*, Einstein aceitou escrever em suas páginas em caráter de colaboração. Por outro lado, um traço notório do *La Nación* – além de um acompanhamento quase diário das atividades de Einstein – foi a reprodução das traduções para o espanhol, elaboradas pelo físico Isnardi, de todas as conferências proferidas por Einstein (em francês) na UBA. Finalmente, o jornal *La Razón* fez uma cobertura menos exaustiva, e o jornal *Crítica*, com seu estilo mais popular, diferenciou-se do resto ao apelar com freqüência à ironia e ao humor, embora talvez o traço mais característico tenha sido o deslocamento do tema científico para o terreno da assombração, através da associação reiterada de Einstein e de sua teoria a termos como “mistério”, “lenda”, “fantasia” ou “prodígio”.¹⁹

Essa cobertura da visita de Einstein pela imprensa argentina é a que marca, podemos dizer, o início do processo de recepção da teoria da relatividade por parte de um setor amplo da cultura. É preciso destacar brevemente que o panorama que surge da intervenção daqueles que foram apresentados publicamente como conhecedores da física relativística na imprensa é bastante heterogêneo. O que resulta evidente é que o fato de aparecer diante de grandes audiências como conhecedor da teoria da relatividade era naqueles tempos um bem simbólico almejado, e o poder político não foi alheio a essa ambição. Trata-se de uma teoria que pressupõe idéias distantes da intuição, de conteúdo matemático complexo e que arrasta uma aura de mistério e novidade. Assim, a lista dos “especialistas” mais visíveis que aparecem na imprensa é bastante heterogênea e parece apontar para um certo parentesco entre a relatividade e o poder acadêmico e/ou político: um poeta e jornalista no auge de sua fama (Leopoldo Lugones); um militar engenheiro professor da UBA que poucos anos mais tarde seria ministro da Guerra (Luis Dellepiane); um engenheiro especializado em teoria da elasticidade e cálculo tensorial que alcançaria o cargo de reitor da UBA no fim da década de 1920 (Enrique Butty); um divulgador que tinha sido ministro

de Obras Públicas da província de Córdoba entre 1913 e 1916, senador provincial em 1924 e que logo depois (entre 1924 e 1930) seria deputado nacional (Martín Gil). Em todo caso, foram escassas as intervenções dos físicos argentinos na difusão das idéias de Einstein. O exemplo mais relevante ocorreu no jornal *La Prensa*, no qual foi publicado um artigo de Ramón Loyarte, diretor até sua morte em 1943 do Instituto de Física da Universidade Nacional de La Plata (com algumas interrupções nas quais foi presidente daquela universidade), que também chegou a ocupar uma cadeira como deputado nacional da província de Buenos Aires pelo Partido Demócrata Nacional (também chamado “partido conservador”). O artigo de Loyarte em *La Prensa* representa talvez a única tentativa séria de divulgar algumas das idéias vinculadas à teoria da relatividade, embora essa intervenção também servisse a seu autor como oportunidade de ostentação literária, exibição de tecnicismos e alusão a valores cristãos.²⁰ Como já foi mencionado, também podem ser incluídas entre as intervenções dos físicos argentinos na imprensa a publicação no jornal *La Nación* das transcrições taquigráficas das conferências de Einstein (evitando o formalismo matemático) realizadas pelo físico Teófilo Isnardi.

²⁰ Cf. LOYARTE, Ramón. Einstein. *La Prensa*, 24 mar.1925. p. 14.

²¹ Cf. ALBERINI, Coriolano. *Epistolario*. Mendoza: Universidade Nacional de Cuyo, Instituto de Filosofia, 1980.

Assimilação da relatividade desde a filosofia

Para completar o panorama sobre o tratamento de Einstein e da física relativística na imprensa argentina, devemos mencionar a conferência do diretor da Faculdade de Filosofia e Letras da UBA, Coriolano Alberini, proferida em 4 de abril, por ocasião da apresentação de Einstein nessa faculdade. Intitulada “A reforma epistemológica de Einstein”, uma das intervenções locais mais sólidas desse período no que se refere à avaliação do impacto da teoria da relatividade sobre a filosofia, essa conferência teve ampla repercussão e, além de ser comentada em revistas culturais, foi reproduzida no jornal *La Nación* e na *Revista de la Universidad de Buenos Aires*. Para Alberini, além de representar a coroação da epistemologia das últimas décadas, “descendente heterodoxa do criticismo kantiano”, as teorias da relatividade eram, inclusive, uma ferramenta crítica contra o positivismo. O autor sustentou então que “a reação epistemológica reflete a crise dos axiomas do mecanicismo clássico, direta ou indiretamente adotados pela ortodoxia positivista”. Após a visita de Einstein à Argentina, Alberini manteve contato com o físico alemão. No epistolário do filósofo argentino, podem ser encontradas duas breves cartas que enviou para Einstein logo após a sua visita.²¹ O momento mais marcante dessa relação ocorreu em 1930, quando Alberini publicou na Alemanha um pequeno livro intitulado *Die deutsche Philosophie in Argentinien (A filosofia alemã na Argentina)* com um prólogo do próprio Einstein.

Em resumo, podemos dizer que o impacto da física relativística sobre a filosofia na Argentina coincidiu com a decadência do positivismo — de



²² FRANCESCHI, Alfredo. Guía para el estudio de la teoría de la relatividad, *Humanidades* 3, 1921, e FRANCESCHI, Alfredo. *Ensayo sobre la teoría del conocimiento*. La Plata: Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad de La Plata, 1925.

²³ KORN, Alejandro. Einstein y la filosofía In: De San Agustín a Bergson. Editorial Nova, 1959 [1922], p. 143-151.

caráter biólogo, amador e diletante, que dominou o panorama filosófico argentino até o início da década de 1920 — e, como contrapartida, com a profissionalização da disciplina, isto é, no momento em que a filosofia começava a se transformar em uma atividade acadêmica exercida por filósofos capazes de manejar um repertório de textos e uma linguagem técnica que lhes permitisse produzir conhecimento original na área e se integrar aos eixos de discussão dos principais centros europeus. Além de Alberini, um filósofo representativo desse período foi Alfredo Franceschi, o qual considerou que a física de Einstein era um elemento de importância capital para a renovação da teoria do conhecimento e se preocupou em pôr a teoria da relatividade ao alcance dos filósofos.²² Também se pode mencionar Alejandro Korn, médico de formação e avesso ao positivismo, protagonista no processo de recepção de Kant na filosofia argentina. Korn concentrou seus esforços para pôr um pouco de ordem em um panorama filosófico que, de um modo geral, a partir de diversas vertentes teóricas não totalmente definidas, buscou (com diferentes graus de rigor e sorte) atribuir um sentido filosófico — cognitivo, ético ou metafísico — à nova física de Einstein. Com notáveis exceções — como os casos já mencionados de Alberini ou Franceschi —, que permitem falar de uma reduzida, porém rica recepção filosófica local da relatividade, o papel secundário que desempenhava a física no panorama científico local propiciou a tendência de “filosofar” levemente sobre a relatividade. Desta forma, a estratégia de Korn consistiu em uma tentativa de estabelecer uma demarcação entre as incumbências da filosofia e da ciência, particularmente da física. Em um artigo publicado originalmente em 1º de agosto de 1922 no jornal *La Nación*, Korn sustenta: “Aqui fazemos filosofia, e nos interessa discorrer até onde uma renovação das teorias físicas pode influenciar a solução de nossos problemas”. Sua conclusão é que a teoria da relatividade não muda nada: “Estamos onde estávamos”. Em todo caso, a nova teoria será um renovado “motivo para apreciar mais uma vez o valor dos símbolos matemáticos e para termos cuidado de não cair em uma lógica pitagórica ou talvez cabalística”.²³

Um possível epílogo

Em 24 de abril de 1925, dia da partida de Einstein, o jornal *La Prensa* publicou algumas opiniões do físico sobre sua percepção do cenário acadêmico e científico argentino:

“Os programas dos estudos secundários e superiores que examinei me mostram que este país não tem muito a aprender com os centros culturais da Europa. Em medicina, acredito não estar enganado, chegaram a seu ponto mais alto. Os juriconsultos argentinos são eminentes. O mesmo posso dizer daqueles que se dedicam aos estudos da Faculdade de Filosofia e Letras. Mas, no que concerne à matemática em geral e aos que cursam a Faculdade de Ciências Exatas, devo deixar claro que, embora tenham saído dessa faculdade homens eminentes, o

governo argentino deveria intensificar ainda mais os estudos da técnica, pois não é justo que um país tão progressista como a Argentina tenha que recorrer ao exterior para contratar um ou outro professor ²⁴.

No início de junho, em uma nota do jornal *La Nación*, intitulada “O professor Einstein falou de sua viagem à República Argentina”, Otto Buek, editor e jornalista – o terceiro dos quatro signatários do já mencionado “Contramanifesto” pela paz de 1914 —, escreve de Berlim, como correspondente de *La Nación*, que Einstein acabava de chegar da América do Sul e conta que teve a oportunidade “de conversar pessoal e intimamente com o sábio sobre suas impressões da Argentina”. De acordo com Buek, Einstein “elogiou o poder econômico, as riquezas naturais da República, o espírito extremamente liberal e a hospitalidade de seu povo”. Com relação à vida acadêmica na Argentina, sustenta Buek: “Ele falou com grande respeito da cultura dos professores argentinos, das Universidades e da organização dos estudos científicos [...]”. ²⁵ Embora algumas dessas idéias se repitam no diário pessoal de Einstein, também é verdade que ali ele apresenta uma visão dos físicos argentinos bastante mais descarnada e cética. ²⁶

Para finalizar, é possível afirmar que o início da celebridade de Einstein desencadeada a partir do fim de 1919 na arena internacional apenas teve alguns frágeis ecos nas páginas dos jornais argentinos durante os primeiros anos. Muito além de algumas manifestações esporádicas de interesse, como ocorreu em meados de 1920, a verdadeira recepção e difusão pública da teoria da relatividade na Argentina concretizou-se cinco anos mais tarde do que na Europa e nos Estados Unidos, onde as comunidades científicas estavam consolidadas, a ciência era um valor cultural indiscutível (a guerra havia deixado seus ensinamentos a respeito) e o jornalismo pareceu mais bem preparado para transformar em acontecimento jornalístico de primeira página a difusão e discussão de idéias científicas revolucionárias. Com relação ao mundo mais restrito da cultura acadêmico-universitária, a julgar pelo grande número de escritos publicados entre 1920 e 1925 em jornais e revistas culturais, pode-se afirmar que a relatividade teve inicialmente um impacto mais notório no terreno da filosofia do que no da própria física. ²⁷

A visita de Einstein à Argentina ocorreu em um momento em que parece difícil falar da existência de uma comunidade científica consolidada. Foi só no final de 1933 que foi criada a Associação Argentina para o Progresso das Ciências e quase 20 anos após a visita de Einstein, em 1944, formou-se a Associação Física Argentina a partir de um grupo de não mais de 20 físicos, entre eles alguns estudantes. Por outro lado, o fato de, durante a década de 1920, Buenos Aires ter sido um centro importante de difusão cultural permite compreender que a visita de Einstein à Argentina possa ser entendida em primeira instância mais como um acontecimento social e cultural, no marco

²⁴ *La Prensa*. Antes de embarcarse para Montevideo, Einstein formuló declaraciones para “*La Prensa*”, 24 de abril de 1925. p. 9.

²⁵ BUEK, Otto. El profesor Einstein habló de su viaje a la República Argentina, *La Nación*, 5 de junho de 1925. p. 1.

²⁶ EINSTEIN, Albert. *Diary trip to South America: 1925...* p. 23

²⁷ HURTADO de MENDOZA, Diego. Assimilación de la teoría de la relatividad por la filosofía en la Argentina (1920-1925), *Posgrado*, 2006.



de uma série de visitas de intelectuais, artistas e políticos ilustres, do que como um fato de relevância científica.

Além disso, essas constatações também permitem compreender o fato de que muitos dos atores que apareceram publicamente como conhecedores da relatividade, tanto como conferencistas quanto em suas intervenções nos jornais, retrospectivamente possam ser julgados em sua maioria como diletantes ou, na melhor das hipóteses, divulgadores escassamente informados em busca do prestígio social que a suposta compreensão dessas idéias, sem dúvida, proporcionava. Outros indícios que apontam na mesma direção podem ser a ausência de debate em torno das idéias científicas de Einstein na imprensa e, em contrapartida, a exaustão com que os jornais cobriram as acolhidas, os atos, as visitas e outros detalhes de teor social, ao mesmo tempo em que demonstraram interesse pela personalidade e pelas idéias políticas de Einstein vinculadas à situação européia e à situação da comunidade judaica.

Finalmente, não foi um fato menor o de que, pela primeira vez, um físico da relevância de Einstein ocupasse as primeiras páginas dos principais jornais argentinos e, com elas, o centro da cena cultural local. Sem dúvida, esse fato beneficiou indireta e duplamente os físicos argentinos, ao difundir a pesquisa física personificada em Einstein como uma atividade prestigiada e, mais concretamente, ao permitir aos próprios físicos argentinos certo protagonismo, embora pequeno e transitório, na cena pública.

Referências

- AGUILAR, Félix. Teoría de la relatividad, *Boletín del centro naval* 41 (445), 1924, p.747 -762.
- ALBERINI, Coriolano. La reforma epistemológica de Einstein, *La Nación*, 12 de abril de 1925. Também na *Revista de la Universidad de Buenos Aires* (março-maio), p 7-16.
- _____. *Epistolario*. Mendoza: Universidade Nacional de Cuyo, Instituto de Filosofia, 1980.
- ASÚA, Miguel de. La visita de Einstein y la física en la Argentina hacia 1925. *Ciencia Hoy* 7 (41), 1997, p. 48-50.
- _____. e HURTADO de MENDOZA, Diego de. *Imágenes de Einstein. Relatividad y cultura en el mundo y la Argentina*. Buenos Aires: Eudeba, 2006.
- BUEK, Otto. El profesor Einstein habló de su viaje a la República Argentina, *La Nación*, 5 de junho de 1925, p.1.
- COLLO, José. Teoría de la relatividad, *Boletín del centro naval*, 41 (442), 1923, p. 264-284.
- Crítica a. 'Crítica' se propone divulgar las teorías relativistas de Einstein*, 14 de março de 1925, p.5.
- Crítica b. ¿Qué significa la teoría de Einstein?*, 19 de março de 1925, p.9.

EINSTEIN, Albert. Diary trip to South America, 1925. Call N° 29-132.00, 24 p. The Hebrew University of Jerusalem; Einstein Papers Project (California Institute of Technology). Cortesía dos *Einstein Archives Online*. <<http://www.alberteinstein.info>>.

FRANCESCHI, Alfredo. Guía para el estudio de la teoría de la relatividad. *Humanidades* 3, 1921.

_____. *Ensayo sobre la teoría del conocimiento*. La Plata: Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad de La Plata, 1925.

HURTADO de MENDOZA, Diego e ASÚA, Miguel de. The Poetry of Relativity: Leopoldo Lugones' The Size of Space, *Science in Context* 18 (2), 2005, p.309-315.

HURTADO de MENDOZA, Diego. Asimilación de la teoría de la relatividad por la filosofía en la Argentina (1920-1925)", *Posgrado*, revista electrónica de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Martín (Argentina).

<http://e-mag.posgrado.unsam.edu.ar>

ISNARDI, Teófilo. Teoría de la relatividade, *Boletín del centro naval*, 41 (443), 1923, p. 413-449.

KEVLES, Daniel. *The Physicists. The History of a Scientific Community in Modern America*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1995.

KORN, Alejandro. *Einstein y la filosofía*. In: *De San Agustín a Bergson*, Buenos Aires: Editorial Nova, 1959 [1922], p.143-151.

KRAGH, Helge. *Quantum Generations. A History of Physics in the Twentieth Century*. Princeton, Nova Jersey: Princeton University Press, 1999.

La Nación. *Las leyes de Newton*, 9 de noviembre de 1919, p.1.

La Prensa. *Estudios del último eclipse solar*, 9 de noviembre de 1919, p.9.

La Nación. *Einstein dio ayer su quinta conferencia*, 7 de abril de 1925, p.4.

La Prensa. *Antes de embarcarse para Montevideo, Einstein formuló declaraciones para "La Prensa"*, 24 de abril de 1925, p.9.

La Razón. *Einstein dio hoy su primera conferencia*, 27 de marzo de 1925, p. 3.

LOEDEL PALUMBO, Enrique. Die Form der Raum-Zeit-Oberfläche eines Gravitationsfeldes, das von einer punktförmigen Masse herrührt, *Physikalische Zeitschrift* 27, 1926.

LOVISOLO, Hugo. Einstein: uma viagem duas visitas. In Ildeu de Castro Moreira e Antonio Augusto Passos Videira (eds.), *Einstein e o Brasil*, Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1995, p.231-250.

LOYARTE, Ramón. Einstein, *La Prensa*, 24 de marzo de 1925, p.14.

LUGONES, Leopoldo. Por la ciencia y la libertad, *La Nación*, 9 de agosto de 1922, p.4.

MARISCOTTI, Mario. La visita de Einstein a la Argentina, *Revista de Enseñanza de la Física* 9 (1), 1996, p.57-66.

MISSNER, Marshall. Why Einstein Became Famous in America, *Social Studies of Science* 15 (2), 1985, p.267-291



New York Times. Lights All Askew in the Heavens, 10 de novembro de 1919, p.17.

New York Times. Jazz in Scientific World, 16 de novembro de 1919, p. X8.

New York Times. Einstein Sees End of Time and Space, 4 de abril de 1921, p.5.

New York Times. Einstein Theory "Bourgeois" And Dangerous, Say Russians, 16 de agosto de 1922, p.1.

ORTIZ, Eduardo. A Convergence of Interest: Einstein's Visit to Argentina in 1925, *Ibero-Amerikanisches* 21 (1-2), 1995, p. 67-126

PAIS, Abraham. *Einstein Lived Here*. Oxford: Oxford University Press, 1994.

The Times. Revolution in Science, 7 de novembro de 1919.

As 30 horas de Einstein em Cuba

José Altshuler

Professor titular de Engenharia da Universidad de La Habana e presidente da Sociedad Cubana de la Historia de la Ciencia y la Tecnología

Tradução do espanhol: Alicia Ivanissevich

¹El profesor Albert Einstein en La Habana. *Revista de la Sociedad Geográfica de Cuba*, n. 3, p. 174-176, 4 .oct./dic.1930.

²Cf. CLARK, R.W. *Einstein: The life and times*. New York: The World Publishing Co., 1971.

Quando o mundialmente famoso criador da teoria da relatividade pisou em terra cubana na manhã de sexta-feira, 19 de dezembro de 1930, manifestou seu desejo de adquirir um chapéu de verão, pois o dia prometia ser muito quente.

Num piscar de olhos, os encarregados de acompanhar o recém-chegado o levaram à loja mais luxuosa da capital – O Encanto –, cujos donos tiveram a gentileza de presentear o ilustre cliente com o melhor *jipijapa* [chapéu leve feito à mão] que tinham. Apenas lhe pediram que aceitasse posar para um retrato no estúdio fotográfico do estabelecimento. Uma vez tirada a foto, foi iniciado o cumprimento do programa de atividades acordado para o dia com o professor Albert Einstein, prêmio Nobel de física de 1921.

Pompa e circunstância

A primeira atividade era fazer uma visita de cortesia à Secretaria de Estado e, depois, assistir a um ato solene em sua homenagem, que teve lugar nos salões da Academia de Ciências Médicas, Físicas e Naturais de Havana, oferecido conjuntamente por essa instituição e pela Sociedade Geográfica de Cuba. Iniciou-se às 11h com palavras de boas-vindas e elogios proferidos pelo então secretário de Saúde e Beneficência, em sua condição de presidente da academia, palavras que Einstein agradeceu brevemente “enaltecendo o trabalho do povo cubano, que vislumbrava já como núcleo de grandes e maravilhosos destinos”, segundo versão de um cronista.

No Livro de Ouro da Sociedade Geográfica, no qual lhe foi pedido que deixasse escritas umas linhas, o distinto visitante escreveu:

“A primeira sociedade verdadeiramente universal foi a sociedade dos pesquisadores. Tomara que a geração vindoura possa estabelecer uma sociedade econômica e política capaz de evitar com segurança as catástrofes”¹.

O que ele quis dizer exatamente? Não sabemos ao certo, mas podemos imaginar, uma vez que o mundo sofria então uma terrível crise econômica, e os desempregados já estavam na casa dos milhões, inclusive nos países mais desenvolvidos. “Hitler está vivendo do estômago vazio da Alemanha”², tinha declarado o próprio Einstein dias antes em Nova York.

Einstein escrevendo no livro de Ouro da Sociedade Geográfica de Cuba.



³ Cf. Albert Einstein, el sabio alemán que niega la prolongación al infinito de 2 líneas paralelas entre sí, fue huésped ayer de nuestra capital. *Heraldo de Cuba*, n.19, v. 354, p. 1-17, 20 dic.1930.

⁴ Recepción del homenaje al sabio profesor A. Einstein. *Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros*, n. 23, p. 52-53, 1 jan./fev. 1931. p.53

Quanto ao plano de atividades acordado, este continuou sendo cumprido rigorosamente. Às 13h, e após ter recebido, em companhia de sua esposa, Elsa, a homenagem da comunidade judaica de Cuba, o professor e seus acompanhantes participaram de um banquete oferecido pelo presidente da academia no *roof garden* do Hotel Plaza. Concluído o almoço, saíram para um passeio de carro, uma vez que Einstein manifestara desejo de “conhecer o máximo possível de Havana e do campo cubano nas poucas horas que sua agenda lhe proporcionava”.

Os visitantes foram levados aos restritos Country Club e Havana Yacht Club e depois às proximidades de Santiago de las Vegas para que pudessem admirar “as paisagens da campina cubana, em todo seu vigor, apesar da época”, e visitar as obras hidráulicas locais, o hospital de Mazorra para doentes mentais, o campo de aviação Curtiss e a Escola Técnica Industrial, inaugurada pouco tempo antes³. Como era de se esperar, não foi incluída no programa uma visita à Universidade de Havana, que, transformada no centro mais visível da rebeldia popular contra a tirania machadista no poder, acabara de ser fechada indefinidamente por decreto presidencial.

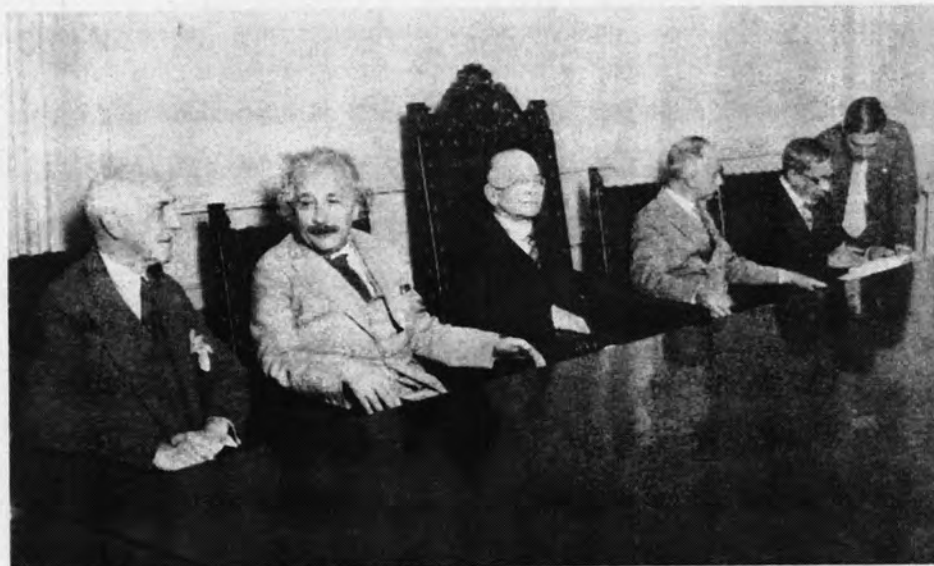
O último ato da jornada de que participou o célebre físico foi uma recepção em sua homenagem oferecida pela Sociedade Cubana de Engenheiros. Começou às 17h, com umas palavras de seu presidente, às quais o homenageado respondeu expressando seu agradecimento pelas atenções recebidas, que lhe permitiram conhecer as paisagens mais pitorescas, e desejando à nação um futuro profícuo.

Após o “esplêndido bufê”, a rigor nesses casos, e após estampar sua assinatura no livro de visitantes, caiu sobre Einstein uma verdadeira enxurrada de pedidos de autógrafos por parte da concorrida platéia, umas 200 pessoas, composta não apenas de engenheiros, mas também de “outros intelectuais convidados para o evento”, cujos nomes a resenha publicada na revista da Sociedade preferiu omitir “por falta de espaço e para não incorrer em esquecimentos lamentáveis”⁴



⁵ CLARK, R.W. *Einstein: The life and times*. New York: The World Publishing Co., 1971, p. 428

⁶ Op. cit., p. 429



Mesa presidencial da Sociedade Cubana de Engenheiros.

Também não aludiu à forma pouco protocolar com a qual terminou o ato, quando homenageado, sem dúvida esgotado com tantas atenções, abandonou prontamente o local, entrou rapidamente no carro que o esperava e partiu com seus acompanhantes até o cais para subir a bordo de sua embarcação.

Uma viagem movimentada

Einstein havia recusado o convite oficial de se alojar no Hotel Nacional – o mais luxuoso da capital, que estava prestes a ser inaugurado –, pois desejava pernoitar no vapor *Belgenland*, no qual viajava, como havia feito durante os cinco dias que durara a escala anterior, em Nova Iorque, de 11 a 16 de dezembro.

Naquela ocasião, pouco depois da chegada do barco a vapor, subiram a bordo 50 repórteres e outros tantos fotógrafos com o objetivo de entrevistar o professor, que mais tarde escreveria em seu diário: “Os repórteres fizeram perguntas particularmente triviais, às quais respondi com piadas banais e que foram recebidas com entusiasmo”⁵. Mais do que em qualquer outro lugar, os caçadores de autógrafos se mostraram uma praga implacável. Diante da impossibilidade de eliminá-la, Elsa imaginou um plano com fins humanitários, deixando correr a notícia de que “o professor ficaria feliz” se cada solicitação de autógrafa viesse acompanhada de “algo em torno de três dólares para serem doados aos pobres de Berlim”⁶.

Além de sua mulher e de uma amiga da família, acompanhavam o célebre cientista naquela viagem sua secretária, Helen Dukas, e o matemático austríaco Walther Mayer, que vinha mantendo uma estreita colaboração havia mais de dois anos com Einstein naquilo que já naquela época havia

se tornado, para o físico, uma obsessão: estabelecer uma “teoria unificada do campo”, capaz de enlaçar os fenômenos eletromagnéticos com a atração gravitacional entre os corpos, pois a teoria geral da relatividade aplicava-se unicamente à gravitação.

⁷ Cinco minutos de charla con Einstein. *Bohemia*, 22(50/28 dic.1930) p.28

⁸ Cf. PAIS, A. *Subtle is the Lord...: The science and life of Albert Einstein*. Oxford: Oxford University Press, 1982.

Buscando provas no céu

O professor e seus acompanhantes haviam tomado o navio no porto belga de Amberes em 2 de dezembro, para se dirigir, através do Canal do Panamá, à cidade californiana de San Diego, e daí, por estrada, até a vizinha cidade de Pasadena. Lá chegaram junto com o ano novo, convidados pelo diretor do Instituto Tecnológico da Califórnia (Caltech), Robert Millikan, prêmio Nobel de física de 1923 por suas importantes demonstrações experimentais, uma das quais permitiu confirmar a fórmula completa do efeito fotoelétrico obtida por Einstein em 1905. É interessante saber que outro dos convidados era Albert Michelson, homenageado com o Nobel de física de 1907, cujos experimentos sobre a propagação da luz guardavam estreita relação com a teoria especial da relatividade, que Einstein havia formulado também em 1905, quando tinha apenas 26 anos de idade.

Para o ilustre cientista, a visita a Pasadena possuía um atrativo muito especial, pois lhe daria a oportunidade de conhecer o vizinho observatório astronômico de Monte Wilson, no qual esperava aproveitar suas propriedades excepcionais para “realizar certas pesquisas que devem contribuir com novas provas da minha teoria geral da relatividade, [pois] acredito que os poderosos equipamentos de Monte Wilson vão me permitir obter provas astrofísicas indiscutíveis”⁷, segundo disse ao jornalista da revista cubana *Bohemia* que o entrevistou no convés do navio. Mas o que hoje parece ser uma prova válida da teoria a que se referia o sábio só foi obtida muito tempo depois, quatro anos após serem feitas delicadas medições, com radiotelescópios, de um objeto celeste (o pulsar binário PSR 1913+16) descoberto em 1974, cujo comportamento se ajusta com grande precisão às previsões da teoria geral da relatividade ⁸. Lamentavelmente, seu criador não pôde comemorar o acontecimento, porque havia falecido cerca de 20 anos antes, em 1955.

A outra realidade

Ainda falta descrever as peripécias das últimas horas de Einstein em Cuba, pois, como o leitor deve lembrar, havíamos deixado Einstein a bordo de seu barco após a longa e cansativa jornada do dia 19 de dezembro.

Na manhã seguinte, o diretor do Observatório Nacional e sua esposa levaram Einstein e seus companheiros para dar um passeio pela cidade. Não deixaram de ficar surpresos com a insistência do distinto visitante em conhecer “os bairros mais pobres, pois tendo visitado na véspera os parques,



⁹ El profesor Albert Einstein en La Habana. *Revista de la Sociedad Geográfica de Cuba*, n. 3, p. 174-176, 4 .oct./dic.1930.

¹⁰ CLARK, R.W. *Einstein: The life and times*. New York: The World Publishing Co., 1971.

os clubes, as residências de gente bem abastada, eles desejavam ver justamente o contrário”, segundo a *Revista de la Sociedad Geográfica de Cuba*. Nela se lê também que foi atendido o seu desejo de penetrar “nos lares mais miseráveis, nos bagunçados pátios dos *solares* e *cuarterías* [velhos casarões divididos entre várias famílias e habitualmente ampliados de forma precária]” e que o grupo foi levado “ao Mercado Único, às lojas mais modestas da Rua do Monte e aos bairros pobres típicos de Cuba, batizados por seus moradores com os estranhos nomes de *Pan con Timba* [pão com goiaba] e *Llega y Pon* [Chega e põe]”⁹.

Einstein despediu-se de seus cicrones agradecendo a gentileza prestada para atender seus estranhos desejos. Às 13h, o *Belgenland* zarpou rumo ao Canal do Panamá, depois de ter ficado umas 30 horas no porto de Havana. Para trás ficava a Cuba neocolonial: “Clubes luxuosos ao lado de uma pobreza atroz, que afeta principalmente as pessoas de cor”¹⁰, anotou Einstein em seu diário naquele sábado de 20 de dezembro de 1930.

Referências

- Bohemia*. Cinco minutos de charla con Einstein. 22(50/28 dic. 1930), p.28.
- CLARK, R.W. *Einstein: The life and times*. Nova York: The World Publishing Co., 1971.
- Heraldo de Cuba*. Albert Einstein, el sabio alemán que niega la prolongación al infinito de 2 líneas paralelas entre sí, fue huésped ayer de nuestra capital. 19 (354/20 dic., 1930), p.1,17.
- Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros*. Recepción del homenaje al sabio profesor A. Einstein. 23(1/jan.-fev. 1931), p.52-53.
- Revista de la Sociedad Geográfica de Cuba*. El profesor Alberto Einstein en La Habana. 3(4/oct.-dic., 1930), p.174-176.
- PAIS, A. *Subtle is the Lord...: The science and life of Albert Einstein*. Oxford: Oxford University Press, 1982.

Einstein e a física quântica no período de sua viagem à América Latina

Michel Paty

Professor emérito do *Centre National de la Recherche Scientifique*

Tradução do francês: Fabiana Moraes

Introdução

Por ocasião de sua viagem de três meses na América do Sul, de março a maio de 1925, Einstein já estava no auge de sua glória. Esta se devia à sua teoria da relatividade geral, que havia derrubado a teoria da gravitação newtoniana e transformado a visão do espaço e do tempo que, doravante, encontravam-se ligados entre si e à matéria: estruturado pelos campos de gravitação produzidos pelas massas que ele contém, o espaço do mundo físico tinha se liberado da geometria euclidiana. Anos antes, a observação astronômica tinha confirmado essa previsão da teoria de Einstein, ao constatar o desvio da luz proveniente de estrelas e passando em proximidade do Sol. A massa solar curvava o espaço da maneira indicada pela teoria, como o mostrava o deslocamento aparente da posição das estrelas na esfera celeste em proximidade do disco do Sol, podendo-se observar essas estrelas durante um eclipse, como aquele que aconteceu na zona equatorial, em 29 de maio de 1919. A dupla expedição enviada pelas sociedades científicas britânicas e dirigida por Arthur Eddington para efetuar as medidas de posições de estrelas, comparadas em seguida a outras medidas das mesmas estrelas feitas em céu nu, foi transportada para a ilha de Príncipe, no Golfo da Guiné, na África, e em direção à cidadezinha de Sobral, no estado do Ceará, no Brasil. Por essa razão, de certo modo, a América do Sul mantinha uma relação particular com a teoria da relatividade de Einstein, tendo sido um dos lugares privilegiados da primeira confirmação da teoria pela observação (a qualidade das fotografias tiradas foi, aliás, mais comprovadora)¹.

Do ponto de vista científico, a visita de Einstein foi, sobretudo, uma turnê de conferências sobre a teoria da relatividade. Entretanto, naquela época, ele estava também trabalhando no problema da construção de uma teoria quântica da matéria, tarefa para a qual ele havia recentemente prestado contribuições de grande importância, tais como o “comportamento estatístico” não clássico dos elementos de matéria e de radiação, que ele remetia à indistinguibilidade desses elementos quando eles correspondem a estados idênticos, tendo por conseqüência a predição da “condensação de Bose-Einstein”.

¹ Sobre essas circunstâncias, ver CROMMELIN, 1919; DYSON, EDDINGTON & CROMMELIN, 1919; EDDINGTON, 1919; MORIZE, 1919; MOURÃO, 2003; PATY, 1996.

Einstein falou muito pouco da física quântica durante sua viagem, fato que, mesmo sendo bastante natural, poderia parecer um tanto paradoxal se nos restringirmos à letra de sua consagração acadêmica pelo Prêmio Nobel de física, que lhe foi outorgado em 1921 por seus trabalhos no domínio quântico. Mas a física quântica era, nessa época, um assunto reservado aos especialistas, e não foi ela que tornou Einstein célebre da noite para o dia, mas sim a teoria da relatividade geral, ou teoria relativista da gravitação. Era esta teoria, na qual noções tão gerais quanto espaço, tempo, gravitação, geometria euclidiana ou não-euclidiana estavam presentes, que dizia respeito a todo o mundo e suscitava o interesse de um público vasto. Naturalmente, o que dela passava para o público era a idéia de uma modificação das concepções sobre essas noções gerais, não os próprios detalhes teóricos. Entretanto, nos meios científicos também, a teoria da relatividade era mais sugestiva do que a física quântica, e a informação a seu respeito era incomparavelmente mais difundida: esse foi o caso, notadamente, no Brasil, onde Teodoro Ramos, que seria mais tarde um dos primeiros físicos quânticos do país, vinha terminar seus estudos e só abordaria esse campo algum tempo mais tarde.

Contudo, durante sua viagem, Einstein abordou a questão do estado atual da física dos quanta, especialmente na ocasião em que foi recebido na Academia Brasileira das Ciências como membro estrangeiro, na qual apresentou uma comunicação sobre esse tema. Ali, ele falou sobre um aspecto que lhe despertava grande interesse, como veremos, acerca de uma experiência então em andamento e de um modelo teórico que essa experiência devia invalidar ou confirmar. Tratava-se da experiência de Bothe e Geiger sobre a difusão dos elétrons atômicos pela luz, e a teoria de Bohr, Kramers e Slater, propondo uma perspectiva puramente estatística da qual a noção de partícula material individual seria banida. Einstein considerava, por sua parte, que a física refere-se a sistemas ou acontecimentos físicos individuais, quaisquer que eles possam ser, e que a teoria física tem por objetivo descrevê-los. A experiência de Bothe e Geiger lhe parecia dever gerar resultados dessa ordem. Com efeito, este foi o caso, como veremos. Entretanto, a via teórica privilegiada que seguiria pouco após esses resultados, a da mecânica ondulatória e da mecânica quântica, elaborada entre 1925 e 1927, parecia dirigir-se a uma aproximação decididamente estatística: Einstein interrogou-se desde então, sem trégua, acerca da mesma e a respeito da significação que nela se apresenta, tanto sob o aspecto físico quanto do ponto de vista filosófico. Sua preocupação fundamental, que foi o motor de sua crítica da interpretação corrente (de fato, dominante) da teoria, era a aptidão da teoria para representar e descrever o fenômeno individual.

Ao se ter em mente esse estado de coisas que o desenvolvimento ulterior da física e os debates entre físicos só tornaria manifesto bem mais tarde, não se pode deixar de pensar que a comunicação de Einstein na Academia Brasileira reveste-se de uma significação bastante particular, quanto à maneira de ver de Einstein, mas também quanto à física quântica em si, a



² Ver PATY, 1995, 1999, 2003 [no prelo].

³ Ver PATY, 1988, cap.6, e 1986.

⁴ Veja notadamente : EINSTEIN, 1916a e b.

qual hoje, bem sabemos, se refere efetivamente aos sistemas físicos individuais, conforme a convicção fundamental de Einstein. Os desenvolvimentos da teoria quântica mostrariam, posteriormente ao debate entre Bohr e Einstein, que esta teoria descreve efetivamente tais sistemas, esclarecendo uma ambigüidade inicial da interpretação segundo Bohr, e dissipando acerca desse ponto a principal objeção de Einstein². Sua outra objeção concernia a questão da “não-separabilidade”, que foi também resolvida (mas, desta vez, no sentido oposto a seu pedido)³. Aqui nos deteremos na evocação do problema, tal como foi então colocado do ponto de vista da física, para voltarmos no final deste trabalho à atitude ulterior de Einstein quanto à teoria quântica, freqüentemente mal compreendida, mas que esse episódio histórico ajuda a esclarecer de maneira útil.

É preciso que voltemos, primeiramente, ao contexto dos desenvolvimentos da física quântica que precederam esses acontecimentos. De modo breve o faremos.

Estado do pensamento de Einstein sobre os quanta: 1916-1924

Einstein havia contribuído de maneira importante para as primeiras idéias sobre a física quântica, desde seus primeiros trabalhos de 1905, e aparecia, incontestavelmente, na época que examinamos, como um dos pioneiros de elaborações teóricas relativas a esse campo, e mesmo, sem dúvida, como o primeiro deles, aquele que indicava com maior segurança os novos caminhos a seguir. A física clássica manifestava-se, nessa área, fundamentalmente insuficiente, e era preciso desenvolver novos métodos teóricos e novos conceitos físicos.

A quantificação dos níveis atômicos, proposta por Niels Bohr em 1913, foi para Einstein, que se havia dedicado, de 1911 a 1915, à elaboração da teoria da relatividade geral, a ocasião para um retorno provisório aos fenômenos quânticos, por meio de suas pesquisas do ano de 1916, que foram de uma importância decisiva⁴. Einstein propunha uma síntese dos principais resultados anteriormente obtidos, que constituía de fato a “primeira teoria quântica” (mas ainda de caráter “semiclássico”). Nela, ele estabelecia uma ligação lógica entre a hipótese do quantum de ação de Planck (1900), a quantificação da energia da radiação do próprio Einstein (1905), ampliada desta vez à atribuição de uma quantidade de movimento à radiação (1916), e os espectros atômicos quantificados de Bohr e Sommerfeld (1913-1916). Nesta teoria quantificada semiclássica dos níveis de energia dos átomos e da radiação, ele partia da hipótese de Bohr de níveis discretos de estados de energia em um átomo, e calculava, em analogia com a lei da distribuição da teoria cinética dos gases moleculares, a freqüência relativa de um estado, que fornecia a probabilidade por intervalo de tempo da transição de um estado (ou nível) a um outro, em função das amplitudes de transições (emissão espontânea, absorção e emissão induzida) entre níveis atômicos.

Exprimindo a condição de equilíbrio à temperatura dada da radiação e da distribuição molecular dos estados, ele deduzia a fórmula da radiação de Planck (lei quântica do corpo negro) e a relação das frequências de Bohr, sob a condição de considerar que o raio luminoso, além de sua energia quantificada, possui também uma impulsão (às propriedades de uma onda somam-se aquelas de um corpúsculo). Assim fazendo, ele evitava em grande parte o inconveniente de ter de utilizar os conceitos do eletromagnetismo clássico. Não se tratava ainda, a seu ver, de uma teoria propriamente quântica (da qual já havia expressado a necessidade), mas, de maneira mais modesta, de obter, segundo sua própria expressão, “vislumbres sobre os mecanismos de emissão e de absorção de radiação pela matéria”⁵. Com a existência dos quanta de luz que ele considerava assim, doravante, como estabelecida⁶, o duplo caráter ondulatório e corpuscular da luz aparecia como “uma propriedade maior da matéria”⁷. Mas a teoria obtida permanecia, para ele, ainda insatisfatória, porque não explicava o caráter corpuscular em relação à teoria ondulatória e, por outro lado, só fornecia probabilidades de transição, deixando “ao acaso a duração e a direção dos processos elementares”⁸. Além disso, as amplitudes de transição só eram conhecidas empiricamente, pelas leis do corpo negro de Wien e Rayleigh-Jeans, quando deveriam, segundo ele, ser deduzidas, em uma teoria realmente satisfatória, aquela que Einstein estimava dever substituir o eletromagnetismo e a mecânica clássica.

Apesar dessas insuficiências teóricas, o objetivo a perseguir parecia-lhe doravante claro: “Estas propriedades dos processos elementares (...) fazem surgir como inevitável a formulação de uma verdadeira teoria da radiação”, escrevia na conclusão de seu artigo⁹.

Apesar do importante papel que o tratamento estatístico (por meio de sua interpretação física das probabilidades, fornecendo as frequências físicas dos estados de um sistema)¹⁰ exercia no seu trabalho sobre os quanta, Einstein nunca considerou que ele devesse fazer parte da teoria concluída, tal como ele a vislumbra. Ele via ali um guia para definir certas características de tal teoria, particularmente porque podia tomar-se em consideração, por este meio, dados de observação, submetendo-os a uma interpretação teórica mínima (isto é, evitando a utilização do que estava caduco na teoria clássica). É notável, nesse sentido, que ele tenha logrado evidenciar o caráter corpuscular da luz sem ter feito, em nenhum momento, uso de uma representação mecanicista. Tal foi o papel “heurístico”, extremamente significativo, de seu método de cálculos de flutuações que o guiou ao longo de suas pesquisas sobre os quanta¹¹.

Em torno de 1917, após ter elaborado a síntese que acabamos de evocar, Einstein se considerava ainda, do ponto de vista fundamental, no início do caminho.

⁵ EINSTEIN, 1946c, p. 44.

⁶ “A existência dos quanta de luz é estabelecida” [pela atribuição de uma quantidade de movimento crescendo-se a energia] (Einstein, carta a Michele Besso, 6/9/1916, in EINSTEIN & BESSO, 1972, carta nº 25).

⁷ EINSTEIN, 1949c.

⁸ EINSTEIN, 1916b.

⁹ EINSTEIN, 1916b. Ver PATY, 2005 [a ser publicado].

¹⁰ Ver PATY, 2005.

¹¹ Ver PATY, 2005.



¹² A expressão é de Abraham Pais (PAIS, 1982).

¹³ EINSTEIN, 1924c, 1925a e b.

¹⁴ O próprio Einstein não emprega em seus artigos a palavra “indistingüibilidade”. Ele se contenta em indicar os dois tipos de contagem e observar uma “influência” das moléculas entre elas. Do mesmo modo, mais tarde, ele conceberá o “princípio de separabilidade” como ausência da influência mútua das partículas entre elas (sobre os conceitos de indistingüibilidade e inseparabilidade, ver PATY, 1988a, capítulo 6).

¹⁵ Com efeito, a condensação de Bose-Einstein constitui uma transição de fase rumo a tal estado (“condensato de Bose-Einstein”), que há de acrescentar aos estados sólido, líquido, gasoso, ionizado (ou de plasma).

¹⁶ Um trabalho de Satyendra N. Bose (BOSE, 1924), recusado pelo *Philosophical Magazine*, que Einstein traduziu para o alemão e fez publicar na *Zeitschrift für Physik*, tinha sido para ele a ocasião de voltar aos problemas da física quântica. Ele esclareceu, em seu artigo intitulado “Teoria quântica do gás perfeito monoatômico” (EINSTEIN, 1924), o raciocínio de Bose, que demonstrava a fórmula da radiação de Planck para o corpo negro a partir de uma contagem de células, deixando de lado os elementos supérfluos da teoria das ondas eletromagnéticas. Foi Einstein que se deu conta da semelhança com os gases de matéria.

A estatística quântica: 1924-1925

Einstein fez suas últimas contribuições “construtivas”¹² à edificação da teoria quântica nos anos 1924-1925. Ainda que elas parecessem quase que marginais em relação a seus principais trabalhos de pesquisa desse período, orientados para os prolongamentos da teoria da relatividade geral, dirigindo-se a uma teoria unitária do campo, sua importância não é menor do que aquela de seus trabalhos precedentes sobre a teoria quântica. Elas permitiram, com efeito, melhor fazer ver a natureza dos fenômenos e conceitos quânticos e aportaram resultados de um alcance considerável para os desenvolvimentos posteriores da física e para a formulação da teoria quântica. Isto não ficou tão evidente naquele momento, visto que alguns efeitos característicos anunciados por esses resultados, como a “condensação de Bose-Einstein”, apareceram então como curiosidades, antes hipotéticas e distantes das experiências possíveis. Foi preciso esperar os últimos anos do século XX para que esses fenômenos pudessem tecnicamente ser diretamente evidenciados. Hoje, eles são considerados completamente centrais para a compreensão da física quântica.

A idéia diretriz dessas contribuições de Einstein à “estatística quântica”¹³ era considerar que a radiação e as moléculas de certos gases perfeitos (monoatômicos e de spin nulo) têm um comportamento semelhante e totalmente não clássico em relação ao estado físico que as caracteriza. Tudo acontece como se partículas idênticas que ocupam o mesmo estado (isto é, cujas propriedades são dadas pelos mesmos valores de grandeza) não pudessem ser discernidas umas das outras¹⁴. Seu comportamento probabilista ou estatístico exprime essa indistingüibilidade pela supressão dos estados idênticos que se teria se os objetos pudessem ser discernidos (identificáveis, por exemplo, por um número de ordem), pela supressão de suas permutações mútuas. Esse caráter dava uma explicação racional *a posteriori* ao resultado obtido por Max Planck, em 1900, sobre a radiação do corpo negro: para obter o espectro experimental das frequências de radiações emitidas, Planck teve de substituir arbitrariamente, em seus cálculos de complexões de radiação nas células de energia dadas, os “arranjos” por “combinações”, o que correspondia à escolha de trocas de energia entre átomos e radiações descontínuas ($DE = nbn$). Considerando os átomos, Einstein fazia ver que, em certas condições (notadamente em temperaturas muito baixas), eles poderiam se condensar em número arbitrário no mesmo estado físico, no qual nada os distinguiria uns dos outros, dando lugar a uma espécie de novo estado da matéria¹⁵.

A explicação teórica da superfluidade e a da supracondutibilidade foram mais tarde formuladas em termos de condensações parciais de Bose-Einstein, mas o fenômeno puro próprio só foi colocado em evidência muito recentemente, como foi dito anteriormente¹⁶.

Essa “estatística de Bose-Einstein” parecia concernir somente às propriedades estatísticas de conjuntos de objetos quânticos. Se quiséssemos inseri-la na consideração de objetos individuais, ela deveria implicar um tipo misterioso de interação ou de “dependência” entre estes objetos, para retomar aproximadamente os termos de uma observação de Einstein, na época, sobre esse assunto ¹⁷. Paralelamente, a “estatística de Fermi-Dirac” estabelecia uma propriedade inversa para as partículas de spin semi-inteiro ou fermiões: uma única partícula pode ocupar determinado estado, o que explicava o “princípio de exclusão de Pauli” e a repartição dos elétrons nas camadas dos átomos, isto é, a organização da matéria atômica. As considerações feitas por Einstein sobre a extensão da estatística quântica dos fótons aos gases de partículas (átomos e moléculas sem spin) tornavam possível o pensamento de uma generalização da dualidade onda-corpúsculo da radiação a todos os elementos de matéria, generalização que Louis de Broglie, por seu lado, explicitou por um caminho diferente, baseando-se na teoria formulada por Einstein, em 1916, e mais precisamente nas relações que dão a energia-impulsão em função da frequência ou do comprimento de onda ¹⁸.

Em suas pesquisas, Einstein não renunciou a seu método de trabalho diante das necessidades teóricas da física dos quanta ¹⁹, e essas contribuições constituem o prolongamento, até o limiar do estabelecimento da mecânica quântica, de sua aproximação “construtivo-crítica” dos conceitos e dos fenômenos quânticos. Como nos trabalhos precedentes, a ausência de teoria verdadeiramente satisfatória em nada limitava sua audácia conceitual, em seu esforço para evidenciar todas as características dos fenômenos que uma verdadeira teoria quântica deveria levar em consideração, e dos conceitos que lhe seriam apropriados.

A estatística não clássica de partículas que não podem ser discernidas mutuamente era posta em evidência sem que fosse compreendida sua razão de ser: era preciso tomá-la como um traço dos fenômenos quânticos que se somava aos demais ou os traduzia. Para Einstein, isso significava, sem nenhuma dúvida, que ali havia “uma parte de verdade”, para retomar a expressão que ele empregara em outras situações similares. “Na estatística de Bose, que é aquela que eu utilizei”, explicou Einstein a Schrödinger ²⁰, “os quanta (ou as moléculas) não são tratados como independentes uns dos outros”, nem “localizados independentemente uns dos outros”, e trata-se “de uma estatística particular que, no momento, justifica apenas o resultado”. Foi Dirac quem explicitou a indistinguibilidade das partículas quânticas ²¹, mas, de fato, a noção de indistinguibilidade tinha sido introduzida desde 1911 por Ladislas Natanson²².

No mesmo artigo de 1925 ²³, no parágrafo que trata das propriedades de flutuação dos gases perfeitos, Einstein fora levado a desenvolver mais adiante a aproximação do gás e da radiação, identificando, no caso do gás (como ele havia feito outrora para a radiação), um termo corpuscular e um termo ondulatório na fórmula de flutuação. Ele observava que “o quadrado da flutuação média relativa das moléculas da espécie considerada compõe-

¹⁷ EINSTEIN, 1925e. Trata-se, com efeito, de uma “coerência” entre os estados destas partículas, análoga àquela conhecida no caso da luz, mas difícil de se representar no caso de partículas concebidas no modo clássico.

¹⁸ $E = hv$, $p = h/\lambda$.

¹⁹ Ver PATY, 2005a .

²⁰ Einstein, carta a Schrödinger de 28/2/1925. Schrödinger se surpreendia com o fato de que, em seu artigo anterior (EINSTEIN, 1924e), Einstein tivesse dado uma distribuição que “não correspondia exatamente àquela de Boltzmann” (Schrödinger, carta a Einstein de 5/2/1925).

²¹ DIRAC, 1926

²² NATANSON, 1911; cf. KASTLER, 1983, DARRIGOL, 1988-1991).

²³ EINSTEIN, 1925b.



²⁴ DE BROGLIE, 1924.

²⁵ Ver, notadamente, *An. Soc. Cient. Arg.*, 1929, CALLONI, 1976, DELFINO GALLES, 1982 (para a Argentina), CAFFARELLI, 1979, MOURÃO, 1987, 2003, ALVES, 1994, MOREIRA & VIDEIRA, Antonio, 1995, PATY, 1996, TOLMASQUIN, 2004 (para o Brasil), e diversas comunicações do *Seminário Internacional "Einstein para além do seu tempo"* (MAST, Rio de Janeiro, BR, 1-2 de setembro 2005) no qual esta comunicação foi apresentada. Também é preciso mencionar a bela exposição *Einstein e a América Latina*, apresentada no MAST na ocasião deste seminário e da qual nos resta um documento audiovisual com este título, Einstein tinha um diário íntimo de sua viagem à América do Sul: EINSTEIN, 1925b, inédito (arquivos Einstein). Ver PATY, 1996. Agradeço o grupo dos arquivos Einstein na Universidade de Boston (Estados Unidos) por me ter permitido consultar este documentos e outros inéditos, há mais de quinze anos, quando elaborava meu livro *Einstein Philosophe* (PATY, 1993).

se de dois termos aditivos”, dos quais o primeiro é o mesmo que se as moléculas fossem independentes, e o segundo é análogo às flutuações de interferências no caso da radiação. Sobre esse segundo termo, ele observava que “se pode interpretar de modo correspondente ao caso dos gases, como flutuações por interferência de um processo de radiação adequadamente associado ao gás”, e logo se propunha a aprofundar esta interpretação na qual ele via “mais que uma simples analogia”. Ele utilizava, então, a recente teoria de Louis de Broglie (levada a seu conhecimento por intermédio de Paul Langevin)²⁴ que associava um campo de onda (escalar) a uma partícula material para mostrar que se pode obter assim o termo de flutuação encontrado.

A conferência de Einstein sobre a física dos quanta na Academia Brasileira de Ciências

Durante os meses de março, abril e maio de 1925, Einstein fez uma viagem à América do Sul que o levou à Argentina, onde permaneceu um mês, e depois ao Uruguai e ao Brasil, ficando uma semana em cada país. As circunstâncias dessas estadas tem sido objeto de depoimentos, descrições e comentários, e não é necessário retomá-los aqui²⁵, a não ser para lembrar que a iniciativa dessa viagem havia sido tomada pelas universidades argentinas de Buenos Aires, de Córdoba e de Tucumán; o convite lhe havia sido transmitido, em Berlim, por Leopoldo Lugones, escritor, jornalista, professor na Universidade de La Plata e membro da Comissão de Cooperação Intelectual da Sociedade das Nações, da qual Einstein fazia parte, por ocasião da passagem de Lugones pela Alemanha, no ano precedente. Para as permanências em Montevideu e no Rio de Janeiro, foram igualmente os representantes uruguaio e brasileiro (este último era Aloyso de Castro) na Comissão de Cooperação que serviram de intermediários entre as comunidades científicas e o autor da teoria da relatividade. Assim, a viagem de Einstein pela América do Sul encontrava-se ao mesmo tempo sob o signo do conhecimento e da nova física, bem como sob o do papel da ciência e da cultura nas relações entre os povos. Ele testemunhava a universalidade do conhecimento científico, a necessidade de sua comunicação e o direito de todos a dele participar, ultrapassando as barreiras dos particularismos e dos nacionalismos. Esta viagem segue outras que haviam levado Einstein, nos anos precedentes, como peregrino da paz e da ciência, a outras regiões do mundo (diversos países da Europa, Palestina, Japão, Estados Unidos...).

Einstein ministrou cursos e conferências sobre a teoria da relatividade e sobre diversos assuntos científicos, culturais e mesmo políticos. As conferências do físico já célebre foram ocasião para debates calorosos não só entre os cientistas, como na sociedade intelectual de um modo geral. Do ponto de vista científico, o interesse pela teoria da relatividade era dominante, sendo esta teoria a origem da celebridade do cientista.

Mas foi sobre a física dos quanta que ele havia resolvido falar diante da Academia Brasileira das Ciências, que o recepcionou em 7 de maio como membro correspondente: ali, ele pronunciou uma comunicação sobre “A situação atual da natureza da luz”²⁶. O tema por ele tratado estava, então, no centro da atualidade da pesquisa na área da física quântica: tratava-se da “dualidade ondulatório-corpúscular” da luz e de uma experiência que devia possibilitar a melhor compreensão de sua natureza física e sua relação exata com a teoria eletromagnética clássica em vigor. Esta experiência, e seu resultado, que confirmava a incompatibilidade dessa propriedade quântica (a dualidade) com a teoria clássica e o caráter inelutável da necessidade de recorrer a uma outra teoria, precedeu por pouco a verdadeira explosão teórica que devia constituir o aparecimento da mecânica quântica, formulada em 1925-1927, e apresentando-se como essa teoria procurada.

²⁶ EINSTEIN, 1926.

²⁷ COMPTON, 1923 (reproduzido em LINDSAY, 1979, p. 179-180).

²⁸ EINSTEIN, 1924a.

²⁹ BOHR, KRAMERS, SLATER, 1924.

A experiência de Bothe e Geiger e a questão da individualidade dos processos quânticos

A experiência de Bothe e Geiger, na qual Einstein centrou sua conferência, era um prolongamento daquela realizada em 1923 por Arthur Compton, que havia verificado diretamente o resultado teórico obtido por Einstein em 1916 sobre o impulso do quantum de radiação (chamado posteriormente fóton)²⁷. A experiência de Compton (sobre a qual Einstein havia publicado uma nota breve)²⁸ referia-se à difusão de uma radiação eletromagnética (raios-X de comprimento de onda e de direção dados) sobre os elétrons atômicos, com detecção do elétron ejetado do átomo e do fóton difuso, e determinação de seus parâmetros pela medida. Compton interpretou sua experiência como a difusão corpuscular de um quantum de radiação sobre um elétron individual, segundo a reação $\gamma + e \rightarrow \gamma + e$. O balanço cinemático das energias-impulsos correspondia a uma interação de partículas, e demonstrava que um quantum de radiação carregava bem energia e impulso. Mas essa significação simples da experiência estava limitada ao caso dos elementos (átomos) leves. Para os elementos pesados, era necessário considerar as forças de ligação dos elétrons atômicos, e a experiência de Compton permanecia muda sobre esse caso.

Contando com essa limitação, Bohr, Kramers e Slater propuseram, em 1924, uma teoria da difusão da radiação eletromagnética nos átomos com ejeção de elétrons, que se esforçava em preservar a física clássica e as trocas de energia contínuas na estrutura do átomo²⁹. Einstein igualmente interessou-se por esta teoria. De início, o propósito da “teoria BKS” era preservar a continuidade da teoria eletromagnética e da onda luminosa, conciliando-a com a descontinuidade dos fenômenos quânticos. Ela se apoiava na noção de onda virtual, encarregada de assegurar a comunicação entre os átomos, sem transporte de energia (esta radiação seria engendrada por osciladores harmônicos virtuais). A noção de onda virtual (ou campo



³⁰ STACHEL, 1986; PATY.

³¹ Ver PATY [a ser publicado].

³² Einstein, carta a Ehrenfest, de 31/5/1924 (sublinhado por Einstein) (Arquivos Einstein). O termo “mecânica quântica” foi igualmente empregado por Max Born em um artigo do mesmo ano: “Ueber Quantenmechanik” (BORN, 1924). São sem dúvida as duas primeiras ocorrências desta expressão que é preciso compreender como referência não a modelos ou “explicações” mecânicos, mas à *mecânica analítica*, modelo de uma teoria física fundamental matematizada, aos olhos de todos os físicos-matemáticos e teóricos do século XIX e daquele início do século XX.

³³ GEIGER, BOTHE, 1925. Uma tradução inglesa deste artigo é fornecida por LINDSAY, 1979, p. 230-231, com uma figura do dispositivo experimental.

³⁴ BOTHE & GEIGER, 1924.

³⁵ Einstein, carta a Paul Langevin de 16/12/1924 (in LANGEVIN, Luce, 1972).

³⁶ EINSTEIN, 1926f. Ver PATY, 1996. A comunicação foi feita em francês e publicada em português em uma tradução do texto original manuscrito, em alemão (que foi somente descoberto muito recentemente, ver TOLMASQUIN & MOREIRA, 1997).

virtual) devia-se sem dúvida à idéia de “campo fantasma” anteriormente proposto por Einstein ³⁰. Os autores supunham que o salto quântico dos elétrons entre os níveis era somente determinado de maneira estatística, através de um campo regido pelas equações de Maxwell, mas de natureza virtual, sem energia física trocada. Disso decorria que a conservação da energia e do impulso só seria verificada de maneira estatística.

O próprio Einstein, que muitos anos antes, em 1911, havia considerado tal eventualidade dentre suas variadas tentativas para compreender a natureza dos quanta de luz, mas que havia desde então provado a “realidade” irreduzível dos quanta, fez objeções a essa teoria ³¹. Uma delas consistia no fato que “a mecânica quântica”, que em sua opinião parecia necessária, baseava-se, caso essa concepção fosse justa, em uma teoria elétrica (clássica) da luz, embora fosse necessária maior generalidade e, assim, a própria teoria eletromagnética deveria ser fundamentalmente modificada. ³²

A questão devia ser resolvida pela experiência efetuada, em 1925, por Bothe e Geiger ³³, sobre a difusão dos raios-X nos elétrons atômicos, que dava continuidade àquela de Arthur Compton, mas com os átomos complexos. A determinação dos parâmetros individuais dos elétrons e raios-X se acompanhava de uma medida da correlação entre a radiação difusa e o elétron ejetado.

Os resultados preliminares, obtidos em fins de 1924 ³⁴, pareciam indicar uma correlação efetiva entre o elétron emitido e o raio-X difuso. Einstein os mencionou em uma carta a Paul Langevin, em 16 de dezembro de 1924 ³⁵, indicando que o resultado seria muito provavelmente uma correlação estrita característica de uma emissão simultânea do elétron e do fóton de saída, refutando a teoria estatística de Bohr, Kramers e Slater. O próprio Langevin interessava-se pela questão, já que suas aulas no Collège de France, em 1924-1925, referiam-se à estrutura dos átomos e suas propriedades magnéticas e ópticas.

A experiência de Geiger e Bothe ainda não estava concluída quando Einstein a descreveu em sua conferência na Academia das Ciências, no Rio de Janeiro ³⁶. Ele indicava que os autores da “teoria BKS” queriam manter a concepção clássica, ao verem nas propriedades quânticas da luz um efeito unicamente estatístico: era preciso que, para isso, abandonassem a conservação da energia-impulso para os processos individuais, e vissem ali apenas uma lei sobre as médias. Ele expunha, em seguida, a teoria BKS da difusão Compton concebida como um processo contínuo do qual todos os átomos da substância difusora tomam parte, em que a emissão de elétrons corresponde somente a processos individuais, obedecendo a leis estatísticas. Se este fosse o caso, dever-se-ia constatar a ausência de dependência (isto é, de correlação) entre o elétron e a luz difusa, que se marcaria na distribuição observada. Ao contrário, tal dependência é anunciada na hipótese dos quanta de luz. Einstein descrevia, além disso, nesse artigo pouco conhecido, a aparelhagem experimental de Geiger e Bothe.

“Apesar de todos os esforços dos físicos, ainda não chegamos a uma síntese lógica da teoria dos quanta e da teoria ondulatória”, lembrava, e “muito se indaga sobre a natureza dos quanta de luz”³⁷. Ele concluía sua comunicação fazendo valer que, se a dependência entre o elétron e a radiação era observada, dispor-se-ia então “de um novo argumento de valor a favor da realidade dos quanta de luz”³⁸. Este foi, efetivamente, o caso.

Observa-se, incidentemente, que o caráter individual dos processos quânticos já constituía, aos olhos de Einstein, um problema fundamental, que não deixaria de ocupar um lugar central em seu pensamento sobre a física dos quanta, como o veremos em seguida. É interessante constatar, já nesse estágio, a oposição entre os questionamentos respectivos de Einstein e de Bohr, e a relação destes últimos com o pensamento acerca do papel das probabilidades que permaneceria por muito tempo confundido com as estatísticas. Em seguida, Bohr desmentiria, constantemente, que houvesse sentido falar em fenômeno individual em mecânica quântica (em razão da descrição probabilística e do efeito da medida).

Poucos cientistas, entre os ouvintes, pareceram então interessados nos problemas da física quântica. A comunicação na Academia assumia o caráter de assunto muito especializado, e a teoria quântica deveria, de fato, esperar alguns anos para tornar-se objeto de um ensino aprofundado, como aquele que realizou mais tarde Teodoro Ramos. A relatividade, decididamente, polarizava a atenção. Aliás, a ela foram consagradas as sessões posteriores de discussão na Academia Brasileira das Ciências que aconteceram imediatamente após o retorno de Einstein à Europa ³⁹.

Considerações complementares sobre Einstein e sua abordagem crítica da mecânica quântica

Com o advento, imediatamente posterior a esses eventos, da mecânica quântica, elaborada nos anos 1925-1927, iniciou-se um longo período de vivos debates a respeito da interpretação da nova teoria. Estes debates foram marcados, sobretudo, pela controvérsia entre Niels Bohr e Albert Einstein. Parecia que, a partir da Conferência Solvay, de 1927, onde a mecânica quântica foi apresentada aos físicos, Einstein tinha perdido repentinamente sua posição de liderança nos avanços da física contemporânea, e que eram doravante Niels Bohr e sua “escola”, centrada no instituto por ele chefiado em Copenhague, e com ramificações representadas pelos físicos-matemáticos e teóricos da Universidade de Göttingen, que davam o tom da nova física. Porém, ficava claro que os trabalhos de Einstein, em particular seu artigo de síntese de 1916 (a primeira teoria quântica “semiclássica”), marcavam a origem tanto da mecânica ondulatória quanto da mecânica quântica propriamente dita, cuja fonte remonta a este trabalho magistral sobre as amplitudes de transições atômicas⁴⁰. São estas últimas que Werner Heisenberg retomou pela aproximação matricial, juntamente com Max Born e Pascual

³⁷ “Quanta” tinha, então, o sentido de “corpuscular”, em oposição a “ondulatório”.

³⁸ EINSTEIN, 1926f.

³⁹ PATY, 1996.

⁴⁰ Como bem o observa, entre outros, PAIS, 1982.



⁴¹ Nos anos 1920-1922. Cf. STACHEL, 1986.

⁴² Sobre seu método crítico em outros trabalhos teóricos, ver PATY, 1993.

Jordan; Erwin Schrödinger baseou sua mecânica ondulatória na idéia de Einstein e Louis de Broglie da dualidade onda-corpúsculo para os elementos de radiação, bem como de matéria, e nas últimas contribuições einsteinianas acima mencionadas sobre os gases perfeitos. Max Born propôs, igualmente, sua interpretação probabilística da função de estado (ou de onda), em referência a Einstein e a sua concepção das probabilidades, tais como ele as tinha introduzido, com sentido físico de frequências no tempo (sentido estatístico) para um estado considerado de um sistema. Born inspirava-se na ideia de “campo fantasma” sugerida por Einstein para intuir o comportamento dual dos objetos quânticos (porém sem publicá-la) ⁴¹.

No momento em que estas duas teorias, elaboradas paralelamente e equivalentes quanto a seus resultados em física atômica (a mecânica ondulatória de Schrödinger e a mecânica quântica de Heisenberg, Born e Jordan), foram estabelecidas sobre estas bases, os caminhos divergiram. Diante das novas elaborações teóricas que encontravam um rápido sucesso e atingiam um amplo consenso, com o *label* de *mecânica quântica*, Einstein tomou distância. Seu período “construtivo” da teoria dos quanta foi seguido pelo período de críticas. Entretanto, do primeiro ao segundo não observamos verdadeiramente uma ruptura. Pois, no segundo, Einstein não deixaria de aplicar seu método de sempre, isto é, a crítica da teoria vigente, para revelar seus limites e, ao mesmo tempo, para verificar o que nela permanece de fundamental e de seguro ⁴².

Com efeito, o debate entre Einstein e Bohr, e a natureza das objeções de Einstein, foram simplificados e deformados, como se fosse um assunto ideológico. É comum ouvir o público, assim como certos especialistas, cientistas, filósofos e historiadores da ciência, dizerem que com os debates iniciados em 1927, que se estenderam por três décadas, “a impressão que resta é que Einstein foi derrotado e que a interpretação de Copenhague reina hoje sem oposição”. Tal opinião é claramente caricatural, mas essa questão colocada a propósito da mecânica quântica, de seu valor como teoria e de sua interpretação é muito importante, em si mesma, e também porque ilustra o reverso da medalha da midiaticização da ciência e do cientista, simplificando exageradamente os verdadeiros e profundos debates de idéias, e apagando certas exigências intelectuais afirmadas pelos protagonistas, exigências que merecem ser tomadas seriamente. Não pretendemos, aqui, retomar este debate em seus detalhes. Queremos apenas esclarecer algumas exigências da postura de Einstein, relacionadas a suas colocações durante a viagem equinocial, que anunciam alguns aspectos de sua argumentação no debate posterior acerca da mecânica quântica como teoria física.

Primeiramente, é preciso esclarecer o que se denomina “interpretação de Copenhague” ou “concepção da complementaridade”. “Interpretação” é uma noção ambígua, e ambíguo também é o sentido que se dá à palavra “complementaridade”. Em ambas, há um sentido científico, físico e objetivo, como também um sentido mais filosófico de maneira geral, que diz respeito à natureza das interpretações filosóficas sobre o conhecimento.

O primeiro sentido (científico) simplesmente transcreve as propriedades físicas de um sistema quântico (isto é, por exemplo, formado por objetos com as dimensões de moléculas, átomos ou partículas ainda menores)⁴³. Essa descrição, quando realizada através das noções de onda e de partícula, deve ser dual – e assim se fala de dualidade onda-corpúsculo ou de complementaridade dos dois conceitos –, porque as propriedades dos “objetos” ou “sistemas” quânticos referem-se às propriedades de onda e de partícula; mas estas, sendo incompatíveis simultaneamente, sendo mutuamente excludentes, devem ser consideradas apenas de forma alternada (os objetos ou sistemas quânticos ora se comportam como ondas, ora como partículas, dependendo do aparato experimental montado para estudá-los). Einstein foi o primeiro a propor, ainda em 1909, mas de maneira mais completa, em 1916, como vimos, que a luz, como objeto quântico, apresentava essa dualidade. Mas ele também pensava que esses conceitos clássicos de onda e de partícula eram insuficientes para descrever a realidade quântica. Para ele, precisavam-se encontrar outros conceitos (conceitos “propriamente quânticos”) para substituir os clássicos, dentro de uma teoria genuinamente quântica, que ainda estava para ser inventada. Por sua parte, os físicos do lado “de Copenhague” achavam que esta nova teoria era precisamente a mecânica quântica, porém considerada somente como um formalismo, devendo combinar-se com os conceitos clássicos (considerados sempre necessários e insuperáveis) através das regras de utilização destes.

Outra característica dos sistemas quânticos são as famosas desigualdades de Heisenberg: uma vez considerados a posição ou o impulso (este último, em termos simples e clássicos, sendo a massa multiplicada pela velocidade), um sistema quântico não pode fornecer, simultaneamente, sua posição e sua velocidade com exatidão. Há uma relação entre essas grandezas (por exemplo, A e B) tal que a dispersão conjunta (produto de cada dispersão: $DA \cdot DB$), não pode ser menor do que um certo valor finito, a denominada (por Einstein) “constante de Planck”, esta dispersão não podendo, como na física clássica, ser reduzida a zero. No momento em que essa relação matemática foi proposta (por Heisenberg), Einstein a criticou, mas, pouco depois, passou a aceitar essas desigualdades, que também são denominadas “relações de indeterminismo” ou de “incerteza”.

Na descrição teórica dos sistemas quânticos pela mecânica quântica, tem-se, por um lado, as grandezas-conceitos clássicas que têm de ser duais ou complementares para serem mantidas, e que são caracterizadas probabilisticamente. Por outro lado, a teoria quântica, em sua própria formulação, põe em relação outros tipos de grandezas, que foram consideradas inicialmente como puramente formais, matemáticas (na forma de operadores matriciais, ou diferenciais, ou de vetores de espaços de Hilbert). As “regras quânticas” (são regras de utilização) ligam estas grandezas do “formalismo teórico” às grandezas clássicas observáveis e mensuráveis nos instrumentos (os quais são necessariamente de natureza clássica).

⁴³ De fato, existem sistemas quânticos de dimensões maiores, como os que se revelam em nanofísica, nos condensados de Bose-Einstein, e nos efeitos macroscópicos da supracondutividade e da superfluidez.



⁴⁴ EINSTEIN, PODOLSKI & ROSEN, 1935, EINSTEIN, 1948; PATY, 1986; 1988, cap 6.

⁴⁵ Ver, a este respeito, PATY, 2001 [a ser publicado].

Em relação ao sentido físico da teoria quântica, há de se considerar o papel fundamental das funções de onda (ou de estado), cuja caracterização matemática é importante para a descrição dos sistemas quânticos. Elas são interpretadas como “amplitudes de probabilidade”: em termos mais simples, elas fornecem a probabilidade de o sistema quântico estudado estar em determinado estado, que só pode ser encontrado através de uma medida efetuada nesse sistema. O autor dessa *interpretação probabilística* da função de estado foi Max Born. Einstein aceitava totalmente essa “interpretação” que, a seu ver, dava um sentido físico à função que descreve o sistema, ainda que apenas fornecesse probabilidades sobre seu estado, isto é, segundo as concepções comuns, e particularmente as de Einstein, de frequências no sentido estatístico.

Portanto, nesse sentido físico, a interpretação da teoria quântica conhecida pelo nome de “interpretação de Copenhague”, admitindo a dualidade onda-partícula, as desigualdades de Heisenberg e a interpretação probabilística da função de onda, foi e é aceita praticamente por todos os físicos, mesmo por aqueles que divergem sobre a interpretação filosófica da mecânica quântica.

A discussão de Einstein com Bohr situava-se essencialmente no plano da *interpretação filosófica*. De um lado, havia a teoria quântica, com sua forma matemática, suas regras “interpretativas” e seu sucesso na descrição dos fenômenos observados, que era aceita por Einstein, bem como por Bohr. De outro, havia a significação que se dava a essa teoria em termos de *conhecimento* e de *realidade física*. É aí estavam as divergências.

Para Einstein, a teoria quântica devia, como toda teoria física, tratar de representar ou descrever fenômenos ou sistemas reais, existentes na natureza, considerados na sua individualidade. (Para Einstein, a “realidade física” deve ser considerada em termos de sistemas físicos individuais). Se a ela faltasse algum elemento nesse sentido, isto seria um índice, ou uma prova, de que esta teoria era *incompleta*, tratando-se apenas de uma aproximação de uma teoria futura que deveria ser *completada*. A “inseparabilidade” de dois subsistemas, inerente à formalização teórica da mecânica quântica, parecia a Einstein ser o índice dessa “incompletude”, cuja *conseqüência* era seu caráter estatístico ⁴⁴. Faz-se importante observar que, para Einstein, a relação incompletude/estatística caminha neste sentido⁴⁵.

Para Bohr, essa questão não era pertinente, pois a função da teoria não era descrever um mundo real, como se este estivesse ao alcance do nosso conhecimento, visto que nos conhecemos somente através da percepção. Muito pelo contrário, a função da teoria seria descrever o que podemos perceber do mundo, através de nossa interação com ele, por meio dos instrumentos de observação. Segundo essa conceituação, a descrição da realidade passa a ser uma aproximação indireta, que sempre precisa colocar o sujeito ou o observador no meio da própria descrição. Assim, o segundo sentido da interpretação, ou *interpretação filosófica*, superpõe-se, no pensamento de Bohr, ao primeiro, até os dois serem combinados em uma única

interpretação, que se apresentava, no fim das contas, como uma ortodoxia. Esta filosofia do conhecimento, suscitada pela aproximação particular do domínio quântico, segundo Bohr, corresponde a dizer que, considerando uma teoria física, a referência da própria teoria não é mais a *realidade física*, ou seja, a realidade dos objetos físicos estudados concebidos objetivamente, independentemente dos pensamentos e dos instrumentos de observação, mas é a própria *observação* dessa realidade.

Esse segundo sentido (“filosófico”) da expressão “interpretação de Copenhague”, carrega uma nova conceituação acerca do conhecimento físico, uma conceituação “observacionista”, oposta a uma realista, ou “realista crítica” como a de Einstein, que inclui o caráter simbólico dos conceitos e teorias, construídos pela mente racional, considerando a distância entre a representação teórico-conceitual e o objeto por ela visado, o “sistema físico real”. Parece necessário diferenciar os dois sentidos delineados da palavra “interpretação”, pois não há nenhum consenso dos físicos sobre esse segundo sentido filosófico.

Einstein recusava a interpretação de Copenhague neste segundo sentido. Recusava que se obrigasse a adotar uma filosofia desse tipo, em nome da interpretação física. Sua justificativa era que o único objetivo interessante da física era a descrição, pela modalidade de uma representação teórico-conceitual, da realidade física.

Quanto aos físicos quânticos de hoje, eles trabalham, obviamente, com a teoria quântica e com essas interpretações físicas, isto é, no primeiro sentido de interpretação que mencionamos. Mas será que incluem no emprego dessa teoria a interpretação de Copenhague no segundo sentido, filosófico? Seria isso prova de que Niels Bohr tenha vencido Einstein nesses debates, como muitas vezes se vê sugerido? A resposta é, claramente, negativa, porque o debate evoluiu desde os tempos de Bohr e Einstein, e quase não se considera hoje a idéia de que os sistemas quânticos das teorias de partículas elementares ou atômicas não correspondam a elementos de realidade física. A maioria dos físicos nem sabe que há um problema de interpretação filosófica. Eles entendem e praticam a física sem precisar entender ou mesmo conhecer essas interpretações filosóficas. No entanto, isso não significa que os físicos não possuam uma interpretação filosófica implícita. Mas podemos duvidar muito de que essa interpretação filosófica implícita seja a de Bohr, porque esta última é muito complicada, e praticamente nenhum físico de hoje gostaria de ter que incluir uma interpretação tão complicada nas considerações de uma teoria que ele manipula de modo tão simples e direto.

Essa interpretação implícita deve ser muito mais simples do que a de Bohr, mais direta (em certo sentido) e com certeza não sendo obrigada a limitar-se aos conceitos clássicos: com efeito, a teoria pela qual eles pensam os fenômenos físicos estudados implica suas próprias grandezas que são, com efeito, pensadas como físicas, isto é, carregando as relações fisicamente significativas, mesmo se são muito afastadas das representações comuns. Dizer, portanto, que Bohr venceu Einstein é exagerar, sendo também anti-



⁴⁶ Ver, por exemplo, PATY, 1999.

histórico e, sobretudo, muito ideológico. Na verdade, o problema de como qualificar o tipo de representação desses sistemas quânticos, que rompe em vários pontos com as representações clássicas, continua sendo posto e discutido. Mas isso é entendido antes como uma questão epistemológica sobre a significação dos conceitos e das magnitudes da teoria, do que como uma questão sobre o conhecimento em geral.

Hoje, não parece que a física quântica, e sua teoria, a mecânica quântica (e a teoria quântica do campo que se baseia nesta) obriguem, ou conduzam à negação do realismo (um realismo “crítico”, associado à idéia de representação simbólica). Trata-se do contrário, se se pensa nos fenômenos físicos “bem reais” e objetivos que só chegaram ao nosso conhecimento através dessa teoria. Assim, hoje é possível aceitar totalmente a mecânica quântica em sua forma teórica, e recusar a interpretação filosófica de Copenhague. Há outras maneiras de se aceitar racionalmente, de forma inteligível, a física quântica, diferentes da compreensão específica que predominou na época de seu nascimento, marcada pelo contexto: e em particular continuando a admitir um programa realista para a física e a ciência em geral. Basta considerar uma “interpretação epistemológica” sobre a significação dos conceitos e das magnitudes quânticos do ponto de vista físico, isto é, dos fenômenos tais como se manifestam na natureza. Por exemplo, requerendo simplesmente uma mudança do sentido tradicionalmente considerado para a noção de *magnitude* ou de *quantidade física*, admitindo uma *extensão de sentido* desta, além das simples variáveis e funções numéricas, de tal modo que a representação teórica de um sistema quântico possa ser considerada como direta (ela é direta no entendimento e, como de fato ela foi sempre, indireta na percepção). Com efeito, parece bem assim que ela é admitida implicitamente na prática da física de hoje ⁴⁶.

Para Einstein, a situação não era tão clara deste ponto de vista, e o “formalismo” lhe parecia bastante distante de uma teoria física no sentido próprio. Ele pensava que a teoria quântica de sua época não passava de uma *aproximação heurística*, revelando traços não clássicos, que deveriam ser integrados posteriormente numa teoria mais satisfatória, com princípios físicos claros. Muitas de suas questões e exigências foram, de fato, úteis para pensar melhor os conceitos quânticos. Em particular, seus pensamentos do ano de 1925 estavam dirigidos para duas características necessárias, físicas, dos sistemas quânticos, apesar de aparecerem *a priori* sem relação entre elas ou até contraditórias: a *individualidade* dos sistemas (que podem ser contados, considerados um por um), e sua *indistingüibilidade* quando idênticos, o que correspondia a correlações de um tipo até então não conhecido. Hoje, tais características são consideradas centrais para se pensar os sistemas quânticos, e tratá-los teoricamente de maneira direta.

Referências

(Nota: as abreviações de referências das obras de Einstein remetem respectivamente a: CP: *Collected Papers* (Einstein [1987-]); OC: *Oeuvres*)

ALVES, Jerônimo [1996]. Teoria da relatividade no Brasil: recepção e contexto, in HAMBURGER, Amelia Imperio; DANTES, Maria Amélia; PATY, Michel & PETITJEAN, Patrick (eds.), *A ciência nas relações Brasil-França. (1850-1950)*, Coleção “Seminários”, EDUSP, São Paulo, 1996, p. 121-142.

AN. SOC. CIENT. ARG. [1929]. Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales de Buenos Aires : Recepcion del doctor Alberto Einstein en la sesion especial de la Academia el dia 16 de abril de 1925, *Anales de la Anales de la Sociedad Cientifica Argentina* CVII, 1929, 337-347.

BOHR, Niels; KRAMERS, Hendrik Anton and SLATER, John Clarke [1924]. The quantum theory of radiation, *The Philosophical Magazine* 47, 1924, 785-822.

BORN, Max [1924]. Uber Quantenmechanik, *Zeitschrift für Physik*, 26, 1924, 379-395 ; repr. in Born (1963), vol. 2, p. 61-77.

_____. [1963]. *Ausgewählte Abhandlungen*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1963, 2 vols.

BOSE, Satyendra Nath [1924a]. Planck's Gesetz und Lichtquantenhypothese, *Zeitschrift für Physik* 26, 1924, 178-181 (trad. do inglês por A. Einstein); texto ingl., Planck's law and the hypothesis of light quanta, in Theimer, H. and Ram, B., “The beginning of quantum statistics”, *American Journal of Physics* 44, 1976, 1056-1057.

BOTHE, Walter & GEIGER, Hans [1924]. Ein Weg zu experimentellen Nachprüfung der Theorie von Bohr, Kramers und Slater, *Zeitschrift für Physik* 26, 1924, 44. Engl. transl.: Experimental test of the theory of Bohr, Kramers and Slater, in Lindsay [1979], p. 230-231.

_____. [1925]. Über das Wesen des Comptoneffekts; eine experimentelles Beitrag zur Theorie des Strahlung, *Naturwissenschaft* 13, 1925, 440 sq.; *Zeitschrift für Physik* 32, 1925, 639-663.

BROGLIE, Louis de [1924]. *Recherches sur la théorie des quanta*, Thèse, Paris, 1924; *Annales de physique*, 10^e série, 3, 1925, 22-128; reed., Masson, Paris, 1963.

CAFFARELLI, Roberto V. [1979]. Einstein e o Brasil, *Ciencia e Cultura* 1979, 1435-1455.

CROMMELIN, A. C. D. [1919], The Eclipse Expedition to Sobral, *The Observatory* 42, 1919, n^o 545, nov., 368-371.

DARRIGOL, Olivier [1988-1991]. Statistics and combinatorics in early quantum theory, *Historical Studies in the Physical Sciences*, I: 19 (1), 1988, 17-80 ; II: 21 (2), 1991, 237-298.



- _____. [1992]. *From c-Numbers to q-Numbers. The classical Analogy in the History of Quantum Theory*, University of California Press, Berkeley, 1992.
- DELFINO GALLES, Carlos [1982]. La repercusión en la Argentina de las teorías relativísticas (1905-1925), in *Primeiras Jornadas de Historia del pensamiento científico argentino, Buenos-Aires 12-14 de julio 1982, Actas*, 1982, p. 114-122.
- DIRAC, Paul A. M. [1926a]. On the theory of quantum mechanics, *Proceedings of the Royal society of London A* 112, 1926, 661-677.
- _____. [1926b]. The physical interpretation of the quantum dynamics, *Proceedings of the Royal society of London A* 113, 1926, 621-641.
- DYSON, F.W., EDDINGTON, A.S., CROMMELIN, A.C.D. [1919]. [Reports at the] Joint eclipse meeting of the Royal Society and the Royal Astronomical Society (1919, november 6, Sir Joseph Thomson in the chair), *The Observatory* 42, 1919 (n° 545, nov.), 389-398.
- EDDINGTON, Arthur [1919]. The total eclipse of 1919, may 29, and the influence of gravitation on light, *The Observatory* 42, 1919 (n° 537, march), 119-122.
- EINSTEIN, Albert [1905]. Ueber einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt, *Annalen der Physik*, ser. 4, 17, 1905, 132-148; repris in CP, vol. 2, p. 150-166. Trad. fr. : Un point de vue heuristique concernant la production et la transformation de la lumière, in OC, vol. 1, p. 39-53.
- _____. [1916a]. Strahlung-emission und -absorption nach der Quantentheorie, *Deutsche physikalische Gesellschaft, Verhandlungen*, XVIII, 1916, 318-323.
- _____. [1916b]. Zur Quantentheorie der Strahlung, *Physikalische Gesellschaft Mitteilungen* (Zürich), 1916, 47-62; igualmente: *Physikalische Zeitschrift* 18, 1917, 121-128. Trad. ingl., On the quantum theory of radiation, in van der Waerden [1967], p. 63-78. Trad. fr. : Théorie quantique du rayonnement, in OC, vol. 1, p. 134-147.
- _____. [1921]. Ueber ein den Elementarprozess der Lichtemission betreffendes Experiment, *Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte*, 1921, part 2, 882-883. Trad. fr. : Sur une expérience concernant le processus élémentaire de l'émission lumineuse, in OC, vol. 1, p. 151-153.
- _____. [1922a]. Quantentheoretische Bemerkungen zur Supraleitung der Metalle, *Gedenboek Kammerling Onnes* (11. 3.1922), Leiden, 1922, 429-435.
- _____. [1922b]. Theorie der Lichtfortpflanzung in dispergierenden Medien, *Preussische Akademie der Wissenschaften, Phys. Math. Klasse, Sitzungsberichte*, 1922, 18-22.

_____. [1922c]. (Em collab. com Ehrenfest, Paul). Quantentheoretische Bemerkungen zum experiment von Stern und Gerlach, *Zeitschrift für Physik* XI, 1922, 31-34. Trad. fr. : Remarques sur l'expérience de Stern et Gerlach envisagée du point de vue de la théorie des quanta, in OC, vol. 1, p. 157-160.

_____. [1923]. Bietet die feldtheorie Möglichkeiten für die Lösung des Quantenproblems?, *Preussische Akademie der Wissenschaften, Phys. Math. Klasse, Sitzungsberichte*, 1923

_____. [1924a]. Das Komptonsche Experiment, *Berliner Tageblatt*, 20 april 1924, Suppl.

_____. [1924b]. Wärmegleichgewicht im Strahlungsfeld bei Anwesenheit von Materie, *Zeitschrift für Physik* XXVII, 1924, 392-393. (Nota junta ao artigo de N. Bose, cf. Bose [1924]).

_____. [1924c]. Quantentheorie des einatomigen idealen Gases, *Preussische Akademie Wissenschaften, Phys. Math. Klasse, Sitzungsberichte* 22, 1924, 261-267. Trad. fr., Théorie quantique du gaz parfait monoatomique, in OC, vol. 1, p. 172-179.

_____. [1925a]. Quantentheorie des einatomigen idealen Gases. Zweite Abhandlung, *Preussische Akademie Wissenschaften, Phys. Math. Klasse, Sitzungsberichte*, 1925, p. 3-14. Trad. fr., Théorie quantique du gaz parfait monoatomique. Deuxième mémoire, *Annales de la Fondation Louis de Broglie* 7, 1982, 129-145.

_____. [1925b]. Quantentheorie des idealen Gases, *Preussische Akademie Wissenschaften, Phys. Math. Klasse, Sitzungsberichte*, 1925, p. 18-25.

_____. [1925c]. Reisesgebach Südamerika (Argentinien, Uruguay, Brasilien), Marz, April, Mai 1925 (Diario de viagem na América do Sul, Argentina, Uruguai, Brazil, março, abril, maio de 1925). Manuscrito e transcrição datilografada, arquivo Einstein, Universidade Hebraica de Jerusalem e Universidade de Boston.

_____. [1925d]. Bemerkung zu P. Jordans Abhandlung: *Zur Theorie der Quantenstrahlung*, *Zeitschrift für Physik* XXXI, 1925, 784-785.

_____. [1925e]. Quantentheorie des einatomigen idealen Gases. Zweite Abhandlung, *Preussische Akademie Wissenschaften, Phys. Math. Klasse, Sitzungsberichte*, 1925, p. 3-14. [Cf. Einstein 1924 e.] Trad. fr., Théorie quantique du gaz parfait monoatomique. Deuxième mémoire, *Annales de la Fondation Louis de Broglie* 7, 1982, 129-145. Autre trad. fr. (partielle), Théorie quantique du gaz parfait. Deuxième mémoire, in OC, vol. 1, p. 180-192.

_____. [1925f]. Quantentheorie des idealen Gases, *Preussische Akademie Wissenschaften, Phys. Math. Klasse, Sitzungsberichte*, 1925, p. 18-25.

_____. [1926a]. Observações sobre a situação actual da theoria da luz, *Revista da Academia brasileira de ciencias*, nº1, 1926 (abril), p. 1-3



[Comunicação à Academia brasileira das ciências, 7 de maio de 1925. Trad. em português, por Roberto Marinho, do original em alemão). (Reproduzida, sem o título, em Mourão [1987], p. 97-100). O manuscrito original em alemão (Bemerkungen zu der gegenwärtigen Lage der Theorie des Lichtes) foi encontrado e publicado em fac simile por Tolmasquin, Alfredo T. & Moreira Ildeu C., *Ciência Hoje* (São Paulo), vol. 21, 1997, n°124, 25-27.

_____. [1926b]. Vorschlag zu einem die Natur des elementaren Strahlungs-emissions-prozesses betreffenden Experiment, *Naturwissenschaften* XIV, 1926, 300-301.

_____. [1926c]. Ueber die Interferenzeigenschaften des durch Kanalstrahlen emittierten Lichtes, *Preussische Akademie der Wissenschaften, Phys. Math. Klasse, Sitzungsberichte*, 1926, 334-340.

_____. [1926d]. Geometria no euclidea y fisica, *Revista matematica hispano-america* (Buenos-Aires), ser. 2, 1926, 72-76. [Comunicação à Sociedade Científica Argentina, 16 de abril de 1925. Trad. em espanhol.]

_____. [1946]. Autobiographisches. Autobiographical notes, in Schilpp, P.A. (ed), *Albert Einstein, philosopher and scientist*, The Library of Living Philosophers, Open Court, La Salle (Ill.), 1949, p. 1- 95. [Texto redigido em 1946].

_____. [1948]. Quantenmechanik und Wirklichkeit, *Dialectica* 2, 1948, 35-39. Trad. fr., Mécanique quantique et réalité, in OC, vol. 1, p. 244-249.

EINSTEIN, Albert [1949]. Reply to criticism. Remarks concerning the essays brought together in this cooperative volume, in Schilpp [1949], p. 663-693.

_____. [1987-]. *The Collected Papers of Albert Einstein*, Edited by J. Stachel, M. Klein & al., Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1987- vols. 1-8 (suiv. em curso de publicação). Indicado por CP.

_____. [1989-1993]. *Oeuvres choisies*, trad. fr., Seuil/éd. du CNRS, Paris., 5 vols., 1989-1993. Indicado por OC.

_____. PODOLSKY, Boris & ROSEN, Nathan [1935]. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?, *Physical Review*, ser. 2, XLVII, 1935, 777-780. Trad. fr., Peut-on considérer que la mécanique quantique donne de la réalité physique une description complète ?, in OC, vol. 1, p. 224-230.

_____. & BORN, Max [1969]. *Briefwechsel 1916-1955*, Nymphenburger Verlagshandlung, München, 1969. Trad. fr. par Pierre Leccia, *Correspondance 1916-1955*, commentée par Max Born, Seuil, Paris, 1972.

_____. & B ESSO, Michele [1972]. *Correspondance 1903-1955*, publiée par Pierre Speziali, Hermann, Paris, 1972. (Textos originais e tradução em francês). Nova ed., sómente trad. fr., 1979.

ELECTRONS ET PHOTONS [1928]. Rapports et discussions du cinquième Conseil de physique tenu à Bruxelles du 24 au 29 octobre 1927 sous les

auspices de l'Institut international de physique Solvay, Gauthier-Villars, Paris, 1928.

GRIFFIN, A, SNOKE, D.W. & STRINGARI, S. (eds.) [1995]. *Bose-Einstein condensation*, Cambridge University Press, 1995.

JAMMER, Max [1966]. *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, Mc Graw-Hill, New York, 1966.

_____. [1974]. *The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*, Wiley and sons, New York, 1974.

KASTLER, Alfred [1983]. On the historical development of the indistinguishability concept for microparticles, *in van der Merwe* [1983], p. 607-623.

LANGEVIN, Luce [1972]. Paul Langevin et Albert Einstein d'après une correspondance et des documents inédits, *La Pensée*, n° 161, janvier-février 1972, 3-40.

LINDSAY, Robert (ed.) [1979]. *Early concepts of energy in atomic physics*, Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsbury (Penns.), 1979.

MEHRA, Jagdish & RECHENBERG, Helmut [1982]. *The historical development of quantum theory*, Springer, New York, 1982, 7 vols.

MERWE, Alwyn van der (ed.) [1983]. *Old and new questions in physics, cosmology, philosophy and theoretical biology*, Plenum press, New York, 1983.

MOREIRA, Ildeu & VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (orgs.) [1995]. *Einstein e o Brasil*, Editora UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1995.

MORIZE, Henrique [1920]. Resultados obtidos pela Comissão Brasileira do Eclipse de 29 de maio de 1919, *Revista de Ciências* (Rio de Janeiro) 4 (3), 65, maio-junho 1920, 65 sq.

MOURÃO, Rogério Freitas [1987]. *Explicando a teoria da relatividade, com apêndice sobre a visita de Einstein ao Brasil*, Ediouro, Tecnoprint, Rio de Janeiro, 1987. (Appendices: 1- A introdução da teoria da relatividade no Brasil, p. 73-76. 2- O eclipse de Sobral, primeira confirmação da relatividade geral, p. 77-86. 3- Einstein no Brasil, p. 87-116.)

_____. [2003]. *Einstein, de Sobral para o mundo*, Ed. Uva, Sobral (Ce, Br), 2003.

NATANSON, Ladislas [1911]. On the statistical theory of radiation, *Bulletin de l'Académie des sciences de Cracovie* (A), 1911, 134-138. Ueber die statistische Theorie der Strahlung, *Physikalische Zeitschrift* 12, 1911, 659-666.

NATHAN, Otto & NORDEN, Heinz (eds.) [1968]. *Einstein on Peace*, preface by Bertrand Russell, New York: Avenel Books, 1968.

PAIS, Abraham [1982]. *Subtle is the Lord. The science and life of Albert Einstein*, Oxford University Press, Oxford, 1982.

PATY, Michel [1986]. La non-séparabilité locale et l'objet de la théorie physique, *Fundamenta Scientiae* 7, 1986, 47-87.



_____. [1988]. *La matière dérobée. L'appropriation critique de l'objet de la physique contemporaine*, Archives contemporaines, Paris, 1988, xx + 442 p. Trad. : *A matéria roubada. A apropriação crítica do objeto da física contemporânea*, trad. em português por Mary Amazonas Leite de Barros, EDUSP, São Paulo, 1995, 324p.

_____. [1993]. *Einstein philosophe, La physique comme pratique philosophique*, Presses Universitaires de France, Paris, 1993.

_____. [1995]. The nature of Einstein's objections to the Copenhagen interpretation of quantum mechanics, *Foundations of physics* 25, 1995, n°1 (january), 183-204.

_____. [1996]. A recepção da Relatividade no Brasil e a influência das tradições científicas europeias, trad. em português (Brazil) por Ana Maria Alves, in Hamburger, Amelia Imperio; Dantes, Maria Amelia; Paty, Michel et Petitjean, Patrick (eds.), *A ciência nas relações Brasil-França. (1850-1950)*, Coleção "Seminários", EDUSP, São Paulo, 1996, p. 143-181. (Texto original em francês : La réception de la Relativité au Brésil et l'influence des traditions scientifiques européennes, *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 49, 2000, n° 143, 331-368.)

_____. [1999]. Are quantum systems physical objects with physical properties ?, *European Journal of Physics* 20, 1999 (november), 373-388. (Special issue on « Unsolved problems of physics ».)

_____. [2000]. Interprétations et significations en physique quantique, *Revue Internationale de Philosophie* (Bruxelles), n°212, 2 (juin) 2000, 199-242.

_____. [2001]. Physical quantum states and the meaning of probability, as Chapter 14, in Galavotti, Maria Carla; Suppes, Patrick & Costantini, Domenico, (eds.), *Stochastic Causality*, CSLI Publications (Center for Studies on Language and Information), Stanford (Ca, USA), 2001, p. 235-255.

_____. [2003]. The concept of quantum state : new views on old phenomena, in Ashtekar, Abhay ; Cohen, Robert S.; Howard, Don ; Renn, Jürgen ; Sarkar, Sahotra & Shimony, Abner (eds.), *Revisiting the Foundations of Relativistic Physics : Festschrift in Honor of John Stachel*, Boston Studies in the Philosophy and History of Science, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003, p. 451-478.

_____. [2005]. O estilo científico de Einstein na exploração do domínio quântico, *Scientiae Studia (Revista Latino-Americana de Filosofia e História da Ciência*, São Paulo, Br.), vol. 3, n°4, out.-dez., 2005, p. 597-619.

_____. [a ser public.]. *Einstein, les quantà et le réel (critique et construction théorique)*, a ser publicado.

SCHILPP, Paul Arthur (ed.) [1949]. *Albert Einstein, philosopher-scientist*, The library of living philosophers, Open Court, La Salle (Ill.), 1949. Ré-ed., *Ibid.* and Cambridge University Press, London. [Third edition, 1970].

STACHEL, John [1986]. Einstein and the quantum: fifty years of struggle in R. Colodny (ed.), *From quarks to quasars*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 1986.

TOLMASQUIN, Alfredo Tiomno [2004]. *Einstein. O Viajante da Relatividade na América do Sul*, Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2005.

WAERDEN, B. L. van der (ed.) [1967]. *Sources of quantum mechanics*, North Holland, Amsterdam, 1967.

No ano de 1905, Albert Einstein, com 26 anos, produziu cinco trabalhos que mudariam a forma de a ciência entender conceitos fundamentais como tempo, espaço, matéria e energia. Este ano passou para a história com o título de *annus mirabilis* (ano miraculoso). Em seu centenário, a ONU declarou 2005 como Ano Mundial da Física e em todo o mundo houve comemorações desse momento especial do pensamento científico moderno. No Brasil, teve um significado adicional, pois marcou também os 80 anos da viagem de Einstein à América do Sul, ocorrida em 1925, quando visitou o Brasil, a Argentina e o Uruguai. Em comemoração a essas duas significativas datas, o Museu de Astronomia e Ciências Afins promoveu um seminário que originou a presente publicação. O livro procura contribuir para uma melhor compreensão do impacto das idéias de Einstein no mundo atual.



Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-60069-19-4



Ministerio da
Ciência e Tecnologia

