

TEXTO PARA DOWNLOAD

O texto a seguir foi publicado na revista *Ciência Hoje* (vol. 21, no 124, setembro/outubro de 1996), da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Pode ser reproduzido total ou parcialmente para fins acadêmicos, sendo que para isso a fonte deve ser citada.

Para fins comerciais, é necessária a autorização prévia da revista *Ciência Hoje*.

Um manuscrito de Einstein no Brasil

Alfredo Tiomno Tolmasquim

Museu de Astronomia e Ciências Afins/CNPq,

Ildeu de Castro Moreira

Instituto de Física,

Universidade Federal do Rio de Janeiro

[ABERTURA]

Um importante documento escrito por Albert Einstein em 1925, no Brasil, e não incluído nas bibliografias existentes do físico alemão, foi recentemente localizado no Rio de Janeiro. Trata-se do texto original de uma comunicação feita pelo autor da Teoria da Relatividade à Academia Brasileira de Ciências (ABC), durante sua histórica visita ao país. Datado de 7 de maio de 1925 e assinado por Einstein, o manuscrito -- no idioma alemão -- dessa comunicação, redescoberto após sete décadas, tem o título *Bemerkungen zu der gegenwärtigen Lage der Theorie des Lichtes (Observações sobre a situação atual da Teoria da Luz)*.

A reprodução integral do manuscrito de Einstein e de uma nova versão para o português, baseada na tradução original realizada por Roberto Marinho de Azevedo, mostra a importância do documento, o único em que o cientista compara suas idéias sobre o fóton (ou *quantum* de luz) e a teoria que Bohr, Kramers e Slater defendiam, na época, sobre a natureza ondulatória da radiação luminosa, que prescindia do conceito de fóton. Um relato da viagem de Einstein à América do Sul, no primeiro semestre de 1925, apresenta o contexto histórico no qual a comunicação foi feita. A tradução original da comunicação de Einstein foi publicada no primeiro número da *Revista da Academia Brasileira de Ciências*, em 1926, mas o conteúdo dessa comunicação e a existência do manuscrito não são conhecidos internacionalmente.

A viagem à América do Sul

A vinda de Einstein à América do Sul fez parte de uma série de viagens que ele realizou, na década de 20, a vários lugares, como Japão, Palestina e Estados Unidos. Esse período seguiu-se à súbita fama que o físico alemão adquiriu, deflagrada pelo anúncio, em 1919, dos resultados da expedição científica a Sobral, no Ceará, que confirmaram as previsões de Einstein sobre a deflexão da luz das estrelas ao passar nas proximidades do Sol (ver 'A prova cearense das teorias de Einstein', em *Ciência Hoje* nº 115). Graças ao prestígio conquistado, sua figura ganhou as páginas dos jornais de todo o mundo e suas opiniões científicas, filosóficas, éticas e políticas passaram a ter grande repercussão junto ao público.

Uma das motivações de Einstein para tais viagens era certamente sua curiosidade em conhecer diferentes países e culturas. Além de buscar difundir suas teorias, ele tinha também um objetivo político em algumas dessas visitas, como as realizadas à França e à Inglaterra: tentar aproximar as comunidades científicas dos diversos países, que haviam estado em conflito na Primeira Guerra Mundial, e mostrar que a ciência, como a arte, podia contribuir para a superação dos nacionalismos. Além disso, Einstein estava engajado na causa judaica, especialmente em seus aspectos culturais.

A viagem à América do Sul incorpora vários desses aspectos motivadores. Einstein fez conferências científicas na Argentina, no Uruguai e no Brasil. Visitou instituições científicas, participou de recepções organizadas pela comunidade judaica e pela comunidade germânica, defendeu a paz e a conciliação mundial e falou sobre a necessidade dos judeus de todo o mundo se unirem para apoiar o movimento de criação da universidade hebraica em Jerusalém.

A idéia de convidar Einstein para vir à América do Sul surgiu na Argentina, em 1922. Superados os obstáculos e após vários contatos com Einstein, foi criado um *pool* de instituições, formado pela Universidade de Buenos Aires, a *Asociación Hebraica* e a *Institución Argentino-Germana*, que organizou e financiou a viagem. No Brasil, o rabino Isaiah Raffalovich, ao tomar conhecimento de que Einstein viria à Argentina, fez contato com a direção da Universidade do Rio de Janeiro, que aprovou a sugestão de se fazer um convite oficial para a vinda do cientista à cidade.

Einstein deixou Hamburgo no dia 5 de março, no navio *Cap Polonio*. Passou pelo Rio no dia 21 de março, onde foi recebido por uma comissão composta por cientistas, jornalistas e membros da comunidade judaica. Nesse dia, visitou o Jardim Botânico, almoçou no Copacabana Palace Hotel e fez o seguinte comentário, por escrito, para um

jornalista: “O problema que minha mente formulou foi respondido pelo luminoso céu do Brasil.” Na volta para o navio, fez uma pequena jornada a pé pelo centro da cidade.

Na Argentina, onde chegou no dia 24 de março, Einstein permaneceu por um mês. Fez 12 conferências, a maioria sobre a teoria da relatividade, e participou de muitas recepções, inclusive uma organizada pelos estudantes da Faculdade de Engenharia da Universidade de Buenos Aires. Visitou também La Plata e Córdoba. Discutiu com alguns físicos e químicos argentinos aspectos atualizados da física na época (sobre os *quanta* e sobre a relatividade geral). O jornal *La Prensa* publicou um artigo especial de Einstein, intitulado *Pan-Europa*, onde o cientista critica o nacionalismo e defende o renascimento da comunidade européia e sua unificação, pelo menos nos aspectos culturais.

Em 24 de abril de 1925, Einstein deixou Buenos Aires e alcançou Montevideú. Fez ali três conferências na Faculdade de Engenharia e, como na Argentina, participou de várias recepções e visitou o presidente da República. Permaneceu no Uruguai por uma semana, de onde saiu no dia primeiro de maio, em direção ao Rio de Janeiro, no navio *Valdívia*.

Einstein desembarcou novamente no Rio ao anoitecer do dia 4 de maio. Ficou hospedado no Hotel Glória, apartamento 400. Nos dias seguintes, percorreria vários pontos turísticos do Rio de Janeiro, como o Pão de Açúcar, o Corcovado e a floresta da Tijuca. O fascínio com a maravilhosa natureza tropical e o interesse nas diferentes tradições culturais foram permanentes em Einstein durante sua visita. As anotações de seu diário fazem referência constante à flora que “supera os sonhos das mil e uma noites”, notam a “deliciosa mistura étnica nas ruas” e comentam sobre a influência do clima quente e úmido no comportamento humano. No dia 6 de maio, Einstein visitou o presidente da República, Artur Bernardes, e alguns ministros de Estado.

Seu programa turístico-científico incluiu visitas a diversas instituições: Museu Nacional (a 7 de maio), Instituto Oswaldo Cruz (atual Fundação Oswaldo Cruz, a 8 de maio) e Observatório Nacional (a 9 de maio). Visitou também, no dia 11, o Hospital dos Alienados. Através das ondas da Rádio Sociedade, criada em 1923, dirigiu, em alemão, uma mensagem breve ao povo brasileiro, traduzida em seguida pelo químico Mário Saraiva. Na mensagem, Einstein falou da importância dos meios de comunicação radiofônica para a difusão da cultura e do conhecimento científico, desde que utilizados por pessoas qualificadas.

Como aconteceu em outros países, as conferências de Einstein no Rio tinham o objetivo de disseminar as novas idéias para uma audiência acadêmica diversificada. A primeira delas, versando sobre a teoria da relatividade especial, ocorreu no Clube de

Engenharia, no dia 6 de maio. O auditório estava completamente lotado por professores, autoridades, jornalistas, alunos. Para muitos, mais importante do que entender o que seria dito era ver e ouvir o cientista mais famoso do mundo. Sobre essa conferência, Einstein escreveu em seu diário: "Às 4:00 PM, primeira conferência no Clube de Engenharia em um auditório lotado, com barulho da rua. As janelas estavam abertas. A acústica não permitia o entendimento. Pouco científico." A segunda conferência, agora sobre a teoria da relatividade geral, deu-se na Escola Politécnica, no dia 8 de maio, e os organizadores limitaram o número de pessoas para evitar os atropelos da primeira palestra.

Nessa época, não havia no Brasil instituições destinadas à pesquisa nas áreas de física e matemática. Poucos cientistas, em geral provenientes das escolas de engenharia, interessavam-se pelas novas idéias na física, especialmente pela teoria da relatividade. Entre eles destacavam-se Manoel Amoroso Costa e Roberto Marinho de Azevedo, ambos professores da Escola Politécnica e membros da ABC, além de Theodoro Ramos, Lélío Gama, Luís Freire e o jurista Pontes de Miranda.

Amoroso Costa publicou muitos artigos em jornais e revistas, depois de 1919, explicando as teorias de Einstein. Escreveu um excelente livro de introdução à teoria da relatividade, publicado já em 1922, mas estava na França durante a visita de Einstein. Houve também oponentes às novas idéias: a influência do positivismo na cultura brasileira era intensa e de suas hostes vieram as críticas mais vigorosas à relatividade. O principal opositor foi Licínio Cardoso, presidente da sessão de ciências físicas e matemáticas da Academia e catedrático de mecânica racional na Escola Politécnica.

Antes, durante e depois da estada de Einstein, vários artigos foram publicados nos jornais sobre a teoria da relatividade, alguns contrários a ela. Na ABC, o debate estendeu-se por várias sessões. A disputa surgiu depois da apresentação de um artigo de Licínio Cardoso, intitulado *Relatividade Imaginária*, publicado em *O Jornal* no dia 16 de maio. Vários acadêmicos defenderam as idéias de Einstein e, algumas semanas mais tarde, Roberto Marinho de Azevedo apresentou o artigo *Resposta a algumas objeções feitas entre nós contra a Teoria da Relatividade*.

Einstein deixou o Rio, com destino à Europa, no dia 12 de maio. Sua visita, amplamente noticiada pela imprensa, influenciou e deu novo alento à pequena e emergente elite acadêmica do Rio de Janeiro em sua luta pelo estabelecimento da pesquisa 'pura', como era designada a pesquisa básica, e para a difusão das idéias da física moderna no Brasil. Quando deixou o Rio, o físico alemão enviou, do navio, uma carta ao Comitê Nobel, sugerindo o nome do marechal Cândido Rondon para o prêmio Nobel da paz. Embora não tivesse encontrado Rondon pessoalmente, Einstein ficou muito impressionado com o que

ouviu sobre suas atividades “na integração das tribos indígenas ao homem civilizado, sem o uso de armas nem de qualquer tipo de coerção.”

A comunicação à Academia

A recepção a Einstein na Academia Brasileira de Ciências foi o compromisso científico mais importante do cientista durante sua visita ao Rio de Janeiro. A instituição, criada em 1916 com o nome de Sociedade Brasileira de Ciências, reunia cientistas e professores com o objetivo de promover as atividades científicas no Brasil. Em curto espaço de tempo, a Academia tornou-se local importante de debates científicos e passou a publicar uma revista, que desempenhou papel significativo na ciência brasileira.

A recepção reuniu mais de cem membros de várias instituições. A sessão foi aberta por Juliano Moreira, então presidente da ABC, que falou sobre a influência da relatividade em várias áreas da ciência. Em seguida, entregou a Einstein o diploma de Membro Correspondente da ABC. Francisco Lafayette, outro membro da Academia, fez uma apresentação geral sobre os trabalhos científicos de Einstein, mencionando suas primeiras pesquisas sobre o movimento browniano, o efeito fotoelétrico e as teorias relativísticas. Em seguida, Mário Ramos estabeleceu o prêmio Albert Einstein, que seria dado anualmente ao melhor trabalho apresentado à Academia. Por fim, Einstein fez uma conferência curta sobre a situação da teoria da luz naquele momento, expressando-se em francês.

Significativamente, em vez de fazer um discurso, Einstein preferiu apresentar à Academia uma questão científica candente naquele momento. Isso está registrado na ata da sessão: “O professor Einstein, agradecendo às homenagens que lhe são prestadas, ao invés de um discurso, diz ele, mostra o seu reconhecimento e o seu apreço à Academia fazendo uma rápida comunicação sobre os resultados que, na Alemanha, estão sendo obtidos nos estudos realizados sobre a natureza da luz, comparando a teoria ondulatória e a dos *quanta*.” Não existem registros de perguntas feitas a Einstein referentes ao conteúdo de sua apresentação. O interesse maior despertado nas palestras de Einstein centrou-se na teoria da relatividade.

Em sua comunicação, Einstein faz um paralelo entre a teoria corpuscular da luz e a teoria da radiação proposta pouco antes, em 1924, por Niels Bohr, Hendrik Kramers e John Clarke Slater (teoria BKS). A teoria BKS contrariava as idéias de Einstein ao dispensar a idéia do *quantum* de luz (fóton), fazendo com que a conservação da energia e a conservação do momento nos fenômenos atômicos tivessem um caráter apenas estatístico.

Einstein havia introduzido o conceito de fóton em 1905, ao estudar o fenômeno fotoelétrico. Enquanto estava no Brasil, experiências eram finalizadas na Alemanha, por

Hans Geiger e Walther Bothe, que viriam refutar a suposição de Bohr e de seus colegas e fazer com que o conceito proposto por Einstein fosse definitivamente aceito. Essa comunicação à ABC preenche um vazio entre as publicações de Einstein, entre novembro de 1924 e julho de 1925, e parece ser o único artigo de sua autoria, publicado em uma revista científica, onde há uma comparação direta, embora genérica, entre a idéia de fóton e a proposta da teoria BKS.

Os resultados definitivos sobre os experimentos de Bothe e Geiger foram publicados apenas em meados de 1925. Chegaram à conclusão de que os resultados de seus experimentos eram incompatíveis com a interpretação de Bohr, Kramers e Slater e que “o conceito de *quanta* de luz possuía mais realidade do que esta teoria supunha.” Arthur Compton e Alfred Simon, pouco depois, e com experimentos utilizando outras técnicas, foram levados a conclusões similares: “... [as medidas] dão suporte à visão de que a energia e o momento são conservados durante a interação entre a radiação e os elétrons individuais.”

Pouco depois, Bohr aceitava a prova experimental da existência dos fótons, mas expressava a opinião de que a questão das propriedades ondulatória e corpuscular da luz era mais profunda. Einstein, embora tivesse recebido esses resultados experimentais como uma confirmação de suas expectativas quanto às leis de conservação e a uma estrita causalidade na descrição física da natureza, sabia também que o problema do fóton estava ainda longe de uma solução. Mesmo em 1951, em uma carta a seu amigo Besso, comentava: “Os 50 anos de meditação consciente não me levaram mais próximo da resposta à questão: o que são os *quanta* de luz? Naturalmente, hoje qualquer espertalhão pensa que sabe a resposta, mas ele está enganando a si mesmo.”

Nessa primeira etapa do debate Einstein-Bohr, da qual a comunicação à ABC faz parte, as idéias de Einstein sobre a realidade dos *quanta* de luz predominaram, com a confirmação experimental de Bothe e Geiger e de Compton e Simon. Contudo, novas etapas, e mais acesas, surgiram nos anos seguintes sobre a questão geral da causalidade, do determinismo e do significado de uma descrição completa na teoria quântica. Essa disputa viria a se tornar, com certeza, o mais importante debate científico do século XX.

O manuscrito original da comunicação foi entregue por Einstein a Getúlio das Neves, que presidia a Comissão de Recepção a Einstein. Foi escrito no Rio de Janeiro: o verso do documento mostra que o papel utilizado era do Hotel Glória, onde Einstein ficou hospedado na cidade. A data, 7 de maio, é a mesma da conferência feita na ABC. Possivelmente os membros da Academia instaram com Einstein para que o manuscrito de sua apresentação fosse publicado na *Revista da Academia*, que se pretendia criar. A versão para o português

foi feita por Roberto Marinho de Azevedo e tornou-se o primeiro artigo da *Revista da Academia Brasileira de Ciências*: foi publicado no volume 1, número 1, nas páginas 1 a 3, em 1926.

Getúlio das Neves, que ficou com o manuscrito, faleceu em 1928. Seu arquivo foi guardado por seu neto Jorge Getúlio Veiga, que manteve o documento em sua posse até recentemente. Poucas semanas após revelar a existência do documento e fornecer aos pesquisadores da visita de Einstein uma reprodução, Jorge Getúlio faleceu -- este artigo é também um agradecimento e um tributo à sua memória. Ele, como muitos outros familiares de cientistas e professores, contribuíram com dedicação e cuidado para a preservação de importantes arquivos sobre a história da ciência no Brasil, freqüentemente descurados pelo poder público.

Sugestões de leitura

Ciência Hoje. *Einstein e o Brasil*, hipertexto (em disquete), 1995.

MOREIRA, I.C. & VIDEIRA, A.A.P. (orgs.). *Einstein e o Brasil*, Editora da UFRJ, 1995.

Tradução do manuscrito de Einstein

Observações sobre a situação atual da teoria da luz

Até pouco tempo atrás, acreditava-se que, com a teoria ondulatória da luz, na sua forma eletromagnética, tivéssemos adquirido um conhecimento definitivo sobre a natureza da radiação. No entanto, sabemos, há cerca de 25 anos, que essa teoria não permite explicar as propriedades térmicas e energéticas da radiação, embora descreva com precisão as propriedades geométricas de luz (refração, difração, interferência etc.). Uma nova concepção teórica, a teoria do quantum luminoso, semelhante à teoria da emissão de Newton, surgiu ao lado da teoria ondulatória da luz e adquiriu uma posição firme na ciência pelo seu poder explicativo (explicação da fórmula da radiação de Planck, dos fenômenos fotoquímicos, teoria atômica de Bohr). Não se conseguiu, até hoje, uma síntese lógica da teoria dos quanta e da teoria ondulatória, apesar de todos os esforços feitos pelos físicos. É, por essa razão, muito discutida a questão da realidade dos quanta de luz.

Há pouco tempo, Bohr, juntamente com Cramers [N. T.: Einstein escreveu com 'C'] e Slater, tentou explicar teoricamente as propriedades energéticas da luz sem lançar mão da hipótese de que a radiação é constituída de quanta análogos a corpúsculos. Segundo a

opinião desses pesquisadores, devemos continuar a imaginar a radiação como constituída de ondas que se propagam em todas as direções. Essas ondas, embora absorvidas pela matéria de modo contínuo, como quer a teoria ondulatória, produzem, de acordo com as leis da estatística, efeitos que são idênticos aos de átomos similares aos quanta. Tudo se passa como se a radiação fosse constituída de quanta, de energia hn e de momento igual a hn/c . Com essa concepção, esses autores abandonaram a validade exata dos teoremas da conservação da energia e da quantidade de movimento, substituindo-os por uma relação que possui apenas um valor estatístico.

Com a finalidade de verificar experimentalmente esse modo de ver, os físicos berlinenses Geiger e Bothe tentaram uma experiência interessante sobre a qual desejaria chamar a atenção dos senhores. Alguns anos atrás, Compton tirou uma conseqüência de grande importância da teoria dos quanta de luz. Quando ocorre a difusão dos raios Roentgen duros pelos elétrons constitutivos do átomo, pode acontecer que o impulso do quantum incidente seja suficientemente forte para separar o elétron do átomo. A energia necessária para isso é retirada do quantum, durante a colisão, e se manifesta, de acordo com os princípios da teoria dos quanta, na diminuição da freqüência da radiação difundida, quando comparada com a freqüência da radiação incidente constituída pelos raios Roentgen. Esse fenômeno, verificado experimentalmente, tanto qualitativa como quantitativamente, é conhecido sob a denominação de "efeito Compton".

Para que se possa compreender o "efeito Compton" pela teoria de Bohr, Cramers e Slater, é necessário conceber a difusão da radiação como um processo contínuo em que tomam parte todos os átomos da substância que difunde aquela radiação, enquanto a emissão dos elétrons tem apenas o caráter de acontecimentos isolados que obedecem a leis estatísticas. Pela teoria dos quanta de luz, também a difusão da luz possui o caráter de acontecimentos isolados, devendo sempre existir, em uma determinada direção, um elétron emitido toda vez que é produzido um efeito secundário pela radiação que incide sobre a matéria. Por essa teoria, existe, assim, uma correlação estatística entre a radiação difundida, no sentido de Compton, e a emissão de elétrons, correlação esta que não deve existir na concepção teórica dos autores citados acima.

Para verificar o que se ocorre realmente, é necessário que se utilize um aparelho capaz de constatar um único processo elementar de absorção, e de, respectivamente, registrar a emissão de um único elétron. Esse dispositivo existe numa ponta eletrizada, onde um único elétron por ela apreendido gera, pela formação secundária de íons, uma descarga momentânea susceptível de ser medida. Com duas dessas pontas

convenientemente dispostas, Geiger e Bothe conseguem responder à importante questão da existência da correlação estatística dos fenômenos secundários mencionados acima.

Por ocasião de minha partida da Europa, as experiências não estavam ainda concluídas. No entanto, os resultados até agora obtidos parecem mostrar a existência daquela correlação. Se essa correlação for verificada de fato, tem-se um novo argumento de valor em favor da realidade dos quanta de luz.

A. Einstein, 7. V. 25.