

A FILOSOFIA DA FÍSICA MODERNA: A REVOLUÇÃO EINSTEINIANA

Alexsandro Medeiros*

RESUMO

O nome de Einstein está intimamente ligado a uma das mais profundas revoluções do nosso século: sua teoria da relatividade geral e restrita, suas contribuições a mecânica quântica com a teoria do quanta de luz, entre outras. Suas idéias trouxeram modificações até então inimagináveis em nossa forma de pensar e entender o mundo. Desde então, o mundo já não é mais o mesmo. Não se pode mais pensar a realidade e o universo no qual estamos inseridos sem levar em consideração as idéias do físico alemão. Eis a tarefa da filosofia. Eis o importante e íngreme caminho que espera o filósofo, se não quiser se perder em meio a vãs especulações de caráter unicamente retórico. Com este artigo, pretendemos entender um pouco da Filosofia que está por trás da revolução einsteiniana. Dos pressupostos básicos e fundamentais de suas teorias que revolucionaram o modo de pensar do homem moderno.

Palavras-chave: *Relatividade, Espaço-Tempo, Matéria, Ontologia.*

* Concluinte do Curso de Bacharelado em Filosofia da UFPE e pesquisador do Programa de Iniciação Científica – PIBIC, o qual tem como tema específico, o pensamento do gênio da física alemão.

INTRODUÇÃO

Albert Einstein apareceu no céu do século XX como um cometa, e sua Teoria da Relatividade riscou o firmamento noturno como um meteoro, que explodiu sobre a terra. Há meio século que todo o mundo olha, estupefato, para esses fenômenos, mas ninguém compreendeu nada. Em 1945/6, quando eu estava com Einstein na Universidade de Princeton, os professores de alto gabarito diziam que não havia meia dúzia de homens capazes de compreender as teorias dele. Um deles teve a sinceridade de dizer que não havia um só – *Huberto Rohden*.

A revolução científica iniciada com Galileu e que alcançou seu auge com Sir. Isaac Newton, modificou a velha concepção da Idade Média, exercendo grande influência na história do pensamento científico e filosófico. Toda a evolução de nossas idéias sobre a maneira pela qual imaginávamos a natureza podia ser concebida como um desenvolvimento das idéias newtonianas.

No sistema newtoniano, a realidade física se caracteriza pelos conceitos de espaço, tempo, pontos materiais (concepção atomística) e força. Segundo Newton, os fenômenos físicos devem ser interpretados como movimentos de pontos materiais no espaço, movimentos regidos por leis. Muito naturalmente, a apreensão de corpos perceptíveis deu origem ao conceito de ponto material. Com a imensa revolução que traz os nomes de Faraday, Ampère, Maxwell e Hertz, a idéia da realidade física deixa de ser puramente atômica, passando a utilizar o conceito de campo. Entretanto, os esforços dos físicos na época eram o de estabelecer os princípios físicos da natureza em bases mecânicas.

A teoria da eletricidade de Maxwell ataca e abala pela primeira vez a doutrina do movimento de Newton, considerada como programa de toda a física teórica. Verifica-se que as ações recíprocas, exercidas entre os corpos por corpos elétricos e magnéticos, não dependem de corpos agindo a distância instantaneamente, mas são provocados por operações que se propagam através do espaço com uma velocidade finita. Pela concepção de Faraday, estabelece-se que existe, ao lado do ponto material e de seu movimento, uma nova espécie de objetos físicos reais; dão-lhe o nome de ‘campo’. Procura-se imediatamente concebê-lo, fundando-se sobre a concepção mecânica, como um estado (de movimento ou de constrangimento) mecânico de um fluido hipotético (o éter) que encheria o espaço. Mas esta interpretação, apesar dos esforços mais teimosos, não dá resultado. Então viram-se obrigados, pouco a pouco, a conceber o ‘campo eletromagnético’ como o elemento último, irreduzível, da realidade física. H. Hertz conseguiu isolar o conceito de campo de todo o arsenal formado pelos conceitos da mecânica. Percebe sua função, e lhe devemos este progresso. Enfim H. A. Lorentz pôde isolar o campo de seu suporte material. Com efeito, segundo H. A. Lorentz, o suporte do campo é figurado apenas pelo espaço físico vazio ou éter. Mas o éter, já na mecânica de Newton, não foi purificado de todas as funções físicas. Esta

evolução chega então ao fim e ninguém mais acredita nas ações a distância diretas e instantâneas, nem mesmo no domínio da gravitação. E no entanto, por falta de fatos suficientemente conhecidos, nenhuma teoria do campo foi tentada a partir da gravitação de modo unilateral (EINSTEIN, 1981, p. 189).

No início do século XX a física atravessou uma grave crise, tendo sofrido fortes abalos sobre seus fundamentos, que se acreditavam invioláveis. O nome de Einstein está intimamente relacionado com estes abalos que mudariam para sempre nossas concepções de mundo. O ano de 1905 tem sido considerado pela comunidade de físicos de todo o mundo como o “ano milagroso de Einstein”¹ – *Annus Mirabilis*. As reflexões de um funcionário de patentes de Berna revolucionariam o mundo.

O ANNUS MIRABILIS DE EINSTEIN

Foi em 1905 que Einstein publicou nos *Annalen der Physik* uma série de artigos de grande importância para o desenvolvimento posterior de suas idéias: o primeiro, que aparece em março de 1905, discorria sobre o conceito dos quanta de luz² – o efeito fotoelétrico – ou seja, a energia da radiação eletromagnética é descontínua, isto é, repartida em

¹ O ano de 2005 foi declarado pela comunidade internacional de físicos como o “Ano da Física”, conforme a revista *Scientific American do Brasil*, n. 29, outubro de 2004, resolução que foi aceita pela ONU, em homenagem ao centenário de Einstein, devido aos grandes trabalhos por ele desenvolvidos.

² 11 de março: “*Sobre um ponto de vista heurístico relativo à geração e à transformação da luz*”.

pacotes discretos, os quanta de luz, onde aparece o conceito de fóton. O termo fóton, na realidade, é de 1926. Antes disso, falava-se em *quantum de luz*. Einstein deduziu uma expressão matemática para descrever o efeito fotoelétrico, em que os elétrons são arrancados de placas metálicas pela incidência de radiação, o que lhe valeu o Prêmio Nobel de Física de 1921.

O segundo e o terceiro artigos³ tem haver com sua tese de doutoramento apresentada em 30 de abril de 1905 na Universidade de Zurique e depois enviada aos *Annalen*. Einstein apresenta a hipótese sobre o movimento das moléculas com a análise do movimento browniano, possibilitando a confirmação experimental definitiva da existência de átomos e moléculas, embora se possa dizer que, “o triunfo da teoria atômica” só tenha sido declarada em 1913, após três anos de pesquisas e experimentos, por Jean Perrin.

J'avais pour principal objectif... de trouver des faits qui confirmeraient dans toute la mesure du possible l'existence d'atomes de taille finie déterminée... La [vérification expérimentale de la] loi, stastique... du mouvement brownien... doublée de la détermination par Planck de la vraie dimension des molécules à partir de la loi du rayonnement... convainquit les sceptiques qui, tels Ostwald et Mach, étaient encore à l'époque

³ Respectivamente, 30 de abril: Tese de doutorado – “*Sobre uma nova determinação das dimensões moleculares*”; 11 de maio: “*Sobre o movimento de partículas suspensas em fluidos em repouso conforme postulado pela teoria cinética do calor*”.

fort nombreux à douter de la réalité de l'atome (In: HOFFMANN, 1975, p. 68)⁴.

O quarto artigo apareceu em junho, estabelecendo as bases da relatividade especial⁵, unificando a mecânica (modificando suas bases) e a eletrodinâmica. A equação $E = mc^2$ surgiu em 1907, reformulada do último artigo de 1905⁶. Tratava da conservação da massa e da energia e desenvolvia o artigo da relatividade especial demonstrando a equivalência entre matéria e energia⁷. Fórmula esta que será a origem do desenvolvimento da utilização da energia nuclear para fins civis ou militares.

A TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL

⁴ Eu tinha por principal objetivo... encontrar fatos que confirmassem na medida do possível a existência de átomos de tamanho finito determinado... A [verificação experimental da] lei estatística... do movimento browniano... junto com a determinação por Planck da verdadeira dimensão das moléculas à partir da lei de radiação... convenceu os cépticos que, tal como Ostwald e Mach, eram ainda à época muito numerosos em duvidar da realidade do átomo. Citação de Einstein, (tradução nossa).

⁵ 30 de junho: "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimentos".

⁶ 27 de setembro: "A inércia de um corpo depende de seu conteúdo de energia?".

⁷ No início do século XX, com a formulação da teoria da relatividade, a lei de conservação da massa mereceu pequeno reparo. As variações de energia que ocorrem durante as transformações químicas resultam das transformações de massa. Assim, se uma reação química libera energia é porque uma massa m transformou-se em energia. À luz da teoria de Einstein, podemos enunciar a lei da conservação da massa e da energia: *Numa transformação química, a soma das massas e energias dos reagentes é sempre igual à soma das massas e energias dos produtos.*

Einstein já havia começado a refletir sobre sua teoria da relatividade procurando estendê-la ao fenômeno da gravidade desde 1907⁸, mas para tal eram necessários maiores conhecimentos em matemática. É somente ao fim de 1915 que Einstein irá oferecer ao mundo uma nova interpretação sobre o fenômeno da queda dos corpos. A força gravitacional é devida a uma deformidade do espaço em torno dos corpos, ou seja, um corpo modifica o espaço ao seu redor, o que explica porque todos os corpos, qualquer que seja sua massa, caem com a mesma aceleração. Em 1916, Einstein envia à revista *Annalen der Physik* a primeira exposição sistemática da relatividade geral: "Os fundamentos da teoria da Relatividade Geral".

A teoria especial reconciliou as disparidades da mecânica newtoniana e do eletromagnetismo maxwelliano, mas só para os corpos em movimento uniforme, que viajam em velocidades constantes em linha reta. Era necessária uma teoria da relatividade geral para o mundo real, no qual os corpos mudam de velocidade e direção - em outras palavras, ela teria de levar em conta os efeitos da aceleração, incluindo a mais universal

⁸ Em 1907, Einstein declara ter tido uma das idéias mais felizes de sua vida. É o ano em que ele descobre o princípio de equivalência para os sistemas mecânicos uniformemente acelerados, estendendo este princípio aos fenômenos eletromagnéticos. "Em seu princípio de equivalência, de 1907, Einstein rebatia a teoria, até então inabalável, de que havia dois tipos de massa: a massa gravitacional, responsável pelo peso de uma bola de chumbo, por exemplo; e a massa inercial, responsável pela resistência da mesma bola à aceleração. O físico afirmava que só havia um tipo de massa". (GALISON, 2004, p. 40).

das acelerações, a gravidade (STYX, 2004, p. 28).

A relatividade geral teve muitas conseqüências que foram verificadas através dos anos e confirmadas pela observação, por mais estranhas que algumas possam parecer. Assim, verificou-se que o tempo não é absoluto; ele parece andar mais depressa para um observador que está olhando um corpo que viaja muito depressa em relação a ele, observador. Isso foi constatado usando-se os modernos relógios atômicos de grande precisão. Corpos que se movem muito depressa em relação a um observador também parecem crescer em massa, como foi confirmado por medidas feitas em aceleradores de partículas, onde as partículas nucleares são aceleradas até velocidades que são uma fração apreciável da velocidade da luz. Pois aqui, como em todos os casos, esses efeitos da relatividade só são notados quando as velocidades envolvidas são realmente muito grandes. Em um foguete espacial que desenvolva uma velocidade próxima da luz, todos os corpos se contraem ao mover-se; a contração de um objeto em movimento aumenta proporcionalmente à velocidade.

Talvez a mais espetacular, e certamente mais significativa, das 'predições' da relatividade geral tenha sido a curvatura da luz das estrelas. Nós pensamos na luz viajando em linha reta, mas, se o espaço é curvo, o trajeto da luz será uma curva; mais particularmente, se a luz passa perto de um corpo maciço como o Sol, então o espaço será mais curvo e a luz irá viajar em um percurso que se vai desviar ainda mais da linha reta. Um eclipse total do Sol é uma ocasião ideal para se observar tal efeito, e foi o que aconteceu em 1919.

OS ASPECTOS ONTOLÓGICOS DA FÍSICA NEWTONIANA E EINSTEINIANA

Com a teoria da relatividade e a mecânica quântica, uma modificação tão profunda quanto a Revolução Científica do séc. XVII ocorreu em nossa visão de mundo. A teoria da relatividade foi uma das duas grandes vertentes da investigação física que revolucionou o modo de pensar do homem ocidental, sobretudo.

Hoje nos referimos ao universo "newtoniano" e ao universo "einsteiniano" – o primeiro é um mundo de absolutos, o segundo de relatividades. No universo newtoniano, o tempo flui inexoravelmente, sempre na mesma medida, agora e para sempre. Sem exceção, todo efeito tem uma causa. O futuro é perfeitamente previsível com base no passado. No universo einsteiniano, o tempo não é absoluto. O fluxo temporal depende do observador. Além disso, de acordo com a nova física quântica que Einstein ajudou a estabelecer, a despeito de suas reservas, as incertezas intrínsecas da natureza em nível subatômico impedem a previsão do futuro. As certezas devem ser substituídas pelas probabilidades. O grande gênio alemão parece, aqui, haver falhado em sua intuição. Einstein nunca aceitou decisivamente esse caráter probabilístico da mecânica quântica, donde resultou sua tão mencionada frase: "Deus não joga dados".

O caráter estatístico dessa teoria origina necessariamente da insuficiência da descrição dos sistemas na mecânica dos quanta, e não haveria motivo algum para pressupor que, no futuro, a física viesse a ter como fundamento

básico a estatística. Em minha opinião, a teoria contemporânea dos quanta representa a melhor formulação do relacionamento, dados certos conceitos básicos fixos provindos quase todos da mecânica clássica. Entretanto, acredito que essa teoria não oferece um ponto de partida apropriado para o desenvolvimento futuro. Neste ponto, minhas expectativas desviam-se bastante das expectativas dos físicos contemporâneos. Estão convencidos de que é impossível explicar aspectos essenciais dos fenômenos dos quanta (mudanças aparentemente descontínuas de um sistema e não determinadas no tempo, qualidades simultaneamente corpusculares e ondulatórias dos transportadores elementares de energia) com uma teoria que descreve o estado real das coisas [objetos] por meio de funções contínuas de espaço para as quais são válidas equações diferenciais... Acima de tudo, entretanto, acreditam que o caráter aparentemente descontínuo dos processos elementares só podem ser descritos por meio de uma teoria essencialmente estatística, na qual as mudanças descontínuas dos sistemas são explicadas pelas mudanças contínuas das probabilidades dos possíveis estados (EINSTEIN, 1982, p. 82 e 83).

O desenvolvimento das idéias de Einstein modificaram a filosofia da física moderna em seu aspecto ontológico, quer dizer, no que tange ao objeto do conhecimento científico, alterando radicalmente a teoria filosófica de espaço e tempo, a relação destes com a matéria.

e a compreensão da natureza fundamental da matéria; e epistemológico, no que diz respeito a relação entre o cientista, como conhecedor, e o objeto (a realidade), a ser conhecida, mas do qual não iremos nos ocupar senão muito brevemente, pouco mais adiante, neste artigo. Foi na teoria da relatividade e na mecânica quântica que ocorreram mudanças fundamentais no que diz respeito ao conceito de realidade e de como conhecê-la.

Os problemas levantados e discutidos pela teoria da relatividade e as conseqüências da revolução einsteiniana estão essencialmente vinculados às implicações filosóficas da física moderna e à nossa visão de mundo. *Disso resulta claro a importância de entender a filosofia da física moderna.* A importância da teoria da relatividade é evidenciada por toda a comunidade de físicos, entre eles, Alan Kostelecky: “A teoria da relatividade está no âmago das teorias fundamentais da física” (KOSTELECKY, 2004, p. 73).

Curiosamente, se por um lado Einstein contesta os princípios mais fundamentais da mecânica newtoniana em seu caráter absolutista, não podemos deixar passar que, por outro lado, Einstein retoma o caráter granular da constituição da natureza da luz defendida por Newton, contestada por Huygens, e abandonada após a comprovação a partir dos experimentos de Thomas Young do caráter ondulatório da natureza da luz.

Para Newton, a luz consistia de um fluxo de partículas, ao passo que Huygens defendia o caráter ondulatório da luz. O experimento de Young, ou como também é conhecido, o experimento da fenda dupla, consistia em fazer um raio de luz incidir sobre uma barreira com duas fendas; a luz que passava por elas é registrada em

uma placa fotográfica. O experimento da fenda dupla demonstrou que a luz se comportava como onda e a interpretação da luz como onda foi matematicamente demonstrada por Maxwell.

Em 1900, Max Planck anunciou a teoria dos *quanta*: a energia das ondas eletromagnéticas é emitida e absorvida de forma descontínua, em pequenos pacotes discretos, os *quanta*. Ao descobrir a propriedade que alguns metais possuem de emitir elétrons sob o efeito da radiação luminosa, o efeito fotoelétrico (ver mais acima o primeiro artigo de Einstein que lhe deu o Prêmio Nobel de 1921), Einstein considerou a teoria de Planck lançando mão do conceito de *quanta de luz*. Einstein sugeriu que se tratasse a luz da mesma maneira como Planck tratara a energia das ondas, ou seja, aplicando-se a ela a descrição granulada. Segundo Einstein, um raio de luz deve ser visto como um feixe de grãos mínimos, os *fótons*. Assim, Einstein provocou a ressurreição do modelo dos corpúsculos newtonianos com a incorporação do fóton.

O efeito fotoelétrico revela que a luz tem características de partícula. A experiência das duas fendas revela que a luz manifesta as propriedades de interferência das ondas. Em conjunto, elas mostram que a luz tem propriedades tanto de onda quanto de partícula. O mundo microscópico nos obriga a desfazer-nos da nossa intuição de que uma coisa ou é uma partícula ou é uma onda e aceitar a possibilidade de que seja partícula e onda ao mesmo tempo (GREENE, 2001, p. 123).

Em 1923, De Broglie sugeriu que a dualidade onda-partícula não se aplicava somente a luz, mas a matéria de um modo geral e ganhou o prêmio Nobel de 1929 pelo desenvolvimento do esquema matemático e suas idéias⁹. Com tais idéias, a física se viu obrigada a encarar de frente a desconcertante idéia de que a realidade, em seu nível mais fundamental, tem um caráter dual, quer dizer, corpuscular-ondulatório. Assim como o enorme valor de c (a velocidade da luz) oculta em grande medida, a verdadeira natureza do espaço e do tempo, o valor mínimo de \hbar (a constante de Planck) oculta os aspectos ondulatórios da matéria no mudo cotidiano. Idéia que Einstein ajudou a estabelecer ao postular o conceito dos *quanta de luz*.

A INTUIÇÃO E A UNIDADE ONTOLÓGICA ORIGINÁRIA

Uma das constantes preocupações, filosóficas e científicas, de Einstein, dizia respeito ao funcionamento e à origem do universo. Depois da relatividade geral, Einstein investiu, sem grande sucesso, numa teoria que unificasse a teoria da relatividade geral (gravitação) e o eletromagnetismo. Trata-se da teoria do campo unificado¹⁰.

⁹ “Ele pensou que se a equação $E = mc^2$ relaciona massa e energia e se o próprio Einstein e Planck relacionaram energia à frequência das ondas, então, combinando-se as duas coisas, a massa também deveria ter uma encarnação ondulatória... Einstein aceitou imediatamente essa idéia de De Broglie”. GREENE, op cit., p. 124.

¹⁰ Einstein morreu sem ter conseguido demonstrar analiticamente a idéia sob a qual depositava profunda certeza intuitiva: uma *Teoria do Campo Unificado*. Einstein via a Unidade do Universo, mas o Universo empírico-analítico não lhe permitia ver através da pluralidade a unidade real do cosmos.

“O último passo dado pela teoria da relatividade diz respeito à teoria unitária do campo” (EINSTEIN, 1984, p. 6). O propósito de Einstein era unificar o conceito de campo da teoria eletromagnética de Faraday e Maxwell com a teoria do campo relativista, uma vez que a teoria da relatividade geral é, também ela, uma teoria de campo. Na realidade, “o seu desenvolvimento não teria sido possível numa teoria de ações a distância exercida por pontos materiais” (EINSTEIN, 1984, p. 169). Einstein passou da teoria da relatividade restrita para a teoria da relatividade geral e dedicou longos anos de sua vida a teoria do campo unitário. “Antes dele (Maxwell), eu concebo o real físico... como um conjunto de pontos materiais... Depois dele, eu concebo o real físico representado por campos contínuos, não explicáveis mecanicamente, mas regulados por equações diferenciais parciais” (EINSTEIN, 1981, p. 196).

Essa pesquisa não poderia deixar de ser conduzida por uma espécie de *intuição* de que o universo é regido por leis elementares. Intuição que encontramos, por exemplo, na origem da filosofia, com os filósofos pré-socráticos. Tal como declara Nietzsche, por trás da idéia de Tales de Mileto, de que “tudo é água”, reside uma intuição originária que encontramos em muitos filósofos e na qual está contida em gérmen o pensamento de que “Tudo é Um”; consiste de uma representação, um postulado metafísico (ontológico), de unidade através da hipótese da água.

Esta certeza, visão intuitiva, da harmonia do universo permeia toda a obra e os esforços de Einstein, tal como ele mesmo declara. Na realidade, o espírito científico, para Einstein, não existe sem uma religiosidade cósmica. Uma religiosidade que se distingue da crença das multidões

que consideram um Deus antropomórfico¹¹. A religiosidade do cientista consiste em extasiar-se diante da harmonia das leis da natureza, que revelam uma inteligência superior a todos os pensamentos humanos. Este sentimento se compara, inclusive, com aquele que animou os espíritos criadores religiosos de todos os tempos. Embora, em alguns momentos, Einstein pareça não saber reconhecer o sentimento que anima aqueles que acreditam em sua fé.

O mistério da vida me causa a mais forte emoção. É o sentimento que suscita a beleza e a verdade, cria a arte e a ciência. Se alguém não conhece esta sensação ou não pode experimentar espanto ou surpresa, já é um morto-vivo e seus olhos se cegaram. Aureolada de temor, é a realidade secreta do mistério que constitui também a religião. Homens reconhecem então algo de impenetrável a suas inteligências, conhecem porém as manifestações desta ordem suprema e da Beleza inalterável. Homens se confessam limitados e seu espírito não pode apreender esta perfeição. E este conhecimento e esta confissão tomam o nome de religião. Deste modo, mas somente deste modo, sou profundamente religioso, bem como esses homens. Não posso imaginar um Deus a recompensar e a castigar o objeto de sua criação. Não posso fazer idéia de um ser que sobreviva à

¹¹ “Esta convicção, ligada ao sentimento profundo de uma razão superior, desvendando-se no mundo da experiência, traduz para mim a idéia de Deus. Em palavras simples, poder-se-ia traduzir, como Spinoza, pelo termo ‘panteísmo’” (EINSTEIN, 1981, p. 209).

morte do corpo. Se semelhantes idéias germinam em um espírito, para mim ele é um fraco, medroso e estupidamente egoísta (EINSTEIN, 1981, p. 12 e 13).

A existência individual deve ser vivida com um desejo de experimentar a totalidade do *Ente* como um todo perfeitamente inteligível. Esse desejo está na raiz dos grandes reformadores e criadores religiosos da humanidade, seja no cristianismo, no budismo, ou entre os profetas de Israel. Mas a religiosidade cósmica, da qual Einstein se faz porta-voz, não possui dogmas e não possui igrejas que possam ensinar a religião cósmica. Einstein não crê em um Deus que se preocupe com nossas necessidades pessoais. Ele aceita o mesmo Deus que Spinoza chama de a alma do universo. Aqui, o sentimento de religiosidade se adquire pela contemplação do universo, de suas leis, que conduz o espírito científico há um êxtase e arrebatamento quase místico.

Sem a convicção de uma harmonia íntima do universo, não pode haver ciência. Esta convicção é a base de toda criação científica. Em toda a extensão dos nossos esforços, entre as velhas e as novas concepções, entrevemos a ânsia eterna de compreensão, a *intuição* inabalável da harmonia universal, que se robustece na própria multiplicidade dos obstáculos, que se oferecem ao nosso entendimento.

Saber – *intuir* – que existe algo profundamente racional e belo, algo que compreendemos apenas em forma muito rudimentar – é esta experiência que constitui a atitude genuinamente religiosa – é esta a emoção fundamental que está na raiz de toda a ciência, da arte, dos grandes

reformadores religiosos. E estas, as leis cósmicas, “devem ser intuídas em profundo silêncio – não podem ser captadas nem analisadas pelo ruído mental. A análise mental pode preceder, como elemento necessário, mas só a intuição cósmica é suficiente para plenificar a vacuidade do homem”¹².

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EINSTEIN, Albert. *Como vejo o mundo*. 6ª ed. - Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

_____. *Notas autobiográficas*. Tradução de Aulyde Soares Rodrigues. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

_____. *O significado da relatividade com a teoria relativista do campo não simétrico*. Tradução do Prof. Mário Silva. Coimbra: Armenio Amado editora, 1984.

_____. *Quatre conférences sur la theorie de la relativite faites a l'universite de Princeton*. Traduit par Maurice Solovine. Paris: Gauthier-Villars, [1976?].

GREENE, Brian. *O Universo Elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva*. Tradução de José Viegas Filho. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

¹² ROHDEN, Huberto. *Einstein o enigma do universo*. 5.ed. São Paulo: Alvorada, 1987, p. 176. “Quem nunca viveu essa simbiose do silêncio hominal-sideral não tem a menor idéia da sua fascinante realidade e indizível beatitude...” – *Ibidem*.

HEISENBERG, Werner. *Física e Filosofia*. Trad. Jorge Leal Ferreira. Brasília: Universidade de Brasília, 1981.

HOFFMANN, Banesh; DUKAS, Helen. *Albert Einstein Createur et rebelle*. Paris: Editions du Seuil, 1975.

ROHDEN, Huberto. *Einstein o enigma do universo*. 5.ed. São Paulo: Alvorada, 1987.

RUSSELL, Bertrand. *Fundamentos de Filosofia*. Santiago: Editorial Cultura, 1936.

_____. *ABC da relatividade*. 5ªed. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.

SELVAGGI, Filippo, S.J. *Filosofia do Mundo*. Cosmologia Filosófica. Trad. Alexander A. MacIntyre, S.J. São Paulo: Edições Loyola, 1998.

ARTIGOS

GALISON, Peter. *A Bússola de Einstein*. Scientific American do Brasil, n. 29, p. 38-41, outubro, 2004.

KOSTELECKY, Alan. *Em busca de violações na teoria da relatividade*. Scientific American do Brasil, n. 29, p. 72-81, outubro, 2004.

STYX, Gary. *Legado da Relatividade*. Scientific American do Brasil, n. 29, p. 24-29, outubro, 2004.

WEINBERG, Steven. *À procura de um universo unificado*. Scientific American Brasil. Edição Especial N. 08, p. 6-11, 2005.