

Einstein e o método científico: A construção lógico-dedutiva de sistemas axiomáticos como o método da física teórica^{+*}

Vinícius Carvalho da Silva¹

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
Campo Grande – MS

Resumo

Nesse artigo analisamos o texto “Indução e dedução na física”, de Albert Einstein, buscando compreender que concepção de método científico o físico filósofo identifica (historicamente) e defende (propedeuticamente) para a Física Teórica. Além de concluirmos que Einstein foi um defensor do método lógico dedutivo de construção de sistemas de axiomas, propomos que desse pequeno texto de 1919 podemos extrair cinco pontos que serão centrais no desenvolvimento da filosofia da física da maturidade de Einstein.

Palavras-chave: *Método Científico; Filosofia da Física; Indução; Dedução.*

Abstract

In this article we analyze Albert Einstein's text “Induction and Deduction in Physics”, seeking to understand what conception of scientific method the physicist philosopher identifies (historically) and defends (propaedeutically) for Theoretical Physics. As well as concluding that Einstein was a defender of the logical deductive method of constructing systems of axioms, we propose that from this short text from 1919 we can extract five points that will be central to the development of Einstein's philosophy of physics in his maturity.

⁺ Einstein and the scientific method: The logical-deductive construction of axiomatic systems as the method of theoretical physics

^{*} *Recebido: 31 de outubro de 2023.
Aceito: 25 de junho de 2024.*

¹ E-mail: vinicius_c_silva@ufms.br

Keywords: *Scientific Method; Philosophy of Physics; Induction; Deduction.*

I. Introdução

Nosso objetivo nesse artigo é apresentar e discutir o problema da natureza do método científico na Filosofia da Física de Einstein, sobretudo a partir de um pequeno, mas fundamental texto de 1919, chamado “*Indução e dedução na Física*”². Para tanto, nessa primeira seção, julgamos necessária uma digressão, a fim de apresentar ao leitor uma brevíssima história do método a partir de suas raízes na filosofia grega clássica. Embora esse exercício pareça, em um primeiro momento, nos afastar de nosso objeto – o texto de Einstein – ele é fundamental para entendermos do que Einstein está falando ao problematizar conceitos como “método”, “indução” e “dedução”.

Embora o chamado “método científico”, sobretudo a ideia de um método científico único e universal, tenha sido objeto de muito debate e diversas críticas na Filosofia da Ciência das últimas décadas, bem como nos *science studies* e áreas afins, principalmente a partir da publicação de *Contra o Método*, de Feyerabend ainda nos anos 1980, a “Teoria do Método” constitui uma das principais áreas da investigação epistemológica e histórica das ciências naturais. Desde os gregos, como Platão e Aristóteles, a preocupação acerca do “como”, ou seja, do “modo de se fazer” ciência ocupou um lugar de destaque na teoria do conhecimento.

Para Platão o “método” matemático promoveria uma ponte entre o nível ontológico fundamental, das formas puras universais e eternas e o mundo físico dos objetos sensíveis (Platão, 2017)³. Deste modo a “eficácia da matemática nas ciências da natureza” poderia ser assombrosa, mas não irrazoável ou implausível. A matemática descreve tão bem o mundo físico por que o conhecimento matemático intermedia a relação entre o nível inteligível e fundamental da realidade e o mundo fenomênico/sensível da experiência⁴.

Nada mais razoável – e *racional* – na tradição platônica, que “a ciência dos números e do cálculo” (a aritmética) e a geometria sejam aplicadas, com o que aqui chamaremos de *estrondosa eficácia*, nas ciências da natureza, como por exemplo na astronomia, ciência que “nos conduz das coisas terrenas às celestes” (Platão, 2017, p. 339 [529a]). Essa “eficácia” do emprego da matemática nas ciências da natureza é uma necessidade ontológica: deve ser assim porque o mundo físico reflete o mundo das entidades matemáticas tanto quanto esse

² Nessa ocasião usaremos a tradução de Valter Alnis Bezerra publicada na *Scientiae Studia* em 2005. Há uma tradução não publicada do original em alemão feita por Rafael Veloso, da UERJ. Agradeço ao mesmo pela oportunidade de ter lido o trabalho, o que me permitiu cotejar as traduções.

³ Ver Platão em *A República*, Livro VI, p. 265-313 na edição da Fundação Calouste Gulbenkian, 2017.

⁴ O papel da matemática na teoria das ideias de Platão responderia, portanto, àquilo que Eugene Wigner chamou de “*a desarrazoada eficácia da matemática nas ciências naturais*” em Wigner, E. “*The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in Natural Sciences*”. In. **Communications in Pure and Applied Mathematics**, vol. 13, No. I (February, 1960). New York: John Wiley & Sons, Inc.

reflete o mundo das formas puras – o mundo das verdades eternas. Todos estão conectados em uma hierarquia ontológica, ou, nas palavras de Reale, em uma “estrutura hierárquica do real” (Reale, 2004, p. 178)⁵. Sob tal consideração, é perfeitamente cabível atribuir as origens filosóficas da física matemática à tradição platônica, isto porque Platão toma a matemática como o método, por excelência, das ciências naturais⁶.

Já em Aristóteles temos a presença de dois “meios” (“métodos”) para obtermos conhecimento: indução e dedução. No *corpus* aristotélico a indução, *ἐπαγωγή*, aparece em diversas passagens⁷ nos remetendo sempre a um método de raciocínio cuja solidez lógica nunca alcança a da dedução, mas, cujas conclusões, em contrapartida, são generalizações inferidas a partir da experiência⁸. Enquanto na dedução partimos, por meio de uma operação intelectual pura, do universal para o particular, na indução enumerativa, sempre calcada na observação, percorremos o caminho oposto, indo da observação de *n* casos particulares à formulação de uma lei geral. Na indução intuitiva, enquanto observadores, inferimos a melhor explicação para um fenômeno regular: “por exemplo, se alguém, vendo que a lua sempre tem o seu lado luminoso voltado para o sol, rapidamente entendesse por *que isso é o caso*, a saber, porque ela se ilumina pelo sol”⁹ (Aristóteles, 2004, p. 74). Grosso modo, o método científico de Aristóteles se divide em indução (por enumeração simples e por intuição, melhor conhecida hoje como “abdução” (Pessoa Jr, 2022)) e dedução: “Por um lado, temos a *epagoge* [*ἐπαγωγή*, indução] e, por outro, o silogismo [dedução]. Sobre o silogismo já acima dissemos. Quanto à indução, é a passagem dos particulares ao universal” (Aristóteles, 1987, p. 30)¹⁰.

⁵ Acima do conhecimento matemático, e, portanto, da matemática como “método” de conhecimento do mundo *eidético* e do mundo físico, Platão situa a *Dialética*.

⁶ Para a tradição platônica a matemática incluía não somente o que hoje entendemos por esse nome, tanto no que diz respeito à matemática pura quanto à matemática aplicada. Também fazia parte dos estudos matemáticos questões de lógica, óptica e mecânica. A esse respeito ver MUELLER, Ian. Método matemático e verdade filosófica. In. PLATÃO. Richard Kraut (Org.). São Paulo: Ideias & Letras, 2013. p. 201-235.

⁷ Analíticos Posteriores, Livro I, 34, Retórica II, 20, 1393b3-8, Tópicos I, 12, 105a14-16, Primeiros Analíticos II, 23, 68b15-16 e outras. Para uma discussão de diversas passagens aristotélicas sobre a indução recomendamos: TROSTER, T. Aristóteles, Primeiros Analíticos II, 23: Não Há Indução Completa. *Journal of Ancient Philosophy*, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 102-125, 2022.

⁸ Conforme Pessoa Jr.: “**Há dois tipos de indução em Aristóteles**, que apareceram no exemplo dado. A **indução por simples enumeração**, ou **indução enumerativa**, leva a uma generalização a partir da observação de casos particulares semelhantes. Se se observa uma propriedade em vários indivíduos, presume-se que seja verdadeiro para a espécie a que pertencem os indivíduos. Se se observa algo para várias espécies, generaliza-se para o gênero a que pertencem as espécies. O segundo tipo, a **indução intuitiva** de Aristóteles (a referida “perspicácia”), é hoje mais conhecido como “**abdução**” ou formulação de hipótese. Segundo exemplo dado por Aristóteles (Analíticos posteriores, livro I, § 34), se o cientista observa várias vezes que o lado brilhante da Lua está voltado para o Sol, ele pode inferir que a explicação para o brilho da Lua provém da luz solar nela refletida” [grifos nossos] (Pessoa, Jr. 2022, p. 14).

⁹ Isto é, que a lua não possui luz própria. Sendo assim, a face da lua voltada para o sol sempre estará refletindo a sua luz.

¹⁰ Tópicos I, 12.

De um modo geral poderíamos dizer que quando a Filosofia Natural pós-renascentista, sob a influência de uma ontologia neoplatônica que culminou com a matematização da natureza e a geometrização da física nas obras de Copérnico, Kepler, e, sobretudo, Galileu, substituiu paulatinamente a silogística aristotélica pelo método hipotético dedutivo¹¹, relacionando teoria e experiência¹², surgiu o que convencionou-se chamar de ciência moderna. No entanto, a partir da publicação no *Novo Organum* de Francis Bacon em 1620 e do *Principia* de Newton em 1686, o método indutivo¹³ foi progressivamente tornando-se a principal tendência metodológica entre os filósofos naturais.

Conforme Laudan, em *Teorias do Método Científico de Platão a Mach*, inúmeros estudos históricos e epistemológicos de teoria do método mostram como “uma metodologia hipotético-dedutiva já sofisticada foi gradativamente abandonada frente ao entusiasmo provocado pelo indutivismo baconiano e newtoniano” (Laudan, 2000, p. 41). No Livro III do *Principia* Newton afirmara que “na filosofia experimental devemos considerar as proposições inferidas dos fenômenos por uma indução geral” (Newton, 1983, p. 18). Esse programa de uma filosofia natural experimental indutiva marcaria o projeto da ciência moderna, tornando-se o próprio modelo de “cientificidade”.

Dedução e indução são, desde a filosofia grega, os principais métodos de inferência. Podemos dizer que a dedução assume a forma lógica da “lei do silogismo” e que os modos *ponens* e *tollens* constituem, ao lado do silogismo clássico, as formas mais conhecidas de dedução¹⁴:

Lei do silogismo (LS)

$((t \rightarrow p) \cdot (p \rightarrow q)) \rightarrow t \rightarrow q$

Modus Ponens (MP)

$((t \rightarrow p) \cdot t) \rightarrow p$

Modus Tollens (MT)

$((t \rightarrow p) \cdot \sim p) \rightarrow \sim t$

ou,

¹¹ Não devemos entender, com isso, que a elaboração de hipóteses tenha sido uma inovação epistêmica dos filósofos naturais pós-renascentistas, pois, como vimos, já em Aristóteles, na indução intuitiva, a construção de hipóteses possui uma importante função. A diferença é que, conforme Laudan, o método hipotético-dedutivo teria surgido no século 17. Embora não haja consenso na História da Teoria do Método, acerca do que seja o método hipotético-dedutivo, como o próprio texto de Laudan deixa claro, poderíamos dizer que a noção “difusa” geral era de que o mesmo consistia na elaboração de um sistema de hipóteses que deveria ser submetido ao teste experimental (Laudan, 2000).

¹² A síntese não é simplesmente entre “teoria” e “experiência”, mas entre o tratamento matemático dos fenômenos naturais e a prática experimental. É importante notar, por exemplo, que tal união entre matemática e experimento não constituiu uma completa inovação intelectual. Por exemplo, Roger Bacon, em “Sobre a Ciência Experimental” de 1268, já havia defendido que sem a colaboração entre a explicação matemática e a prática experimental a filosofia natural não poderia avançar seu conhecimento sobre o mundo. Para mais ver: BACON, Roger. *Sobre a ciência experimental*. Tradução: Osvaldo Pessoa Jr. Disponível em: <https://opessoa.fflch.usp.br/sites/opessoa.fflch.usp.br/files/HCTex-Roger-Bacon-1.pdf>.

¹³ Os casos de indução em Bacon e Newton se restringem a formas de enumeração simples.

¹⁴ Na primeira linha do *modus tollens* seguimos a notação e o formalismo de Popper em *A Lógica da Pesquisa Científica* (Popper, 2013, p. 67). Por analogia adotamos o mesmo critério para o silogismo e o *modus ponens*.

LS	MP	MT
$\frac{t \rightarrow p}{p \rightarrow q}$ $\therefore t \rightarrow q$	$\frac{t \rightarrow p}{t}$ p	$\frac{t \rightarrow p}{\sim p}$ $\sim t$

A lei do silogismo pode ser lida, com auxílio da teoria dos conjuntos, como “Se t é um subconjunto de p e p é um subconjunto de q , então t é um subconjunto de q ”. Um exemplo seria o silogismo (P₁) “Todo planeta do sistema local descreve uma órbita elíptica em torno do sol”. (P₂) “Mercúrio é um planeta do sistema local”. (C) “Logo, Mercúrio descreve uma órbita elíptica em torno do sol”. A dedução é tal que, do cálculo válido de duas premissas verdadeiras segue-se uma conclusão necessariamente verdadeira.

O *modus ponens* e *tollens*, como casos de dedução, afirmam, respectivamente, “Se do fato de t estar posto segue-se que p , e t está posto, então p ”. Se a presença de um buraco negro B distorce o tecido do espaço-tempo produzindo uma singularidade S , e B é o caso, então S é o caso” (*Modus Ponens*) e “Se do fato de t estar posto segue-se que p , e p não está posto, então t não está posto” (*Modus Tollens*).

A forma lógica da indução, por sua vez, não deriva da lei do silogismo, de modo que não há uma relação de necessidade lógica entre a verdade das premissas e a verdade da conclusão¹⁵:

$$\frac{\begin{array}{cccc} A1 & \text{tem a} & \text{propriedade} & P \\ A2 & \text{“} & \text{“} & P \\ A2 & \text{“} & \text{“} & P \end{array}}{\therefore \text{ todos os } A\text{'s têm a propriedade } P}$$

De acordo com Laudan, o método indutivo dominou o mundo da investigação natural por cerca de dois séculos, até que os primeiros ataques ao indutivismo começaram a ser desferidos no século XIX, por filósofos da ciência como William Whewell em obras como *Philosophy of inductive sciences* (1840), *Of induction* (1849) e *On the philosophy of Discovery* (1860) (Laudan, 2000, p. 55). Segundo Einstein em “Indução e dedução na física”, a despeito das críticas à indução que se avolumaram a partir de meados do século XIX, por volta de 1919 ainda será quase um “senso comum” entre cientistas e não cientistas que o conhecimento científico progride por indução. Einstein, como filósofo da física, se insere na tradição desse debate, e assim como Whewell, se filiará àqueles que se contrapõem à indução.

¹⁵ O esquema lógico da indução, em linhas gerais, segue a forma da indução por enumeração simples apresentada por John Losee em *Introdução histórica à Filosofia da Ciência* (Losee, 1979, p. 17).

II. “Indução e dedução na física”: Einstein e a livre criação de sistemas de axiomáticos

Nesse trabalho assumimos que Einstein passou por distintas fases em sua carreira como físico filósofo. Encontramos tal posição, por exemplo, em Holton: *the early Einstein was an empiricist and a positivist whereas the later Einstein was a rationalist and a realist* (Adam, 1999, p. 1)¹⁶. Apesar de tais fases, verificamos uma defesa do realismo em Einstein já no início de sua carreira científica. Conforme Roger Penrose os avanços fundamentais que Einstein alcançou em 1905 “dependeram de modo crucial de sua forte adesão a uma crença na *realidade* das entidades físicas nos níveis molecular e submolecular” (Penrose, 2005, p. 14)¹⁷. O Einstein de 1919, como veremos, não pode ser um empirista, em sentido estrito, tampouco compartilhar a crença positivista na indução¹⁸. Ele defenderá a capacidade da razão de construir teorias a partir de determinados princípios, e então deduzir consequências confirmáveis pela experiência.

Em 1919, após alcançar grande notabilidade internacional com o anúncio da observação da deflexão gravitacional da luz, prevista pela Teoria da Relatividade Geral¹⁹, Einstein publicou dois artigos de natureza filosófica em jornais de grande circulação, *Minha Teoria*, no Times, e *Indução e dedução na física* no jornal berlinense *Berliner Tageblatt*²⁰. Conforme Michel Paty:

¹⁶ Nesta citação de Adam o autor está se referindo ao pensamento de Holton em HOLTON, Gerald, *Thematic Origins of Scientific Thought*, 1973.

¹⁷ Prefácio de Penrose a “O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física” de John Stachel, 2005. Com relação a importância desse realismo acerca do átomo para os trabalhos de 1905, vale citar Jürgen Renn em *A física clássica de cabeça para baixo: Como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial*: “Foi graças ao seu interesse na possibilidade de se construir pontes entre áreas específicas da física por meio do atomismo que seus trabalhos do miraculoso ano de 1905 sobre o movimento browniano e a determinação de dimensões moleculares devem sua existência” (Renn, 2004, p. 32).

¹⁸ Conforme Christoph Lehner em *O realismo de Einstein e sua crítica da Mecânica Quântica* (2011) há elementos suficientes na obra de Einstein para afirmarmos que, a despeito de sua posição realista e racionalista na maturidade, em diversos momentos, mesmo nessa fase, encontramos na filosofia de Einstein ecos do empirismo de Hume, do positivismo de Mach e do convencionalismo de Poincaré: “Einstein contrasta acentuadamente seu ponto de vista com o de Herbert Samuel, para quem a realidade é aquilo ‘lá fora’ que a ciência deveria retratar. A verdade da ciência não está em ser uma imagem fidedigna de uma realidade independente da mente, mas no seu sucesso em contabilizar nossas experiências (aqui está o empirismo de Hume e Mach); e, de maneira mais importante para nossos propósitos, a própria realidade não é o ‘lá fora’ independente da mente da epistemologia cartesiana, mas uma construção intelectual, posta pela ciência (aqui está o convencionalismo de Poincaré)” (Lehner, 2014, p.189).

¹⁹ A predição relativística para a precessão do periélio de Mercúrio foi observada em 1919 por três expedições. Duas expedições internacionais, a de Arthur Eddington e Edwin Cottingham, em Príncipe, na África, e a de Charles Davidson e Andrew Crommelin, em Sobral, Ceará, Brasil, local indicado por Henrique Morize. Além dessas, tivemos a expedição brasileira, enviada pelo próprio Morize, então diretor do Observatório Nacional.

²⁰ Se *Minha teoria* se tornou um texto famoso, de grande circulação, tendo sido posteriormente incluído nas principais coletâneas de textos de Einstein, o mesmo não aconteceu com *Indução e dedução na física*, embora, nas palavras de Paty ele não tenha sido “totalmente ignorado”, sendo citado nas “bibliografias mais completas dos escritos de Einstein” (Paty, 2005, p. 642). O fato é que, do ponto de vista estritamente filosófico, *Indução e dedução na física* se revela um dos principais escritos epistemológicos de Einstein. Sua importância intelectual, portanto, não pode ser medida por sua fortuna editorial.

Os dois escritos do final do ano de 1919 estão relacionados: Um, Minha teoria, descreve ideias-mestres da teoria de Einstein, sublinhando sua natureza de teoria física (Einstein propõe nele sua distinção entre “teoria segundo princípios” e “teoria construtiva”), o outro, Indução e dedução na física, apresenta uma reflexão sobre a maneira pela qual o pensamento científico luta com o mundo para produzir dele uma representação, uma teoria, feita de princípios e de conceitos construídos, escolhidos pelo pensamento e provisórios, e sobre a maneira pela qual o pensamento se confronta com os dados da experiência (Paty, 2005, p. 642).

Devemos tomar *Indução e dedução na física*, portanto, como a explicitação da “tomada de posição contra a indução e o empirismo e a favor da criação racional pelo pensamento” (Paty, 2005, p. 643). O físico filósofo, aqui, aponta em uma direção inequívoca: as teorias construtivas, que possuem conteúdo empírico menos evidente, constituem a base da criação científica no nível dos fundamentos:

Einstein deixou claro que, embora as teorias de princípio tivessem a vantagem de estar firmemente baseadas em conhecimento empírico, uma teoria física verdadeiramente fundamental deveria ser construtiva (Lehner, 2011, p.185).

Einstein, que, como já vimos, já se revelara realista²¹, dava agora testemunho público de seu racionalismo: a teoria física é uma livre criação, ou construção, do pensamento puro. Para Paty a sua defesa do “raciocínio hipotético dedutivo” e do uso da “intuição intelectual” que Einstein chamará de “livre criação na formação de conceitos e teorias” constituirão o “eixo central de sua epistemologia” (Paty, 2005, p. 641). Em “Sobre o método da Física Teórica”²² Einstein nega que os princípios e conceitos físicos fundamentais possam ser formulados a partir da experiência:

Então, se é certo que o fundamento axiomático da física teórica não se deduz da experiência, mas tem de se estabelecer espontaneamente, livremente, poderíamos pensar ter descoberto a pista certa? (...) De acordo com nossa pesquisa experimental até o dia de hoje, temos o direito de estar persuadidos de que a natureza representa aquilo que podemos imaginar em matemática como o que há de mais simples. Estou convencido de que a construção exclusivamente matemática nos permite encontrar os conceitos

²¹ Em “A influência de Maxwell sobre a evolução da realidade física” (2017a [1931]) Einstein é claro: “Crer em um mundo exterior independente do sujeito que o percebe, constitui a base de toda ciência da natureza” (Einstein, 2017a, p. 140). Sobre o tipo de realismo de Einstein, ver Lehner 2011. Conforme Lehner, além do realismo de Einstein ser declaradamente aberto em seus escritos, aqueles que conviviam com o físico filósofo testemunhavam sua posição realista. É o caso de Wolfgang Pauli em diálogo com Max Born: “o ponto de partida de Einstein é mais “realista” do que “determinista”. O dito encontra-se em “Wolfgang Pauli para Max Born, 31 de março de 1954, em Einstein e Born (1969, p. 286)”.

²² Palestra Herbert Spencer ministrada em Oxford, em 10 de junho de 1933.

e os princípios que os ligam entre si. Dão-nos a possibilidade de compreender os fenômenos naturais. Os conceitos matemáticos utilizáveis podem ser sugeridos pela experiência, porém em caso algum deduzidos. Naturalmente a experiência se impõe como único critério de utilização de uma construção matemática para a física. Mas o princípio fundamentalmente criador está na matemática. Por conseguinte, em certo sentido, considero verdadeiro e possível que o pensamento puro apreenda a realidade, como os antigos reconheciam com veneração” [grifos nossos] (Einstein, 2017a [1933], p. 110)²³.

Ao defender que os conceitos e princípios básicos do “fundamento axiomático da física teórica” são construções exclusivamente matemáticas, Einstein não está negando a importância da experiência nas ciências físicas. Tanto no texto de 1933, em que pontua que a experiência é o único critério para a “utilização de uma construção matemática na física”, quanto no texto de 1919, em que afirma que “os pesquisadores sempre partem da experiência”, que constitui também seu objetivo, o físico filósofo valoriza a dimensão da experiência. A questão não é saber se a experiência é importante ou não, mas qual o seu papel na física. Do fato de que os físicos sempre partam da experiência, pois afinal, suas construções teóricas visam representar ou descrever justamente o mundo da experiência²⁴, e não quaisquer mundos matemáticos puramente abstratos e logicamente possíveis, não se segue, por exemplo, que a criação dos conceitos, princípios e axiomas fundamentais seja um trabalho empírico-experimental. É um trabalho puramente teórico, “exclusivamente matemático”. A questão fulcral é que, no fim das contas, as teorias, criadas pelo “pensamento puro” matemático, devem possuir conteúdo empírico e passar por testes experimentais. É o que diferencia a matemática pura da física teórica. Einstein defende que a física à medida em que se desenvolve, passa a abarcar “regiões” da realidade cada vez mais afastadas do mundo da experiência, requerendo, portanto, teorias paulatinamente mais dedutivas (portanto, menos indutivas) e abstratas:

²³ No texto de 1919, Einstein considera que “o pesquisador sempre parte dos fatos, cuja conexão constitui o objetivo de seus esforços”, mas acrescenta: “Porém ele não chega ao seu sistema de pensamento de uma maneira metódica e indutiva; antes, ele se agarra aos fatos por uma escolha intuitiva dentre as teorias axiomáticas concebíveis” (Einstein, 2005, p. 664). Ou seja, o físico teórico “parte dos fatos”, mas não porque, por indução enumerativa, parta da observação ou do trabalho empírico, mas por que “se agarra aos fatos por uma escolha intuitiva”. Interessante pensar como essa “escolha intuitiva dentre as teorias axiomáticas concebíveis” pode ser um caso de síntese entre indução intuitiva e dedução, no pensamento de Einstein, sem que o mesmo tenha apreciado desta forma.

²⁴ No desenvolvimento das teorias físicas Einstein considerava a “proximidade da experiência” uma vantagem geral, que, no entanto, em casos específicos, nem sempre seria possível ou desejável. Assim, para avançar em alguns flancos, as teorias deveriam simplesmente se distanciar da experiência: “(...) à medida que aumenta a profundidade do nosso conhecimento, temos de desistir dessa vantagem [proximidade da experiência] na nossa busca por simplicidade lógica e uniformidade nos fundamentos da teoria física. É preciso admitir que a relatividade geral foi além das teorias físicas anteriores no abandono da ‘proximidade da experiência’ de conceitos fundamentais afim de obter simplicidade lógica” (Einstein, 2010 [1950], p. 21).

A teoria da relatividade apresenta excelente exemplo do caráter fundamental do desenvolvimento moderno da teoria. As hipóteses de antes tornam-se cada vez mais abstratas, cada vez mais afastadas da experiência. Mas, em compensação, vão se aproximando muito do ideal científico por excelência: reunir, por dedução lógica, graças a um mínimo de hipóteses ou de axiomas, um máximo de experiências. Assim, a epistemologia, indo dos axiomas para as experiências ou para as consequências verificáveis, se revela cada vez mais árdua e delicada, cada vez mais o teórico se vê obrigado, na busca das teorias, a deixar-se dominar por pontos de vista formais rigorosamente matemáticos, porque a experiência do experimentador em física não pode mais conduzir às regiões de altíssima abstração. Os métodos indutivos, empregados na ciência, correspondendo na realidade à juventude da ciência, são eliminados por um método dedutivo muito cauteloso [grifos nossos] (Einstein, 2017a [1934], p. 124-125)²⁵.

As teorias são, pois, livres criações do espírito. Devemos ter em mente, no entanto, que para Einstein não existe um único tipo de teoria. Como lemos na citação de Paty, no outro escrito de 1919, *Minha teoria*²⁶, publicado cerca de um mês antes de *Indução e dedução na física*, Einstein distingue dois tipos de teorias: as “teorias construtivas” e as “teorias de princípio”. No caso de uma teoria construtiva, podemos conceber seu fundamento como um “esquema formal relativamente simples” a partir do qual “uma imagem dos fenômenos mais complexos” é construída. Em sentido reverso, podemos reduzir a complexidade dos fenômenos observacionais a um conjunto formal de elementos lógicos simples. Esse seria o caso, por exemplo, da teoria cinética dos gases, que “busca reduzir os processos mecânicos, térmicos e de difusão a movimentos de moléculas – isto é, construí-los a partir da hipótese do movimento molecular” (Einstein, 2017b [1919], p. 59).

Por sua vez, uma “teoria de princípio” emprega “o método analítico, não o sintético”. Seu fundamento, ou “sua base e ponto de partida não são hipoteticamente construídos, mas empiricamente descobertos”. A ideia de que os fundamentos são “empiricamente descobertos” pode nos levar a uma compreensão equivocada da natureza de tais teorias, sugerindo-nos que são teorias formadas por indução. Mas isso seria uma extrapolação indevida do texto. O que Einstein escreve é que teorias desse tipo não são formuladas a partir de experiências²⁷, mas pela tomada de um “fato” como universal:

²⁵ Em “O Problema do Espaço, do Éter e do campo físico”.

²⁶ My Theory. *The Times*. London, 28 Nov. 1919, p. 13. Publicado no Brasil como “O que é a Teoria da Relatividade” em *Meus últimos anos* pela Nova Fronteira (2017b).

²⁷ Aqui vale a citação de “Sobre o método da Física Teórica” em que Einstein afirma que o trabalho teórico depende de “criações espontâneas do espírito” e chama a atenção para o “caráter fictício dos princípios” fundamentais das teorias físicas. O intelecto puro cria princípios fundamentais que não podem ser reduzidos a experiência: “De qualquer modo, toda tentativa de deduzir logicamente, a partir de experiências elementares, os conceitos e as leis fundamentais da mecânica está votada ao malogro” (EINSTEIN, 2017a [1933], p. 110).

Assim, a ciência da termodinâmica busca, através de meios analíticos, deduzir conexões necessárias, que os eventos isolados têm de satisfazer, a partir do fato universalmente experimentado de que o movimento perpétuo é impossível (Einstein, 2017b [1919], p. 60).

Einstein afirma que a relatividade é uma teoria de princípio – as teorias de princípio possuem como vantagem “a perfeição lógica e a segurança dos fundamentos” – e são analíticas, não sintéticas. Entendemos tal analiticidade em um triplo sentido. As teorias de princípio são analíticas, em primeiro lugar, por que (I) partem de “princípios que dão origem a critérios matematicamente formulados aos quais os processos isolados ou suas representações devem satisfazer” (Einstein, 2017b, p. 59), (II) buscam, a partir de princípios, “deduzir conexões necessárias, que os eventos isolados tem de satisfazer” (Einstein, 2017b, p. 60) e (III) adotam princípios que não podem ser deduzidos da experiência (Einstein, 2017a, p. 110), pois são “criações espontâneas do espírito humano (Einstein, 2017a, p. 109).

Uma teoria de princípio não é simplesmente uma teoria elaborada por indução, pois nela o trabalho bem-sucedido consiste na “descoberta de um princípio formal universal” (Einstein, 1982)²⁸ a partir do qual podemos “deduzir as conexões necessárias” (Einstein, 2017b) entre os “fatos isolados”. Não se trata, portanto, de observarmos n fatos particulares para, a partir deles, elaborarmos uma lei geral, mas de, partindo de um fato “geral”, “descobrirmos” um princípio universal fundamental que nos possibilite deduzir as “ligações” entre os fatos da experiência. A despeito do papel da experiência, a teoria de princípio é “mais” dedutiva do que indutiva.

Para Einstein a teoria da relatividade (subdivida aqui em relatividade geral e relatividade especial) é uma “teoria de princípio”. Tais teorias possuem como vantagem sua a “perfeição lógica”²⁹ e a “segurança dos fundamentos”, atributos que não podem ser garantidos pelo método indutivo. As vantagens da “teoria construtiva” são sua “inteireza”, “adaptabilidade” e “clareza” (Einstein, 2017b [1919], p. 60). A teoria da relatividade é uma teoria de princípio porque toma – ou postula – dois princípios como fatos universais: (1) O princípio da relatividade especial e (2) o princípio da constância da velocidade da luz no vácuo. A teoria, ao assumir esses dois princípios, busca “deduzir as conexões necessárias”

²⁸ Einstein em “*Notas Autobiográficas*”, 1982 [1949].

²⁹ Em um dos trechos finais do artigo Einstein parece defender a chamada “tese de Duhem” ou antecipar a “tese de Duhem-Quine” ao tratar da teoria da relatividade: “O principal atrativo da teoria é sua completeza lógica. Se uma só das conclusões dela derivadas mostrar-se errada, será preciso abandoná-la; parece ser impossível modificá-la sem destruir toda a estrutura” (Einstein, 2017b [1919], p. 63). Vejamos a similaridade. Sandra Harding em *Can theories be refuted? Essays on the Duhem-Quine Thesis* pontua o cerne da tese de Duhem: “The physicist can never subject an isolated hypothesis to experimental test, but only a whole group of hypotheses” (Duhem Apud Harding, 1976, p. X). Duhem em *A Teoria Física: seu objeto e sua estrutura* formula seu princípio de um modo menos “econômico”: “Procurar separar cada uma das hipóteses da Física teórica das outras suposições sobre as quais repousa tal ciência, a fim de submetê-las isoladamente ao controle da observação, é perseguir uma quimera. Pois a realização e interpretação de qualquer experimento físico envolve a adesão a todo um conjunto de proposições teóricas” (Duhem, 2014, p. 241).

entre os fenômenos, chegando assim a uma imagem lógica do mundo. Ao final, essa imagem se revela fisicamente relevante se estiver de acordo com os fatos da experiência.

Em ambos os casos, o físico cria o seu sistema a partir de uma base não indutiva. Enquanto nas teorias construtivas essa base é formada por hipóteses, nas teorias de princípio, como o nome já esclarece, a base – ou o fundamento – é formada por princípios. No uso adotado por Einstein, princípios e hipóteses não compartilham a mesma natureza epistemológica. Princípios são tomados como universais e “necessários”³⁰ e não possuem estatuto hipotético – são considerados como pressupostos pelos físicos que os postulam a partir de um conteúdo empírico. Apesar da própria teoria da relatividade ser, segundo Einstein, uma teoria de princípio, o físico filósofo considerava as teorias construtivas como ideais. Seu trabalho era voltado para o desenvolvimento de teorias desse tipo. “Mas apesar dos méritos da teoria da relatividade, Einstein sentiu que ela não era um substituto para uma teoria construtiva” (Stachel, 2005, p. 35).

Os dois principais tipos de teorias físicas, portanto, não resultam da indução, e esse é o ponto de partida de *Indução e dedução na física*. No segundo texto de 1919 Einstein defenderá que dos principais desenvolvimentos na história da física, apenas uma pequena parcela se deve à indução, apesar de haver o senso comum generalizado de que a física é uma ciência empírico-indutiva. A sutileza, aqui, é que o argumento de Einstein não é de natureza lógica, o que revela a importância da História da Física, e de um modo mais geral, da História da Ciência, na elaboração de sua epistemologia³¹. Einstein não sustenta que haja qualquer tipo de impossibilidade lógica que impeça as teorias físicas de serem indutivamente construídas, mas recorre a exemplos históricos, como da formulação da lei de queda livre dos corpos por Galileu para argumentar que “toda pessoa instruída”, que conhece como as teorias físicas têm sido historicamente elaboradas, sabe que “os maiores progressos da ciência”, dentre os quais a gravitação de Newton, a teoria cinética dos gases, a termodinâmica, a eletrodinâmica moderna possuem uma “fundamentação” de “caráter hipotético”³² (Einstein, 2005 [1919], p. 663).

O breve artigo que temos em mãos possui um conteúdo bastante sofisticado, que não condiz com seu tamanho compacto. Acreditamos que o mesmo apresenta cinco teses que serão centrais na Filosofia da Física de Einstein. Enumeremos as ideias principais:

³⁰ Os princípios são considerados “necessários” no sentido de serem tomados como pressupostos de algumas teorias ou sistemas teóricos. Assim, por exemplo, a relatividade de Einstein necessariamente assume o princípio da relatividade, de que as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais, e o princípio da constância da velocidade da luz, de que a velocidade da luz c tem valor constante em todos os referenciais inerciais. Não podemos eliminar tais princípios sem inviabilizar a própria teoria que os assume.

³¹ A codependência entre Filosofia da Ciência e História da Ciência, que parece clara em Einstein, será mais tarde defendida por Lakatos de modo emblemático: “A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega” (Lakatos, 1983; p.107).

³² Vimos que a termodinâmica é mencionada como exemplo de teoria de princípios em *My Theory*.

(1) **Crítica ao indutivismo:** A História da Física contraria a visão geral de que as teorias são elaboradas por indução:

A ideia mais simples que se tem acerca do desenvolvimento da ciência empírica é que ela segue o método indutivo. Os fatos singulares são escolhidos e agrupados de tal maneira que a lei da natureza que os conecta se torne evidente. Agrupando essas leis, pode-se derivar leis mais gerais, até que tenha sido criado um sistema mais ou menos homogêneo para esse conjunto de fatos singulares. Partindo dessas generalizações, a mente retrospectiva poderia então, pelo caminho inverso, retornar aos fatos por puro raciocínio. Até mesmo uma breve olhada no desenvolvimento real mostra que uma pequena parte do grande progresso do conhecimento científico surgiu dessa forma (Einstein, 2005 [1919], p. 663).

Einstein não nega que teorias tenham sido indutivamente constituídas, mas considera que tal desenvolvimento corresponde somente a uma “pequena parcela” do que realmente ocorreu historicamente³³. Aqui parece haver uma importante lição ao epistemólogo, de um modo geral, e ao filósofo da física, *strictu sensu*, lição que também é expressa, em outras palavras, em *Sobre os métodos da Física Teórica*, a saber, se quisermos “estudar em qualquer dos físicos teóricos os métodos que emprega” o princípio básico é julgar aquilo que ele produziu, isto é, observar sua prática, destacar como ele efetivamente trabalha (Einstein, 2017b [1933], p. 106).

Ao aplicarmos tal princípio ao problema da história dos métodos empregados em física teórica, segundo Einstein, veremos que até o trabalho de indutivistas convictos, como Newton, não foram, efetivamente, produzidos pelo método empírico-indutivo. A gravitação universal newtoniana, por exemplo, é um grande sistema de enunciados teóricos baseados em determinados postulados metafísicos impossíveis de serem derivados ou confirmados pela experiência, como por exemplo, a natureza absoluta, matemática e independente do Espaço e do Tempo³⁴.

(2) **Inevitabilidade de pressupostos teóricos**³⁵: Nenhum teórico pode realizar observações puras, ter experiências livres, neutras, isentas de pressupostos teóricos:

³³ Conforme Paty “**Einstein recusava a concepção indutiva do conhecimento** e adotava a ideia, afirmada no século XVIII por David Hume, de que **nenhuma via indutiva nos conduz logicamente dos fatos de experiência à teoria**, estimando, com Poincaré, que a teoria e os conceitos que ela emprega, como os símbolos que utiliza, são ‘livres construções da mente humana’” (PATY, 2008, p. 120). Ressaltamos que a defesa que Einstein faz do papel da intuição na ciência abre a possibilidade de pensarmos que, mesmo sem reconhecer como tal, Einstein admitia a importância da indução por intuição.

³⁴ “O tempo absoluto, verdadeiro e matemático flui sempre igual por si mesmo e por sua natureza, sem relação com nenhuma coisa externa (...). O espaço absoluto, por sua natureza, sem nenhuma relação com algo externo, permanece sempre semelhante e imóvel” (Newton, 2000, p. 24).

³⁵ A ideia de que toda experiência está carregada de teoria foi defendida pela Filosofia da Ciência do século XX por inúmeros autores, tais como Bachelard, Russell Hanson e Feyerabend, para citar alguns.

Se de fato o pesquisador aborda as coisas sem qualquer opinião preconcebida, como ele poderia sequer pinçar, dentre a imensa abundância de experiências complicadas, fatos que sejam suficientemente simples para que as leis se tornem aparentes? Galileu poderia nunca ter descoberto a lei dos corpos em queda livre se não tivesse sustentado a opinião preconcebida de que as circunstâncias com que realmente nos defrontamos se vêm complicadas pelos efeitos da resistência do ar, de modo que é preciso focalizar os casos em que a resistência do ar desempenha um papel tão desprezível quanto possível (Einstein, 2005 [1919], p. 663).

Em *Princípios da Física Teórica* Einstein enfatiza esse ponto, mas de modo tão sutil que talvez passe despercebido sem a devida análise. Ele sustenta que “o método do teórico implica que, com base em todas as hipóteses, ele utilize aquilo que se chamam princípios, a partir dos quais pode deduzir consequências” (Einstein, 2017a [1914] p. 104). Não se deduz quaisquer consequências dos fatos brutos, de experiências puras, de observações desprovidas de pressupostos teóricos. Em uma teoria física as consequências são deduzidas desde que elementos teóricos, como “hipóteses” e “princípios” sejam previamente assumidos.

(3) Importância da intuição como processo criativo na construção teórica: Teorias não são “esqueletos sem vida” construídos a partir de uma “técnica” ou da mais estrita e restritiva aplicação de um método.

A compreensão intuitiva dos aspectos essenciais do enorme complexo de fatos leva o pesquisador a construir uma ou várias leis fundamentais hipotéticas (...) Juntas, a lei fundamental (axiomas) e as consequências formam aquilo que denominamos uma “teoria” (Einstein, 2005 [1919], p. 663-664).

No trabalho teórico, tanto na construção de teorias quanto na escolha entre teorias empiricamente equivalentes, há um elemento irreduzível à lógica pura - a intuição. A intuição não é meramente uma “iluminação” intelectual, que poderia ser considerada como passiva, mas algo ativo, como uma “apreensão” ou “captura” criativa, que abre o caminho para a criação de novos conceitos³⁶. Em *Sobre o método da Física Teórica* Einstein escreve que as construções teóricas são “criações espontâneas do espírito humano” (Einstein, 2017a, p. 109).

³⁶ É bastante razoável considerar uma aproximação entre o que Einstein chama de “intuição” e a definição aristotélica da “Indução intuitiva”. De acordo com Losee a “indução intuitiva é uma questão de visão interior. É a capacidade de ver o que é ‘essencial’ nos dados da experiência sensorial” (Losee, 1979, p. 17). Na tradução de [89b 10] dos *Segundos Analíticos* de Lucas Angioni, lemos que a “argúcia” é a capacidade de compreender o essencial de um fenômeno “em um tempo sem investigação” (*em askeptôi chronôi*). Tal expressão é traduzida em outros idiomas como uma apreensão “instantânea” ou em um tempo muito diminuto, incapaz de ser medido. Esse não parece ser o sentido estrito da intuição de Einstein. No entanto, a expressão “sem investigação” pode nos sugerir menos um conhecimento abrupto, imediato, e mais um saber “direto”, imediato, isto é, que não é passível de reconstrução lógica por não ser o produto do passo a passo de nenhum método ou conjunto de regras fixas. Esse sentido, nos parece, preserva a noção de “visão interior” apontada por Losee e se aproxima do conceito einsteiniano de intuição.

O termo “intuição” pode ser entendido como algo passivo, que acontece ao sujeito, ao passo que a “criação” é algo ativo, que o sujeito faz acontecer. Pensamos que qualquer contradição é meramente aparente. No caso de Einstein o elemento intuitivo denota um acontecimento que extrapola a ideia de um conhecimento elaborado a partir de um método rígido, formado por um conjunto fixo de etapas. A “criação” teórica satisfaz tal condição. Assim o método lógico-dedutivo de criação teórica não pode ser rígido. Ele deve abarcar a dimensão intuitiva do trabalho científico.

(4) Centralidade do método hipotético-dedutivo na construção de sistemas axiomáticos (teorias): A Física Teórica é uma ciência basicamente dedutiva, que recorre à livre criação de conceitos, princípios e axiomas, em busca de uma imagem unificada do mundo:

A partir da lei fundamental (sistema de axiomas), o pesquisador extrai as suas conseqüências, de maneira tão completa quanto possível, por um método puramente lógico-dedutivo. Essas conseqüências, que freqüentemente só podem ser derivadas da lei fundamental por extensos cálculos e elaborações, podem, então, ser comparadas com a experiência, fornecendo um critério para a validade da suposta lei fundamental (Einstein, 2005 [1919], p. 664).

A defesa da física teórica como ciência dedutiva permaneceu, de modo consistente, como parte do programa epistemológico de Einstein. Podemos constatar isso ao vermos que em outros textos bem posteriores, como *Física e Realidade*, de 1936, a caracterização da natureza analítico-dedutiva da teoria física permanecia marcante. Nele Einstein defende que a não compreensão de que “não há método indutivo capaz de levar aos conceitos fundamentais da física” foi um “erro filosófico básico de muitos investigadores do século XIX” (Einstein, 2017, p. 81). Para Einstein “a física constitui um sistema lógico de pensamento” (Einstein, 2017, p. 95) e “o pensamento lógico é necessariamente dedutivo; funda-se em conceitos e axiomas hipotéticos” (Einstein, 2017, p. 81)³⁷.

(5) Impossibilidade da afirmação completa e definitiva da verdade de uma teoria – natureza provisória das teorias: Podemos refutar uma teoria por diferentes razões, mas jamais comprovar que é verdadeira:

Uma teoria pode, assim, ser identificada como errônea, caso haja um erro lógico em suas deduções, ou como incorreta, se um fato não estiver de acordo com as suas conseqüências. Porém a verdade de uma teoria nunca pode ser provada. Pois nunca se sabe se, mesmo no futuro, não se encontrará uma experiência que contradiga as suas conseqüências; e,

³⁷ Não há desprezo pela experiência: ela continua sendo o teste final para as teorias.

ainda, sempre se pode conceber outros sistemas de pensamento capazes de conectar os mesmos fatos dados (Einstein, 2005 [1919], p. 664).

Nesse ponto Einstein, mesmo sendo um realista racionalista que deseja, por meio da ciência, aproximar-se cada vez mais de uma compreensão do real, avança uma das teses centrais da Filosofia da Ciência do século XX: podemos estabelecer que uma teoria é incorreta, imprecisa, ou, em suma, falsa, por não corresponder aos fatos da experiência, mas não podemos estabelecer a verdade de uma teoria, pois uma refutação futura sempre estará no horizonte de possibilidades.

IV. Considerações finais

A fecundidade filosófica de Einstein é marcante. De um breve texto de uma página e meia extraímos cinco importantes pontos não só para a Filosofia da Física do autor, mas para a Filosofia da Ciência do século XX de um modo geral. Recapitulemos tais pontos:

- 1. Crítica ao indutivismo:** A História da Física contraria a visão geral de que as teorias são elaboradas por indução.
- 2. Inevitabilidade de pressupostos teóricos:** Nenhum teórico pode realizar observações puras, ter experiências livres, neutras, isentas de pressupostos teóricos.
- 3. Importância da intuição como processo criativo na construção teórica:** Teorias não são “esqueletos sem vida” construídos a partir de uma “técnica” ou da mais estrita e restritiva aplicação de um método.
- 4. Centralidade do método hipotético-dedutivo na construção de sistemas axiomáticos (teorias):** A Física Teórica é uma ciência basicamente dedutiva, que recorre à livre criação de conceitos, princípios, axiomas.
- 5. Impossibilidade da afirmação completa e definitiva da verdade de uma teoria – natureza provisória (*historicidade*) das teorias:** Podemos refutar uma teoria por diferentes razões, mas jamais comprovar que é verdadeira.

Tanto a crítica ao indutivismo quanto a defesa do papel central da criação teórica (elaboração de conjecturas) aparecerão como importantes traços do programa filosófico de Popper em obras como *A Lógica da Pesquisa Científica* (1934) e *Conjecturas e Refutações* (1963). A defesa da “livre criação teórica” ou da “intuição como processo criativo” certamente nos remete a *Contra o Método* (1975) de Paul Feyerabend. Claramente Einstein não está dizendo que “Tudo Vale”, mas certamente está afirmando que na elaboração da teoria física vale muito mais do que seguir um método pretensamente universal com fórmulas prontas, como se fosse um grande manual ou uma cartilha. A tese da inevitabilidade de pressupostos teóricos, ou seja, a defesa de que toda observação está impregnada de teoria será

reproduzida por diversas vozes ao longo do século, como Bachelard, Koyré, Russell Hanson e o próprio Feyerabend.

A tese einsteiniana da impossibilidade da afirmação da verdade definitiva de uma teoria parece antecipar o critério popperiano de falseamento. Para Paty, em *Indução e dedução na física* “encontram-se também indicações (...) sobre o caráter provisório e perfectível de todo conhecimento e sobre a refutabilidade das teorias, formulada antes de Popper” (Paty, 2005, p. 641). A refutabilidade de Einstein, a nosso ver, não somente antecedeu, como influenciou Popper. Diversos elementos da epistemologia de Einstein encontram-se, por exemplo, em *A Lógica da Pesquisa científica*, como a crítica da indução, a defesa do dedutivismo, a afirmação da natureza provisória das teorias e da impossibilidade de se estabelecerem como verdadeiras. As palavras de Einstein “a verdade de uma teoria nunca pode ser provada. Pois nunca se sabe se no futuro não se conhecerá uma experiência que contradiga suas conclusões” encontram-se espelhadas em Popper: “uma decisão positiva só pode proporcionar alicerce temporário à teoria, pois subsequentes decisões negativas sempre poderão constituir-se em motivo para rejeitá-la” (Popper, 2013, p. 32).

Precisamos levar em conta que a tese da impossibilidade da afirmação da verdade definitiva de uma teoria, que é, a rigor, uma tese epistemológica, aponta para outra dimensão da atividade científica: sua historicidade. É impossível compreender a prática científica, e, indo além, a “verdade científica”, a não ser como “verdade histórica”, contextualizada no tempo, contingente, própria de uma época e de suas complexas relações sociais. Elevar tal noção às últimas consequências nos leva a admitir que a História da Ciência não é linear, acumulativa, progressiva, sem sobressaltos. Uma verdade consolidada em um determinado contexto histórico pode vir a ser solapada por desenvolvimentos posteriores. Tudo isso, que é uma dedução lógica do princípio de que “*a verdade de uma teoria nunca pode ser provada, pois nunca se sabe se, mesmo no futuro, não se encontrará uma experiência que contradiga as suas consequências*” parece ser um elemento central em *A Estrutura das Revoluções Científicas* (1962) de Kuhn. Ademais, a necessidade do trabalho conjunto entre Filosofia da Ciência e História da Ciência será defendida depois de Einstein, por exemplo, por Inre Lakatos³⁸.

O que concluímos da análise de *Indução e dedução na Física* em uma leitura comparada com outros textos como *Sobre o Método da Física Teórica e Física e Realidade* é que, além de ter sido o físico que foi – participando com inestimáveis contribuições para a edificação dos fundamentos da física moderna, tanto na mecânica quântica, quanto na relatividade e na cosmologia – Einstein também deve ser considerado não somente um físico filósofo de expressão ou um importante filósofo da física *strictu sensu*, mas, em sentido geral, um dos precursores da Filosofia da Ciência do século XX. Nele encontramos, ainda que em “estado de crisálida”, várias ideias que mais tarde viriam a ser desenvolvidas por nomes marcantes como Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend. Uma análise mais acurada da

³⁸ Ver nota 27.

profundidade e extensão da influência da filosofia de Einstein nas obras de tais autores, contudo, deve ser objeto de estudos ulteriores.

Referências

ADAM, A. M. “Was Einstein a Philosopher?” Deduction vs. Induction, the end of Certitude and Conventionalism. In: CORNELIS, G. C.; SMETS, S.; VAN BENDEGEM, J. P. (Eds) **Metadebates on Science - Einstein Meets Magritte: An Interdisciplinary Reflection on Science, Nature, Art, Human Action and Society**. Bruxelas: Springer, Dordrecht, 1999. v. 6.

ARISTÓTELES. **Segundos Analíticos**. Livro I. Tradução: Lucas Angioni. Clássicos da Filosofia: Cadernos de Tradução, n. 7. Campinas: IFCH-UNICAMP, 2004.

ARISTÓTELES. **Metafísica**. Tradução: Edson Bini. São Paulo: Edipro, 2012.

BACON, R. **Sobre a ciência experimental**. Tradução: Osvaldo Pessoa Jr. Disponível em: <https://opessoa.fflch.usp.br/sites/opessoa.fflch.usp.br/files/HCTex-Roger-Bacon-1.pdf>.

BORN, M.; BORN, H. Briefwechsel 1916-1955. München: Nymphenburger Verlagshandlung, 1969. Em inglês: The Born-Einstein Letters, Macmillan, New York, 1971.

DUHEM, P. **A Teoria Física: Seu objeto e sua estrutura**. Tradução: Rogério Soares da Costa. Rio de Janeiro: Eduerj, 2014.

EINSTEIN, A. **Como eu vejo o mundo**. Tradução: H. P. de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

EINSTEIN, A. **Como eu vejo o mundo**. Tradução: H. P. de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2017a.

EINSTEIN, A. Física e realidade. Tradução: Silvio Renato Dahmen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 9-22, [1936] 2006.

EINSTEIN, A. **Indução e dedução na física**. Tradução: Valter Alnis Bezerra. **Scientiae Studia**, v. 3, n. 4, p. 663-664, [1919] 2005.

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

EINSTEIN, A. **Meus últimos escritos**. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2017b.

EINSTEIN, A. Sobre a Teoria Geral da Gravitação. In: Prêmios Nobel na Scientific American. **Duetto**: São Paulo, [1950] 2010.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A Evolução da Física**. Tradução: Giasone Rebuá. Rio de Janeiro: Zahar, 2018.

EINSTEIN, A.; BORN, M.; BORN, H. **Briefwechsel 1916-1955**. München: Nymphenburger Verlagshandlung, 1969. Em inglês: The Born-Einstein Letters, Macmillan, New York, 1971.

FEYERABEND, P. **Contra o Método**. Tradução: Cezar Augusto Mortari. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

HARDING, S. **Can theories be refuted? Essays on the Duhem-Quine Thesis**. Boston: D. Reidel, 1976.

KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001.

LAKATOS, I. History of science and its rational reconstructions. In: HACKING, I. (Org.) **Scientific revolutions**. Hong-Kong: Oxford University, 1983.

LAUDAN, L. Teorias do método científico de Platão a Mach. **Caderno de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, Série 3, v. 10, n. 2, p. 9-140, jul.-dez. 2000.

LEHNER, C. O realismo de Einstein e a crítica da Mecânica Quântica. In: FREIRE JR, O.; PESSOA JR, O.; BROMBERG, J. L. (Orgs). **Teoria Quântica: estudos históricos e implicações culturais** [online]. Campina Grande: EDUEPB. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

LOSEE, J. **Introdução histórica à Filosofia da Ciência**. Tradução: Borisas Cimbliris. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

NEWTON, I. Princípios Matemáticos da Filosofia Natural. In: Coleção “Os Pensadores”. Tradução: Carlos Lopes de Mattos, Pablo Rubén Mariconda e Luiz Possas. São Paulo: Editora Abril, 2000.

PATY, M. **Einstein**. Tradução: Mario Laranjeira. São Paulo: Estação Liberdade, 2008.

PATY, M. Introdução a três textos de Einstein sobre a geometria, a teoria física e a experiência. **Scientiae Studia**, v. 3, n. 4, p. 641-662, 2005.

PLATÃO. **A República**. Tradução: Maria Helena da R. Pereira. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2017.

PESSOA Jr, O. **Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência I**. São Paulo: FFLCH-USP, 2022.

POPPER, K. **A Lógica da Pesquisa Científica**. Tradução: Leonidas Hegenberg e OctannySilveira da Mota. São Paulo: Cultrix, 2013.

REALE, G. **Para uma nova interpretação de Platão**. Tradução: Marcelo Perini. São Paulo: Edições Loyola, 2004.

RENN, J. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 27-36, 2005.

STACHEL, J. **O ano miraculoso de Einstein**: cinco artigos que mudaram a face da física. Tradução: Alexandre Carlos Tort. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005.

TROSTER, T. Aristóteles, Primeiros Analíticos II, 23: Não Há Indução Completa. **Journal of Ancient Philosophy**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 102-125, 2022.

WIGNER, E. The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in Natural Sciences. In. **Communications in Pure and Applied Mathematics**, v. 13, n. I, 1960.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).