

# Uma discussão epistemológica sobre a imaginação científica: a construção do conhecimento através da visão de Albert Einstein

(An epistemological discussion of scientific imagination: The construction of knowledge across Albert Einstein's views)

Ivã Gurgel<sup>1</sup> e Maurício Pietrocola<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pós-Doutorado em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil*

<sup>2</sup>*Departamento de Metodologia de Ensino, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil*

Recebido em 6/12/2009; Aceito em 24/4/2010; Publicado em 28/3/2011

Este trabalho tem como objetivo discutir o papel da imaginação científica na construção do conhecimento. O estudo teórico foi realizado em duas etapas. Primeiramente, discutimos a relação da racionalidade com a imaginação na epistemologia contemporânea. A discussão teórica é complementada com uma análise histórica do pensamento de Albert Einstein, para tornar possível a apresentação de uma visão de construção do conhecimento científico que considere e valorize o papel da imaginação.

**Palavras-chave:** imaginação científica, Albert Einstein, racionalidade, epistemologia.

The goal of this work is to discuss the role of the scientific imagination in construction of knowledge. The theoretical study is composed of two parts. Firstly, we have discussed the relationship between rationality and imagination on contemporary epistemology. The theoretical study is completed with a historical analysis of Albert Einstein's thoughts to present one view of the scientific knowledge construction which considers and valorizes the role of the imagination.

**Keywords:** scientific imagination, Albert Einstein, rationality, epistemology.

## 1. Introdução

De uma maneira geral, a filosofia da ciência questiona a natureza das teorias e ideias científicas e, conseqüentemente, a validade destas proposições. Uma visão de ciência como uma forma de conhecimento geradora de verdades sobre o mundo fez com que diversos pensadores questionassem os diferentes métodos que a ciência utiliza para criar sua concepção do mundo natural. Durante um longo período, do século XVI até aproximadamente o final do século XIX, o objetivo de muitos filósofos era definir quais procedimentos eram mais adequados para a obtenção do conhecimento e quais eram as possibilidades de estabelecermos um corpo de saberes seguros. Dentro deste contexto, duas correntes filosóficas foram predominantes, o empirismo e o racionalismo. Não cabe neste artigo discutir as características destas correntes de pensamento, mas vale notar que em ambos os casos toda subjetividade que pudesse aparecer no processo de construção do conhecimento era rejeitada. Um detalhamento destes estudos pode ser encontrado em um trabalho anterior [1].

A partir do início do século XX, a visão de que não poderíamos estabelecer um método único, defini-

tivo e objetivo, de se gerar ideias sobre o mundo passou a ser mais aceita. Com o avanço de novas teorias, como a relatividade e a mecânica quântica, que deixavam claro o papel da imaginação e outros aspectos subjetivos durante a elaboração do conhecimento, tornou-se difícil sustentar a visão que negava o papel criativo da mente no fazer científico. Esse problema foi parcialmente resolvido pelo empirista-lógico Hans Reichenbach [2]. Ele procurou distinguir dois momentos da atividade do cientista. O primeiro, denominado contexto da descoberta, seria o momento da criação das ideias e proposições. O segundo, denominado contexto da justificação, seria o momento em que o cientista apresenta suas ideias de forma sistemática. Com isso, ele afirma que somente o segundo momento deveria ser o objeto das análises da filosofia da ciência. Na justificação o conhecimento deixa de ter os atributos subjetivos, inclusive os elementos relativos ao processo criativo, e pode ser caracterizado e avaliado através da descrição lógico-analítica. O primeiro momento, da descoberta, deveria ser relegado aos estudos em psicologia, sociologia ou história da ciência. A influência de suas ideias, e da escola filosófica à qual pertencia, fez com que a imaginação e o processo criativo, em um sentido

<sup>1</sup>E-mail: gurgel@usp.br.

mais amplo, fossem pouco considerados como temas de estudo da filosofia da ciência. Como afirma o filósofo Michel Paty, a análise epistemológica explorou muito pouco o contexto da descoberta e se restringiu à análise do contexto da justificação [3].

Muitas importantes obras do século XX, de autores como Ludwick Fleck, Karl Popper, Thomas Kuhn, Gaston Bachelard, Imre Lakatos, buscaram romper com as perspectivas empírico-positivas e trouxeram novas questões para a discussão epistemológica. Nesta corrente, muitos desses autores passaram a valorizar a história da ciência como elemento de análise importante, pois o objetivo da filosofia seria o de compreender como a ciência se desenvolve efetivamente, ao invés da busca sobre como a ciência deveria ser. Contudo, os temas da imaginação e dos processos criativos na ciência ainda foram pouco explorados, ou explorados de forma pouco sistemática. Um exemplo curioso disto é a conhecida obra de Karl Popper com título original *Logik der Forschung*. O título em alemão significa *A Lógica da Pesquisa Científica* ou *A Lógica da Investigação Científica*. No entanto, a tradução para o inglês que tornou a obra conhecida foi *The Logic of Scientific Discovery*, que é traduzido como *A Lógica da Descoberta Científica*. O erro de tradução se torna relevante quando notamos que a obra não se dedicará aos processos de descoberta ou invenção na ciência. Isto é apontado pelo principal tradutor da obra para o português, que afirma:

O título inglês dado sempre nos pareceu inadequado como indicação do conteúdo. [4, p. 2]

Dentre os autores atuais, o destacado historiador Gerald Holton foi um dos poucos autores que exploraram o tema da imaginação na ciência [5, 6]. Apesar de contribuições importantes dadas pelo autor, consideramos que o tema ainda carece de uma exploração mais profunda, que aborde a questão da criação em relação às questões epistemológicas sobre a natureza do pensamento científico discutidas atualmente como “as possibilidades de existência e características de um pensamento racional” ou o debate sobre “os limites do pensamento na tentativa de apreender a realidade”. Desta forma, consideramos que este tema deve ser objeto de discussão, algo que buscaremos explorar neste artigo.

## 2. A Imaginação científica

Como apontado anteriormente, a filosofia da ciência pouco explorou os momentos de criação na ciência. No entanto, cabe questionar qual o sentido de se falar em imaginação em ciências. A imaginação, como uma criação individual, distingue-se fundamentalmente de um processo indutivo. Neste processo temos uma construção objetiva do conhecimento em relação aos fatos,

sendo que certa regularidade nos eventos pode, por indução, gerar uma lei ou princípio científico comum a todos observadores. John Stuart Mill, filósofo do século XIX, é uma das principais referências quando se trata de discutir o papel da indução. Em seu terceiro livro do Sistema de Lógica Dedutiva e Indutiva de 1843, quando disserta sobre a indução, ele nega que as inferências geradas a partir desta sejam criações, sendo que estas são dadas pelos eventos. Mesmo admitindo o papel que a mente desempenha na construção das ideias, precisando ter uma estrutura já previamente formada sobre algumas delas, Mill elimina qualquer caráter subjetivo em sua construção, sendo que quaisquer observadores que se deparassem com os mesmos fatos deveriam inferir as mesmas conclusões. Ao analisar a construção da lei das órbitas elípticas de Kepler, ele faz a seguinte declaração:

A concepção de uma elipse deve ter-se apresentado à mente de Kepler antes que pudesse identificar a órbita planetária com ela. De acordo com o Dr. Whewell, a concepção era algo acrescentado aos fatos. Ele expressa como se Kepler tivesse colocado alguma coisa nos fatos pela sua maneira de concebê-los. Mas Kepler não fez tal coisa. A elipse estava nos fatos antes que a reconhecesse (...) Kepler não colocou o que concebera nos fatos, mas viu isso neles. [7, p. 134]

Na citação anterior é clara a posição do autor contra a ideia de criação ao citar o filósofo William Whewell, que considerava um papel ativo da mente no processo de elaboração de ideias. Para Mill o papel da mente seria apenas o de ter a construção conceitual prévia da ideia de elipse e isso seria suficiente para o reconhecimento do padrão das órbitas.

Diferentemente da indução, em um processo imaginativo o sujeito tem um papel maior na criação dos conteúdos científicos, pois a percepção de uma regularidade ou a proposição de uma simetria pode ser criada por ele e não demonstrada pela natureza. A principal diferença entre a criação e a indução reside no foco da ação. Neste sentido, a palavra “descoberta”, como normalmente a utilizamos, privilegia o objeto, que está pronto em suas regularidades à espera que alguém construa um caminho de acesso até ele. Já a palavra criação (ou invenção) demonstra uma maior subjetividade, pois envolve uma nova forma do indivíduo olhar uma parcela do mundo atribuindo características à mesma. Isso faz com que o indivíduo tenha uma participação ativa no processo.

As afirmações anteriores somente estabelecem, de maneira geral, como podemos conceber a ideia de criação na ciência como um contraponto aos pressupostos indutivistas. Para compreender com mais detalhe as características deste processo, faremos um tratamento histórico-epistemológico em duas etapas. Primeiramente buscaremos discutir ideias epistemológicas so-

bre a racionalidade e a intuição baseados nos trabalhos de Gaston Bachelard, Gilles-Gaston Granger e Michel Paty. Estes autores trabalham dentro de uma tradição francesa da epistemologia que podemos chamar de Filosofia do Conceito,<sup>2</sup> que busca estabelecer uma visão renovada da filosofia racionalista. Em seguida exploraremos historicamente a descrição que Einstein faz ao buscar relatar como seu pensamento funciona durante a criação.<sup>3</sup> Com base nestes estudos, nosso objetivo é tecer considerações sobre o papel da imaginação na ciência e indicar em nossas considerações finais possíveis consequências para o ensino da mesma.

### 3. Racionalidade e imaginação simbólica na apreensão do real

Anteriormente vimos que a imaginação goza de pouco prestígio nos principais sistemas de conhecimento elaborados desde o início do período moderno até, ao menos, o final do século XIX. Devemos então, neste momento, nos perguntar se é possível uma definição de imaginação como um processo de pensamento que contemple as exigências de um raciocínio científico. Colocando a questão de outra forma, podemos questionar se é possível que a imaginação cumpra as exigências de um pensamento racional ao buscar tornar inteligíveis fenômenos naturais. Apresentamos a questão desta maneira, pois consideramos que um trabalho epistemológico sobre a criação não pode deixar de considerar os próprios fundamentos (ou possíveis fundamentos) da ciência.

Uma das possíveis definições para a imaginação é a criação de objetos em um sistema simbólico [8]. O pensamento humano se constitui fundamentalmente na capacidade de gerarmos representações mentais para os elementos do mundo, habilitando-nos a nos relacionar com este não somente através dos sentidos, mas também através de construções simbólicas. Isto permite que o ser humano trabalhe sobre estas bases e desenvolva um pensamento conceitual à medida que consegue operacionalizar estes elementos, isto é, consegue estabelecer relações entre eles, fazendo com que a partir destas imagens simbólicas, em um sistema mais elaborado, possa estabelecer relações que nos permitem gerar afirmações sobre o mundo.

A imaginação como criação simbólica é geralmente vinculada à imaginação nas artes. Em uma primeira aproximação, estas buscam criar novas representações para o mundo com o objetivo de sensibilizar a pessoa que as apreciam através de composições de elementos significantes, seja através de cores, nas artes plásticas; de palavras, na literatura; ou de sons, na música. No caso das ciências, estes elementos simbólicos criam representações que são fundamentais para a descrição do

mundo e servem como apoio ao pensamento. É a partir deste campo simbólico que damos sentido à realidade e este é a base para a construção de ideias conceituais mais elaboradas. Podemos definir a noção de imaginário como esse campo que configura as possibilidades de representação e que leva em conta as formas pessoais (subjetivas) de apreender o mundo perceptível [9-11]. Com isso, a base do entendimento não é relegada a uma representação direta da realidade, mas a uma forma de representação individual desta. Assim podemos afirmar com base na literatura que:

O domínio do imaginário é constituído pelo conjunto de representações que exorbitam do limite colocado pelas constatações da experiência e pelos encadeamentos dedutivos que as autorizam. [12, p. 291]

O imaginário definido como o campo de representações sobre o qual o pensamento operará determina a primeira forma de descrevermos a imaginação. Ela trabalha construindo um campo simbólico que se enriquece quando novas representações são construídas com base nas pré-existentes. Devemos notar que este processo difere muito de uma abstração indutiva, pois nesta o conhecimento conceitual é uma representação direta da realidade. No caso proposto por este trabalho, a imaginação opera em organizações sucessivas dos sentidos simbólicos, sendo que os novos significados advêm de uma nova composição, estabelecida através de relações entre as representações que formam o imaginário. Este aspecto é particularmente importante, pois quando consideramos um processo indutivo, o processo de aquisição de conhecimento deve partir de um contato o mais objetivo possível com a realidade, de forma a garantir uma relação entre esta e o pensamento. No entanto, no processo imaginativo, por este depender fundamentalmente da capacidade de compor novos elementos simbólicos, para esta composição é mais importante que o pensamento parta de uma pluralidade de percepções subjetivas, em que o indivíduo tem uma representação própria para um determinado setor da realidade. A partir desta, através da criação, ele pode constituir uma unidade entre elas. Com isso, o imaginário se torna importante, pois este permite que o pensamento opere sobre uma diversidade de representações constituídas na mente e não se reduza às percepções imediatas da realidade.

Contudo, a imaginação para ser denominada científica, por mais que seja um ato bastante complexo e de grande subjetividade por estar relacionada à construção simbólica mental do indivíduo, não pode ser uma atividade puramente livre, isto é, desvinculada dos objetivos da ciência. As novas ideias, quando compostas, devem ser conduzidas a uma construção racional. Neste

<sup>2</sup>Termo cunhado pelo filósofo Jean Cavallès.

<sup>3</sup>O pensamento de Albert Einstein já foi explorado por outros autores. No entanto consideramos que o enfoque dado neste trabalho se diferencia em alguns aspectos destes autores, o que justifica e faz necessário a busca pelos originais.

sentido, a consideração da imaginação depender das construções simbólicas da mente, isto é, do imaginário, não compromete os compromissos racionais da atividade científica. Visto que:

A razão encontra-se no imaginário e no sentido da lógica interna, que não é contrária ao real, mas que, como um caleidoscópio, recria, reconstrói, reordena e reestrutura, criando outra lógica que desafia a lógica formal. Nesse sentido, o imaginário é um processo cognitivo no qual a afetividade está contida, traduzindo uma maneira específica de perceber o mundo, de alterar a ordem da realidade. [11, p. 79]

O elemento que merece destaque na consideração anterior é a possibilidade de o imaginário buscar ser constituído por um corpo coerente de representações para o real, coerente no sentido de ser uma forma de organizá-lo. No entanto, na mesma afirmação devemos estar atentos ao sentido proposto para a palavra lógica. Na forma utilizada pelos autores, esta é mais bem interpretada como racionalidade, pois sua função não é a operação formal de proposições gerais ou abstrações matemáticas, mas sim de sistemas de representações simbólicas que tem como objetivo aproximar nossas representações ao mundo exterior. Desta forma é importante retomarmos o sentido de racionalidade na epistemologia.<sup>4</sup>

A formulação racional envolve uma estrutura que relaciona os elementos conceituais. A evolução da ciência descrita por Gaston Bachelard na forma de evolução de perfis epistemológicos [13] considera que a ciência progride ao se estabelecer novos padrões de racionalidade. A cada ruptura epistemológica de uma noção científica, há um processo de reorganização desta em direção a uma maior racionalização, que, no limite, estabelece o ultra-racionalismo. Este último é o momento no qual a descrição de uma entidade chega ao limite “máximo” de relações que este pode ter com outros conceitos. Quando atuamos através da imaginação, as formulações que esta constrói devem ser racionalmente relacionadas com os outros conceitos científicos, isto é, sempre que formulamos novas proposições, os conceitos nela definidos devem ser inseridos na teia de relações que uma estrutura teórica define. Em muitos casos, para a inserção de um novo conceito, é necessário reorganizar essa estrutura, constituindo uma nova racionalidade. Assim Bachelard afirma:

(...) o racionalismo é uma filosofia que não tem começo; é da ordem do recomeço. Quando o definimos em uma de

suas operações, há muito que ele já recomeçou. Ele é a consciência de uma ciência retificada, de uma ciência que carrega a marca da ação humana, da ação refletida, operosa, normalizante. O racionalismo só tem a considerar o universo como tema de progresso humano, em termos de progresso de conhecimento. [14, p. 144]

Bachelard ainda considerará que a racionalidade da ciência não é um corpo de relações absoluto, que se aplica indiscriminadamente da mesma forma a todas as áreas do pensar científico. Para fundamentar essa visão ele apresentará a noção de racionalismos regionais [14]. Para o autor, quando buscamos estabelecer padrões racionais muito amplos, que buscam se aplicar a qualquer setor da realidade de modo indiferente às qualidades da mesma, recaímos a um idealismo. Esta implicação se deve à constatação de que quando o pensamento se aplica a proposições demasiadamente gerais, este deixa necessariamente de considerar características específicas da realidade ao qual ele se aplica. Para evitar isso, o pensamento precisa dispor de uma diversidade de estruturas racionais que se diferem entre si. Isso possibilita a elas se aplicarem a uma “regionalidade”, no sentido de uma forma de pensamento destinada a um setor determinado da realidade. Embora exista nesta visão uma perspectiva de abandono do projeto racionalista de busca de proposições universais, esta é a forma mais adequada de apreender o mundo exterior.

Devemos ainda notar que essa perspectiva bachelardiana de descrever o pensamento racional não perde de vista o caráter realista da atividade científica. Contudo, a realidade não é um “dado bruto” que se submete à mente. O vetor epistemológico que Bachelard estabelece coloca a representação do real como etapa final da construção do conhecimento, em um processo que se funda em uma dialética entre pensamento e materialidade.

A partir das considerações anteriores podemos afirmar que a racionalidade não é um sistema de regras fechadas que, de uma forma preestabelecida ao entendimento individual, define o significado das ideias presentes em uma teoria. Na criação, ao mesmo tempo em que novos significados simbólicos são criados, novos padrões racionais que os definirão também deverão ser estabelecidos. Devemos estar atentos a essas considerações, pois a racionalidade não deixa de ter regras próprias, que organizam e estabelecem as relações entre conceitos. O elemento fundamental é considerar que essas mesmas possam ser retificadas, o que possibilita o espaço de criação na ciência. A imaginação na ciência

<sup>4</sup>Considerando as diferentes teorias da racionalidade, podemos atribuir quatro dimensões a esta, a conceitual, a dedutiva, a indutiva e a crítica. No entanto, neste trabalho, para a discussão acerca da imaginação, tomamos a racionalidade em sua dimensão conceitual, que consiste na capacidade, necessária ao entendimento nas ciências empíricas, de organização de conceitos pela mente no processo de formação de leis, princípios, modelos etc, com o objetivo de estabelecer relações entre estes e outros conceitos que forem julgados convenientes para a descrição de um fenômeno.

trabalha assim, em alguma medida, guiada pelas regras da racionalidade no momento de constituição de novos conceitos. Com isso, a fecundidade das ideias simbólicas, isto é, a capacidade de serem relacionáveis na forma de modelos racionalizados, passa a ser a principal característica da imaginação científica.

Neste sentido, o filósofo Gilles-Gaston Granger, em uma importante obra sobre a razão irá considerar:

A razão evolui no sentido de que o ideal de ordem e o processo de construção dos novos conceitos variam ao longo da história. Assim progride a razão matemática que, longe de ser um corpo fechado de princípios, é *imaginação regulada, mas criadora*. [15, p. 71]

Devemos deixar clara a presença deste duplo aspecto inerente à imaginação característica da ciência. Se por um lado, a imaginação, de uma forma geral, consiste na criação de elementos simbólicos através da composição de representações presentes no imaginário do indivíduo que cria, quando consideramos a ciência, as regras que regulam esta operação de composição são baseadas na racionalidade. Isso faz com que ela tenha um papel importante, pois a racionalidade é por natureza a forma de pensamento que busca estabelecer regras organizadoras do pensamento conceitual.

Podemos encontrar forte apoio às ideias precedentes na obra do filósofo Michel Paty. Em sua atual pesquisa, ele busca compreender como novas ideias são criadas, sendo o objetivo de seu trabalho elaborar uma Filosofia da Criação Científica [16]. No entanto, diferentemente de outros filósofos do século XX, ele não abandonará a perspectiva do conhecimento racional para pensar as construções da ciência, e buscará deixar claro que:

Tudo mostra, com efeito, que o pensamento criativo de novas ideias não escapa, numa parte bem significativa, do campo do pensamento racional. [17, p. 2]

Para dar ao ato criativo uma dimensão racional, ele dará uma nova definição a esta, que a distinga claramente da lógica, e que possa dar conta das construções e modificações ocorridas nas formas de pensamento da ciência com o passar do tempo, isto é, que dê conta da historicidade das ideias.

A razão é mais complexa do que a lógica, pois ela opera de maneira não tão precisamente definida e sobre objetos que não são definidos de maneira exata e unívoca como os objetos de um raciocínio lógico. A razão é complexa, ela não se reduz à lógica, mas sabemos por experiência (...) que sem ela não teríamos conhecimentos seguros e objetivos (...) e nem poderíamos comunicar os nossos conhecimentos a outros. [17, p. 7]

A racionalidade, mesmo vista em um sentido mais amplo e aberta a mais possibilidades, não deixa de ser o fundamento que possibilita a compreensão do mundo exterior. Podemos notar que existe uma correspondência nas formas de se conceber a racionalidade nas obras de Paty e Bachelard. Paty ainda considera que a racionalidade que torna o mundo inteligível, pois a inteligibilidade é a apropriação pela razão, nos pensamentos singulares, de tal elemento de conhecimento da realidade, sendo que é o fato do mundo ser inteligível que permite que a ciência exista como forma de sua descrição.

Com o estabelecimento de uma nova definição de racionalidade, como função do pensamento que integra os conhecimentos [16, 17], esta deverá se unir à intuição, para tornar possível a criação na ciência.

Esse trabalho de criação se utiliza do raciocínio (que não encerra apenas dedução, mas também é construtivo ao constituir objetos) tanto quanto da intuição, termo pelo qual designamos aqui uma percepção (intelectual) sintética de um complexo de conceitos. Acrescentamos ainda que o raciocínio, mais explícito, e a intuição, concebida neste sentido, não são dois modos de pensamento em oposição, já que na escolha de seus caminhos o raciocínio é frequentemente guiado pela intuição. [17, p. 9]

Podemos notar que Paty, assim como Descartes e Espinosa, utiliza o termo intuição de modo diferente do sentido comum. Para ele, a intuição é uma é definida como sendo a capacidade de apreender, através do pensamento, o mundo em suas diferentes partes como um todo integrado. É importante notar que esta forma de compreensão através do pensamento precisa se distinguir da lógica, pois esta somente nos permite um entendimento analítico das questões científicas. No entanto, para compreensão através da imaginação, que busca formar uma representação simbólica clara dos problemas apresentados, é necessário que o pensamento opere sinteticamente, isto é, buscando uma unidade na totalidade dos elementos da percepção.

A intuição física, sem a qual não haveria atividade criativa na pesquisa, é essencialmente uma atitude em relação à experiência (mas a experiência já clareada pela razão), e constitui como uma compreensão em profundidade desta (...) por exprimir sinteticamente o conteúdo. [18, p. 458]

Percebemos que o autor unifica a racionalidade à intuição para fundamentar a possibilidade do conhecimento apreender de forma sintética a realidade. Assim, podemos considerar através das ideias de Paty que a construção do conhecimento se dá através de uma intuição racional.



No entanto, para “sintetizar” esta discussão, devemos esclarecer a possível relação das ideias de Paty com a discussão feita no início desta seção. A intuição racional, durante o ato criativo, busca formar uma representação sintética do complexo de percepções com o objetivo de integrar e dar significado a uma parcela da realidade. No entanto, essa faculdade da mente seria muito restrita se operasse somente sobre a percepção imediata do mundo exterior. Com isso, no momento da criação, podemos fazer apelo a outras representações que transcendem as constatações determinadas naquele momento pela experiência sensível. Assim, podemos fazer apelo a diversos elementos simbólicos presentes na mente por um contato anterior com a realidade percebida. Estes elementos foram definidos anteriormente como compondo o imaginário, que acaba por ter a principal função de dar subsídios ao pensamento imaginativo quando este opera como uma intuição racional na construção de novas teorias, conceitos etc, que dão significado a uma realidade.

Com isso, temos que a imaginação opera sobre três bases. O imaginário, que se constitui das ideias formadas por uma forma subjetiva de percepção da realidade; a racionalidade, que estabelece regras que organizam estas ideias e a intuição, que aliada à racionalidade, busca uma compreensão sintética das percepções que compõem o imaginário.

Para terminar esta seção, apresentaremos uma descrição feita por Paty da descoberta do princípio de relatividade por Einstein, que resume bem suas ideias:

O fio de uma racionalidade direta já não parece suficiente, aqui, para guiar sozinho o movimento do pensamento: a dificuldade era de fato um obstáculo real, que demandava, para que se seguisse adiante, um verdadeiro salto conceitual (...) O obstáculo que se erguia perante o pensamento pode ser visto como um nó de conceitos imbricados, no qual nada permite à primeira vista a identificação dos fios que possibilitam a resolução do novelo embaraçado. Somente um tipo de apreensão sintética imediata, mais intuitiva do que analítica, deu a ver, de súbito, depois de várias semanas de esforços infrutíferos, uma via de saída, os fios a serem puxados (...) depois do momento de intuição sintética que abriu o caminho, e a reconstrução das grandezas no percurso desse caminho a partir de então balizado. [17, p. 3]

Com isso, passaremos à análise da descrição feita por Einstein de seu processo criativo, com o objetivo de mostrar, através de um exemplo histórico, como as noções discutidas anteriormente podem ser aplicadas à forma do pensamento criativo.

#### 4. Einstein: filósofo e cientista

Albert Einstein se tornou um famoso cientista devido, principalmente, à criação das teorias da relatividade, publicadas nos anos de 1905 e 1915. Parte da importância atribuída a essas teorias está no fato de elas terem modificado conceitos fundamentais da física, o espaço e o tempo, marcando assim uma clara ruptura na forma de pensar da época. No entanto, inicialmente elas não foram completamente aceitas pela comunidade científica. Isso ocorreu pois, por mais que elas fossem matematicamente coerentes e resolvessem problemas legítimos da ciência da época, a relatividade é uma teoria extremamente abstrata, e sua formulação dependia da aceitação de princípios que não poderiam ser verificados diretamente na realidade através de um método experimental. No entanto, com a passar do tempo, as primeiras evidências experimentais previstas pela teoria foram verificadas. Podemos destacar um importante experimento, feito pela comitiva liderada por Arthur S. Eddington, em 1919, em que se verificou o desvio da luz pela gravidade numa quantidade consistente com a teoria de Einstein, dando um forte indicativo da validade de suas ideias. No entanto, a importância prática da teoria ficou clara quando a física de altas energias se desenvolveu, o que tornou obrigatória as correções relativísticas nos fenômenos envolvendo as colisões de partículas subatômicas.

Considerando que, invariavelmente, os princípios de uma teoria não podem ser inferidos diretamente de resultados experimentais, e que somente suas consequências podem ser confrontadas com o conhecimento empírico, como entender a maneira pela qual Einstein criou sua teoria? O objetivo da próxima seção será responder a essa pergunta.

Devemos indicar que Einstein é um referencial interessante para a compreensão de como o pensamento científico cria não somente porque ele foi uma pessoa que elaborou uma teoria bastante abstrata sem o apelo direto à experimentação, mas, sobretudo, porque ele foi um cientista que elaborou muitas reflexões sobre sua atividade. Dentre elas, buscou compreender sistematicamente seu próprio ato criativo, fornecendo relatos muito interessantes que possibilitam pesquisas sobre sua estrutura de pensamento. É importante ainda ressaltar que Einstein tinha um bom conhecimento da filosofia e epistemologia de sua época, o que torna suas reflexões verdadeiros trabalhos filosóficos, mesmo que estas não constituam um sistema completo de conhecimento.

#### 5. Einstein e a sua formação

É interessante partirmos de uma breve apresentação da visão de Einstein sobre sua própria formação, pois nela encontramos a motivação de sua ‘Filosofia da Livre Criação’. Ele, ao relatar em sua autobiografia um dos

principais episódios de sua formação afirmar-se:

Quando eu era um jovem razoavelmente precoce, fiquei impressionado com a futilidade das esperanças e dos esforços que atormentam incansavelmente os homens durante toda a sua vida. Além disso, muito cedo percebi a crueldade dessa busca, que naquele tempo era mais cuidadosamente disfarçada pela hipocrisia e por palavras brilhantes. Todos estavam condenados a participar dessa busca pela mera existência dos seus próprios estômagos. O estômago talvez se saciasse com essa participação, mas não o homem, na medida em que é um ser pensante e dotado de sentimento. A primeira válvula de escape era a religião, implantada nas crianças pela máquina educadora tradicional. Assim – embora fosse filho de pais absolutamente não religiosos (judeus) – entreguei-me a uma religiosidade profunda, que terminou abruptamente quando tinha apenas doze anos. A leitura de livros científicos populares convenceu-me de que a maioria das histórias da Bíblia não podia ser real. *A consequência disso foi uma orgia positivamente fanática de livre-pensamento*, combinada com a impressão de que a juventude é decididamente enganada pelo Estado, com mentiras; foi uma descoberta esmagadora. Essa experiência fez com que passasse a desconfiar de todo tipo de autoridade (...). [19, p. 14-15]

Einstein apresenta uma clara crítica à religião. O fundamento de sua crítica não consiste na negação da metafísica religiosa, mas, sobretudo a maneira dogmática que esta era imposta aos indivíduos. A descoberta de outra forma de pensamento pelo autor vai levá-lo a considerar a necessidade de um livre pensamento. O ponto mais relevante é que da mesma forma que Einstein negava a religião como dogma, o autor terá claro que mesmo outras formas de pensamento podem se reduzir a formas dogmáticas. Além disso, devemos lembrar que o contexto político da época, a Alemanha do início do século XX, fez com que Einstein criasse um forte valor em relação à liberdade, não apenas a liberdade física, mas principalmente à liberdade de pensamento. Devido a essa concepção, Einstein será um grande crítico dos métodos de instrução que buscam “domesticar” o pensamento do indivíduo, impondo-lhe ideias estabelecidas. Para ele:

Não basta ensinar ao homem uma especialidade. Porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade (...) [e, assim] ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um

cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. [20, p. 29]

Assim, a educação para Einstein não tem a função de apenas ensinar conteúdos específicos de cada área do saber, teórico ou profissional, mas, sobretudo estimular o pensamento livre. Ao refletir sobre sua própria educação ele observa:

O problema era que, como estudantes, éramos obrigados a acumular essas noções em nossas mentes para os exames. Esse tipo de coerção tinha (para mim) um efeito frustrante. Depois de ter passado nos exames finais, passei um ano inteiro durante o qual qualquer consideração sobre problemas científicos me era extremamente desagradável. Porém, devo dizer que na Suíça essa coerção era bem mais branda do que em outros países, onde a verdadeira criação científica é completamente sufocada (...) Na verdade, é quase um milagre que os métodos modernos de instrução não tenham exterminado completamente a sagrada sede de saber, *pois essa planta frágil da curiosidade científica necessita, além de estímulo, especialmente de liberdade, sem ela, fenece e morre*. [19, p. 25-26]

Quando Einstein reflete sobre os motivos que leva alguém à pesquisa, seja o cientista profissional, seja o estudante, ele considerará que esta atividade não provém apenas da curiosidade de conhecer e formar uma imagem do próprio mundo, mas, além disso, consiste na vontade de evasão do cotidiano [20, p. 138], isto é, na possibilidade da construção de uma nova realidade. Aqui encontramos um elemento fundamental de reflexão. Se a ciência tem um papel na formação do sujeito, claramente para Einstein esse papel é o de levar a uma nova forma de concebermos o mundo material no qual vivemos. Essa nova concepção tem a função de ‘ir além das aparências’ e revelar aspectos do mundo que são desconhecidos.

## 6. Einstein e o pensamento filosófico

Einstein tem consciência dos debates entre os partidários das principais correntes filosóficas [20], e buscará deixar claro que suas concepções sobre o conhecimento diferem dos autores que o precederam, tanto os empiristas, quanto os racionalistas dos séculos XVII e XVIII. A principal diferença consiste nas possibilidades de fundamentarmos o pensamento em uma atividade mental livre. Ao considerar as posições de Hume e Kant e a oposição entre racionalismo e empirismo, ele declarará:

Penso, que é preciso ainda superar esta posição. Os conceitos que aparecem em

nosso pensamento e em nossas expressões linguísticas são – do ponto de vista lógico – puras criações do espírito e não podem provir indutivamente de experiências sensíveis. Isto não é tão simples de admitir porque unimos conceitos certos e ligações conceptuais (proposições) com as experiências sensíveis, tão profundamente habituados que perdemos a consciência do abismo lógico insuperável entre o mundo do sensível e do conceptual e hipotético. [20, p. 48]

Apesar de propor um livre pensamento, Einstein buscará deixar claro que suas ideias diferem do idealismo, pois ele não abandona uma postura realista [21]. Devemos ter muito cuidado em como interpretar a ideia de “Livre Criação” proposta por Einstein, pois ela adquire um significado muito específico quando a interpretamos dentro de sua filosofia. Como vimos anteriormente, o autor fundamentalmente se opõe a posturas dogmáticas em relação à religião, à ciência e, poderíamos incluir, à filosofia. É em relação a isso que o autor se posiciona para falar de livre criação. Para compreender sua posição em termos epistemológicos, devemos partir das considerações sobre como ele vê a própria natureza dos conceitos científicos elaborados pelo pensamento.

Einstein considera que a ciência é uma forma de pensamento que opera com as mesmas bases que o pensamento comum. No entanto, a ciência é um processo refinado deste pensar [22]. Os conceitos da ciência também são extraídos da nossa relação com o mundo sensível (experiências sensoriais) que precisam ser organizadas em nossa mente para tornar o mundo compreensível. No entanto, para Einstein, o pensamento para ser constituído, não basta que representações do mundo vindas destas experiências se detenham em nossa memória, mesmo que nestas exista alguma sequência que ligue sua recorrência. Ele define o ato de pensar como a construção de conceitos que são os elementos de organização do pensamento [19]. Essas construções não são apenas representações diretas do exterior, mas elementos que fazem dos dados da experiência um todo organizado.

O fato de a totalidade de nossas experiências sensoriais ser tal que é possível pô-las em ordem por meio do pensamento (operações com conceitos, a criação e uso de relações fundamentais definidas entre eles, e a coordenação das experiências sensoriais, com esse conceitos) é por si só assombroso (...). Podemos dizer que o “eterno mistério do mundo é sua compreensibilidade” (...)

Ao falar aqui de compreensibilidade, estamos usando o termo em seu sentido mais modesto. Ele implica: a produção de algum tipo de ordem entre impressões sensoriais, sendo essa ordem produzida pela criação de conceitos gerais, pelas relações entre esses conceitos e por relações entre os conceitos e as experiências sensoriais, relações estas que são determinadas de todas as maneiras possíveis. É nesse sentido que o mundo de nossas experiências sensoriais é compreensível. O fato dele ser compreensível é um milagre. [22, p. 56]

Ao criar os primeiros conceitos que estão proximalmente relacionados com o mundo sensível, o cientista já começa a trabalhar com categorias de objetos e não mais com a realidade percebida (Einstein chama estes conceitos de conceitos primários). Apesar de ter criado arbitrariamente conceitos, esta primeira elaboração ainda é insuficiente do ponto de vista lógico, pois são pouco relacionáveis racionalmente uns com os outros. Torna-se necessário a criação de conceitos mais abstratos, que Einstein designa de conceitos secundários. Estes últimos têm a vantagem de poderem ser mais bem relacionados através da lógica, mas que são categorias que têm seus significados mais distantes das representações da realidade. Os conceitos primários devem ser deduzidos logicamente dos conceitos secundários. O valor da relação lógica está em tornar a totalidade da experiência um todo compreensível. Para o cientista, a simplicidade lógica deve ser critério de cientificidade, pois nela se encontra a possibilidade de tornarmos o mundo inteligível a nós, pois quanto mais simples a lógica de relações, mais facilmente se poderá organizar um número grande de dados sensoriais. No entanto, a relação dos conceitos operados pela lógica com o mundo sensível não é simples. Einstein alerta para a impossibilidade de relacionarmos logicamente os conceitos fundamentais com o mundo experimental. Com isso ele elabora uma maneira própria de pensar a função da lógica na ciência, que se aproxima mais da racionalidade que apresentamos anteriormente. O próprio autor esclarece:

Um adepto das teorias da abstração ou indução poderia chamar nossas camadas de “graus de abstração”; não considero justificável, porém, esconder o quanto os conceitos são logicamente independentes das experiências sensoriais. [22, p. 58]

A relação entre conceitos e o mundo sensível é um aspecto importante no pensamento filosófico de Einstein. Sua concepção de não haver uma relação lógica entre estes elementos e a experiência significa que não

<sup>5</sup>A tentativa de estabelecer relações diretas entre conceitos teóricos e conceitos da experiência foi um dos ideais do positivismo lógico, doutrina filosófica importante no final do século XIX e na primeira metade do século XX.



podemos relacioná-los através de regras claras e objetivas.<sup>5</sup> Ele considerará que a relação entre o “mundo racional” e o “mundo sensorial” é feita através da intuição, mesmo que essa não possa ser considerada uma categoria objetiva ou “científica”.

A conexão dos conceitos básicos do pensamento comum com os complexos de experiências sensoriais só pode ser compreendida de modo intuitivo, não se prestando a uma determinação cientificamente lógica [22, p. 56]

Um dos elementos mais importantes da cientificidade se vinculará principalmente pela coerência lógica que os conceitos apresentam entre si quando operam internamente no pensamento. O estabelecimento de uma teoria se baseia no estabelecimento de uma lógica científica, que seria a busca de uma perfeição interna da teoria [19]. Einstein aponta que o estabelecimento dessas regras é mutável, contudo, são estas construções que tornam a ciência possível.

O essencial é o objetivo de representar a multiplicidade de conceitos e proposições próximos da experiência como teoremas, logicamente deduzidos e pertencentes a uma base, o mais estrita possível, de conceitos e relações fundamentais, que possam, eles próprios, ser livremente escolhidos (axiomas). Essa liberdade de escolha, porém, é de um tipo especial; não é nada similar à de um escritor de ficção. Assemelha-se, antes, à de um homem empenhado em resolver uma charada bem formulada. Ele pode, sem dúvida, propor qualquer palavra como solução; mas há apenas uma que resolve realmente a charada em todas as suas formas. É um efeito da fé que a natureza – tal como é perceptível a nossos cinco sentidos – assumo o caráter de uma charada igualmente bem construída. [22, p. 68]

A “resolução de charadas” vai ser fundamental para a concepção de imaginação de Einstein. Ele afirma que nosso pensamento é um jogo livre de conceitos, havendo uma distinção entre a atividade sensória das impressões e a produção dos conceitos. Segundo ele, o ato de “pensar” põe em jogo além das imagens resultantes das impressões dos sentidos, os conceitos. No entanto, a livre criação considerada por Einstein é de um tipo especial, pois o autor irá considerar que somente uma resposta serve como solução. Com isso, a imaginação adquire um aspecto objetivo, pois apesar do pensamento operar sem restrições cognitivas, ele é guiado a uma resposta que se torna a mais adequada para a apreensão de um fenômeno. Como afirma o filósofo Jacques Merleau-Ponty:

Mas para Einstein, o mundo é efetivamente concebível, as leis que o físico lhe atribui – ainda que os conceitos que elas implicam sejam criações livres – não são puras convenções. E foi aparentemente o sucesso da sua experiência de investigador que o levou a juntar à intuição a criação conceptual livre como elemento indispensável ao progresso do conhecimento. [23, p. 46]

Com isso, esta livre criação de conceitos passa a ter um significado especial quando Einstein considera que é somente através dela que nos orientamos na realidade. Assim, o realismo proclamado por Einstein é na verdade um abandono do realismo ingênuo, que busca uma correspondência entre construção simbólica e realidade, em prol de uma visão em que o conhecimento não é uma cópia da realidade, mas sim um caminho de acesso a ela.

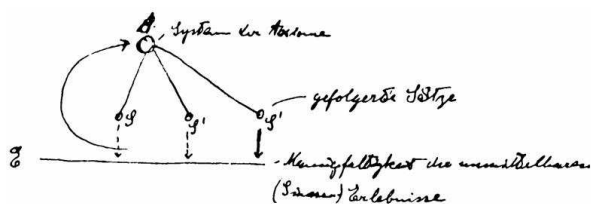
É isto que queremos dizer quando associamos uma “existência real” ao objeto corpóreo. A legitimidade desta associação repousa unicamente sobre o fato de que, com o auxílio de tais conceitos e das relações mentalmente estabelecidas entre eles, podemos nos orientar por entre o emaranhado de sensações. É por este motivo que estes conceitos e relações – embora livres definições do pensamento – parecem-nos mais firmes e imutáveis que a experiência sensível única, cujo caráter nunca poderemos com segurança deixar de atribuir à ilusão ou a alucinação. Por outro lado, conceitos e relações, em particular o estabelecimento de objetos reais ou mesmo de um “mundo real”, só são justificáveis na medida em que estão associados a experiências sensíveis entre as quais criam associações mentais [21, p. 9]

Com isso, o que garante a ontologia dos conceitos não é a correspondência direta com a realidade, mas o fato de as ideias elaboradas nos orientarem corretamente nela. Em uma analogia simples, poderíamos afirmar que os conceitos são como um “mapa mental”, que nos permite caminhar sobre uma realidade que permanecerá oculta e escura aos nossos olhos. O sucesso está em que apesar deste mapa ser algo bem diferente da realidade, as novas teorias sempre estabelecerem caminhos mais precisos e bem delimitados. Neste sentido, ele irá dar um papel especial à matemática, pois ela estrutura e direciona o acesso à realidade [21, 24], e quando a imaginação se submete às suas proposições, as organizações criadas por ela podem ser legitimadas como conhecimentos verdadeiros. Apesar de o conhecimento partir de nossas percepções sensoriais, nesta perspectiva a busca da fidelidade e, em alguma medida, da correspondência do saber epistêmico em relação à

realidade deixa de ser ponto de partida e passa a ser uma forma de acesso às partes do mundo que não são aparentes a nós.

Além de apresentar sua visão sobre a natureza do pensamento e a relação deste com a realidade, Einstein ainda buscará discutir como seu pensamento funciona durante seu processo de criação de novas ideias. Ao escrever uma carta a um amigo, Maurice Solovine, em 7 de maio de 1952, Einstein apresenta uma descrição sobre seu processo de criação científica, nos seguintes termos:

(...) Eu vejo as coisas, esquematicamente, da seguinte forma:



A: Sistemas de Axiomas.

S: Proposições Deduzidas.

E: Variedade das Experiências Imediatas.

As E (experiências imediatas) nos são dadas.

A são os axiomas, de onde nós tiramos as conclusões.

Psicologicamente os A se repousam sobre as E. Mas não existe nenhum caminho lógico conduzindo das E aos A, mas somente uma conexão intuitiva (psicológica), que é sempre “até a nova ordem”.

A partir dos A, são deduzidos por via lógica as afirmações particulares S, que podem pretender a ser exatas.

Os S são colocados em relação com as E (verificação pela experiência). Este procedimento, a ser visto de perto, pertence igualmente à esfera da extralógica (intuitiva), porque a relação entre as noções apresentadas em S e as experiências imediatas E não são de natureza lógica.

Mas essa relação entre os S e as E, é (pragmaticamente) muito menos incerta que a relação entre as A e as E. (Por exemplo, a noção cachorro e as experiências imediatas correspondentes.) Se uma tal correspondência não pudesse ser obtida com uma grande segurança (bem que ela não seja logicamente mantida), a maquinaria lógica seria sem nenhum valor para a “compreensão da realidade” (exemplo, a teologia).

A quinta-essência de tudo isso é a conexão eternamente problemática entre o mundo das ideias e aquele que pode ser experimentado (experiências imediatas dos sentidos).

O trabalho para o volume jubileu de de Broglie será traduzido em francês pelos colegas de lá. Mas o conteúdo será para as pessoas uma heresia da pior espécie. Eu só posso lhe enviar quando ele estiver impresso.

Nós estamos muito bem. Mas minha capacidade de trabalho já diminuiu sensivelmente. Mas isso também tem seu lado bom.

De todo coração A. E. [25, p. 43]

O passo mais importante, que devemos notar aqui, é o salto que há do plano da experiência sensível, para o plano das premissas. Essa é a criação subjetiva do ser, em que ele pode representar sinteticamente as ideias, isto é, o momento em que elas se tornam organizadas pelo pensamento, em que as experiências inicialmente desconexas são apreendidas conjuntamente formando uma totalidade única. Esta é uma visão imediata, a partir da qual se podem reconstituir logicamente as razões, mas que repousa sobre as experiências anteriores do pensamento.

(...) Se o senhor quer estudar em qualquer dos físicos teóricos os métodos que emprega, sugiro-lhe firmar-se neste princípio básico: não dê crédito algum ao que ele diz, mas julgue aquilo que produziu! Porque o criador tem esta característica: as produções de sua imaginação se impõem a ele, tão indispensáveis, tão naturais, que não pode considerá-las como imagem do espírito, mas as conhece como realidade evidentes. [20, p. 145]

Essa afirmação sobre a visão imediata no ato criativo deixa bastante claro que este pensamento opera, como afirmamos anteriormente, de forma sintética. Assim, uma forma analítica de pensar, que reduz um problema às partes que podem ser analisadas, parece-nos imprópria à descrição da criação.

Em uma carta direcionada ao psicólogo Jaques Hadamard, Einstein responderá sobre como opera seu pensamento, principalmente em seu ato de compreensão de algo novo.

As palavras e a linguagem, escritas e faladas, não parecem representar o menor papel no mecanismo de meu pensamento. As entidades psicológicas que servem de elemento ao pensamento são certos signos ou umas imagens mais ou menos claras, que podem “à vontade” ser reproduzidas e combinadas.

Existe naturalmente uma certa relação entre esses elementos e os conceitos lógicos em jogo. É igualmente claro que o desejo de chegar finalmente a esses conceitos logicamente ligados é a base emocional desse jogo muito vago sobre os elementos das quais eu falei. *Mas do ponto de vista psicológico, esse jogo combinatório parece ser uma característica essencial do pensamento produtor – haveria alguma passagem anterior à construção lógica em palavras ou outros gêneros de signos que nós não possamos comunicar a outro.*

Os elementos que eu venho de mencionar são, no meu caso, de tipo visual e, por vezes, motor. As palavras ou outros signos convencionais só vêm a ser procurados com dificuldade em um estado secundário, onde o jogo de associações em questão é suficientemente estabelecido e pode ser reproduzido à vontade.

Após isso que acabei de dizer, o jogo sobre os elementos mencionados visa ser análogo à certas conexões lógicas que nós procuramos [26, p. 82-83]

Nesta carta é interessante notar o papel atribuído ao pensamento não-conceitual como condição prévia à conceitualização, em que imagens ou signos mais gerais são a base do entendimento<sup>6</sup> que buscará, em um segundo momento, uma formulação lógica e estável ancorada na linguagem. Isto não apenas mostra que o pensamento tem níveis diferentes de representação, algo bastante aceito em diversas epistemologias, mas principalmente que esses diferentes campos representacionais se relacionam entre si nos momentos de produção de ideias novas. Aqui também é interessante notar o papel que Einstein dá à vontade emocional necessária ao processo de construção das ideias, vontade esta que consiste em obter um entendimento individual de uma realidade que se apresenta fragmentada. Assim temos que a busca da apreensão do real passa necessariamente por etapas bastante subjetivas, isto é, que envolvem a forma particular do sujeito se posicionar perante o mundo exterior.

Ainda nesta perspectiva, encontramos elementos sobre o pensamento de Einstein que nos indicam a diversidade das origens de suas imagens mentais. Para ele a construção do conhecimento não depende das questões puramente intelectuais, mas também dos pensamentos diários que devem ser organizados. Em uma carta à Michele Besso, datada em 15 de junho de 1950, ele irá considerar:

Quanto à minha afirmação que a distinção entre experiência sensível e alucinação é puramente hipotética (convencional) e que ela

pertence a uma categoria criada por nós, sem conteúdo lógico que lhe seja próprio, e baseada somente sobre a oportunidade, ela só é uma banalidade. Eu a mencionei para mostrar que a livre escolha dos elementos construtivos inteligíveis, colocados livremente e impossíveis de deduzir empiricamente, não começa na ciência propriamente dita, mas ela pertence à vida intelectual de todos os dias. [27, p. 449]

O valor que ele atribui às reflexões diárias o leva a considerar que a construção do conhecimento não depende somente das relações de conceitos formais da ciência, mas das percepções cotidianas que o indivíduo adquire por sua vivência. Isso é interessante porque demonstra, mais uma vez, que a base da criação na ciência pode depender de pensamentos que seriam considerados “comuns” e, portanto, desprovidos de caráter científico. No entanto, estes são as bases do que, em uma construção mais elaborada, passará a ser visto como um conteúdo científico.

Einstein apresenta uma visão bastante nova sobre a criação científica mesmo para os dias de hoje. O elemento mais importante de sua filosofia é o de conseguir conciliar as dimensões da racionalidade e da imaginação no trabalho de criação na ciência. Ao mesmo tempo em que fica evidente a importância da liberdade de pensamento e de sua dimensão subjetiva na construção do conhecimento (em que há a busca de uma compreensão individual e intuitiva do mundo), fica também evidente a importância dos valores lógico-racionais (em que há necessidade de conhecimento coerente que possa ser compartilhado com uma comunidade). Além disso, o objetivo da ciência como uma forma de apreensão do real não é abandonada. Mesmo admitindo que o pensamento abstrato não tenha uma correspondência direta com a realidade a ser compreendida, este não deixa de ser a maneira mais fiel que temos de lidar com ela. Isso ocorre à medida em que o pensamento é colocado à prova como guia de nossa relação com o mundo exterior. Com isso, o desenvolvimento do pensamento está aberto a etapas de diferentes naturezas, confrontando-se de diversas maneiras com a realidade.

## 7. Considerações finais

Neste trabalho se buscou abordar o tema da imaginação através do enfoque histórico-epistemológico e foi considerada a imaginação como função do pensamento que busca apreender o real. No entanto outras abordagens são possíveis, bem como o papel da imaginação em outras funções da atividade científica como, por exemplo, a elaboração de procedimentos experimentais. Com isso as considerações finais deste trabalho se limitarão a esse papel bastante específico dado à imaginação.

<sup>6</sup>Elementos que denominamos como imaginário na primeira seção deste artigo.

O estudo histórico que busca resgatar a reflexão que Einstein elabora sobre seu próprio pensar nos permite aprofundar a discussão epistemológica elaborada neste trabalho sobre o papel da imaginação no pensamento científico. Neste sentido retomaremos ambas as discussões para apontar algumas consequências decorrentes da perspectiva teórica adotada neste trabalho.

Einstein valoriza muito as impressões subjetivas, sobretudo as baseadas no pensamento ainda não conceitual. Esse elemento corresponde ao que denominamos imaginário, como campo simbólico no qual o pensamento opera. Este primeiro dado nos permite refletir sobre a maneira como concebemos determinadas formas de aprendizado. É muito comum que experiências realizadas no contexto didático busquem ser *demonstrações* de fenômenos. Por mais que estas tenham algum campo de validade na prática docente, vimos que a criação individual reside muito mais em uma apreensão subjetiva da realidade do que a busca de uma representação fiel da mesma. Neste sentido podemos considerar que estratégias que valorizem e explorem essa forma subjetiva de percepção possam ter algum papel prévio à busca de uma formalização conceitual de certas ideias. O que notamos é que o imaginário dos alunos é muito pouco explorado quando conduzimos nossas aulas em classes de ciências.

Um segundo ponto que gostaríamos de retomar são as considerações sobre a racionalidade e a lógica. Por mais que as operações formais tenham um papel inegável nas ciências, sobretudo na física e na matemática, parece-nos claro que a atividade criadora não se limita a elas. Einstein deixa muito claro o papel da intuição na resolução de problemas e isso se liga diretamente à intuição racional que definimos através da filosofia de Michel Paty. A partir disso podemos repensar as formas como conduzimos problemas físico-matemáticos em sala de aula. A limitação às operações formais não nos possibilita a compreensão da realidade à qual uma formulação se refere. Neste sentido práticas que valorizem a criação de regras, como determinados tipos de jogos matemáticos permitem, podem se configurar como boas estratégias de ensino.

## Referências

- [1] I. Gurgel *A Imaginação Científica como Componente do Entendimento: Subsídios para o Ensino de Física* (Instituto de Física, São Paulo, 2006).
- [2] H. Reichenbach *Experience and Prediction* (University of Chicago Press, Chicago, 1938).
- [3] M. Paty, *Estudos Avançados* **15**, 41 (2001).
- [4] L. Hegemberg, Nota do Tradutor, in: K. Popper, *A Lógica da Pesquisa Científica*. (Cultrix, São Paulo, 1974).
- [5] G. Holton, *A Cultura Científica e seus Inimigos* (Gradiva, Lisboa, 1998).
- [6] G. Holton, *A Imaginação Científica* (Zahar, Rio de Janeiro, 1979).
- [7] J.S. Mill, *Sistema de Lógica Dedutiva e Indutiva* Col. Pensadores (Abril Cultural, São Paulo, 1979).
- [8] G.G. Granger, *Discurso* **29**, 7 (1998).
- [9] G. Durand, *O Imaginário* (DIFEL, Rio de Janeiro, 2001).
- [10] G. Durand, *As Estruturas Antropológicas do Imaginário* (Editorial Presença, Lisboa, 1989).
- [11] F. Laplatine e L. Trindade, *O que é Imaginário* (Brasiliense, São Paulo, 2003).
- [12] E. Patlagean, in: *A História Nova*, org. J. Le Goff (Martins Fontes, São Paulo, 1993).
- [13] G. Bachelard, *A Filosofia do Não* Col. Pensadores (Abril Cultural, São Paulo, 1978).
- [14] G. Bachelard, *O Racionalismo Aplicado* (Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1977).
- [15] G.G. Granger, *A Razão* (Edições 70, Lisboa, 1985).
- [16] M. Paty, in: *Filosofia, Ciência e História*, org. M. Pietrocola e O. Freire Jr (Discurso Editorial, São Paulo, 2006).
- [17] M. Paty *Estudos Avançados* **19**, 54 (2005a).
- [18] M. Paty, *Einstein Philosophe* (PUF, Paris, 1993).
- [19] A. Einstein, *Notas Autobiográficas* (Editora nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1982).
- [20] A. Einstein, *Como Vejo o Mundo* (Editora nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1981).
- [21] A. Einstein, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **28**, 1 (2006).
- [22] A. Einstein, *Escritos da Maturidade* (Editora nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1994).
- [23] J. Merleau-Ponty, *Einstein* (Instituto Piaget, Lisboa, 1993).
- [24] A. Einstein, *Scientiae Studia* **3**, 4 (2005).
- [25] A. Einstein, *Lettres à Maurice Solovine* (Gauthier-Villars, Paris, 1956).
- [26] J. Hadamard, *Essai sur la Psychologie de l'Invention dans le Domaine Mathématique* (Gauthier-Villars, Paris, 1959).
- [27] A. Einstein e M. Besso, *Correspondance* (Hermann, Paris, 1972).