Ciência & Filosofia. n. 6, p. 199-25, 2000.

A FILOSOFIA DA CIÊNCIA DE LUDWIG BOLTZMANN: ATOMISMO, MECÂNICA CLÁSSICA, DARWINISMO E PLURALISMO TEÓRICO

ANTONIO AUGUSTO PASSOS VIDEIRA*

1. INTRODUÇÃO

Os historiadores da filosofia e da ciência estão, quase que unanimemente, de acordo com a tese de que, após o surgimento da ciência moderna entre os séculos 16 e 17, as relações entre a filosofia e a ciência sofreram significativas e importantes transformações, levando mesmo, como afirma Paty, ao início da separação, a partir de Descartes e Leibniz, entre as atividades filosóficas e científicas (cf. Paty 14). Embora ainda no século 18 essa separação não estivesse inteiramente completada, pode-se afirmar que, já no início do século passado, com os trabalhos dos idealistas alemães, a ruptura se encontrava plenamente concretizada. Apesar dessa clivagem – que veio implicar que as duas comunidades deixassem de considerar-se como pertencendo ao mesmo corpo intelectual – se não os filósofos, dadas as dificuldades sempre crescentes de dominarem o discurso científico, vários cientistas esforçaram-se, ainda no século 18 e durante todo o século 19, em reaproximar ambos esses domínios do conhecimento. O fato de,

---

* Prof. do Departamento de Filosofia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

A física newtoniana, ou clássica, tendo a mecânica como fundamento a priori, estava convencida, ao menos, no caso de alguns dos epígonos diretos de Newton, de poder desvelar a essência das coisas a partir do eixo da razão e da experiência. O valor ontológico das teorias físicas – capacidade de dizer o que é o real – não era colocada em questão pela física clássica. Os mais ardentes defensores da teoria gravitacional newtoniana ao longo do século 18 acreditavam que as entidades teóricas presentes nesta teoria realmente existiam. Não havia distinção entre o mundo das teorias científicas e a natureza física. Por exemplo, fazendo analogias com os fenômenos elétricos, os filósofos da natureza (os físicos do Século das Luzes) acreditavam que existiam fluidos elétricos na natureza. Isso porque, por essa época, uma parte da ciência física, à exceção da mecânica, estava fundamentada sobre princípios substancialistas. Sendo breve, pode-se afirmar que até os primeiros anos do século 19, a física dividia-se em dois grandes grupos de cientistas: o primeiro grupo defenderia a idéia de que a ciência natural pode determinar, conhecendo-as, as essências da natureza; o segundo negarva a existência dessa possibilidade. Para esse segundo grupo, mesmo existindo a necessidade, maior ou menor, dependendo do caso em consideração, de se recorrer a modelos mecânicos, muitas vezes extremamente detalhados, sobre o modo de funcionamento da natureza, é falso supor que os constituintes desses modelos verdadeiramente existem na natureza.

Entretanto, a partir da extensão dos princípios, físicos e matemáticos, pertencentes à mecânica a outros ramos da física, como a acústica ou aos domínios dos fenômenos do calor e da luz, essa ciência passou a sofrer importantes transformações científico-epistemológicas. Desde o início do século 19, a física tomou uma nova orientação manifestamente fenomenológica. Assim, durante todo esse século, e tendo por causa essa transformação mencionada acima, a física não mais se questionava acerca da natureza ontológica ou essência, de seu objeto, mas, sim, acerca dos conceitos mais apropriados para alcançar a sua tarefa de compreender a natureza. Ao fazer isso, a física não mais se interessava pela ontologia (ela não mais procura saber aquilo que está "para além" do fenômeno), mas apenas por questões epistemológicas, nomeadamente de tom kantiano, e metodológicas. Estas últimas incluem a indagação acerca da validade e do sentido de vários objetivos da antiga física.

física de então, poderia reintroduzir a noção de substância, pedra angular dos "velhos e ultrapassados" sistemas metafísicos que tinham que ser enterrados e esquecidos, como um dos pilares dessa mesma ciência. Para Mach, o caminho mais seguro para a física é o da observação (cf. Cassirer 5, p. 100).

Um outro físico que propôs, independentemente de Mach, um objetivo semelhante foi Gustav Kirchhoff (1824-1887), persistindo, todavia, algumas diferenças entre eles. Enquanto Mach empregou as suas pesquisas em psicofísica para chegar aos almejados resultados no plano epistemológico, Kirchkoff, o co-descobridor da análise espectral, partiu de considerações internas à mecânica para afirmar que a física deveria abandonar as suas tentativas de explicar os fenômenos naturais, devendo ter como objetivo apenas descrevê-los (cf. Kirchhoff 10). Contudo, essa nova concepção epistemológica não surge do nada, sendo fruto de um movimento que tem as suas raízes no início do século passado e no seio da ciência francesa, que era, então, predominante no cenário europeu. Esse movimento, no início subterrâneo, e a partir do tempo de Mach e Kirchhoff, explícito e agressivo, torna possível que, cem anos após a entronização do mecanicismo por d'Alembert, Kirchhoff declare que não mais existe hierarquia nem, portanto, sentido privilegiado na ordem dos fenômenos estudados pela ciência. A conseqüência dessa afirmação já nos é conhecida: a física não mais pode tentar determinar as essências das coisas, devendo permanecer no nível da descrição e da classificação. Assim, a força nada mais é do que um caso particular de função; como conseqüência, a força nada mais faz do que relacionar dois conjuntos de fatos em termos de antecedentes e conseqüentes.

Caso nos recordemos do lugar de relevância dado por Helmholtz e Wundt a esse princípio, podemos compreender que a mecânica, na perspectiva condicionada pela fenomenologia, não podia permanecer como estava. A análise machiana da física reforçará a necessidade de se reformular a física e, particularmente, a mecânica. Mach questionava a relação, até então tida como inquestionável, entre a física e a mecânica. Para ele, as cores, os sons, os instantes de tempo etc. eram os únicos e verdadeiros elementos da ciência física. Ele observa que, se isso for correto, será preciso estabelecer uma distinção entre a exigência de uma causalidade necessária à compreensão da natureza e o postulado de um fundamento

sobrevivência de suas teorias preferidas, garantindo, no entanto, um lugar para outras teorias.

A capacidade de uma teoria científica de prever novos fenômenos não a torna capaz de pressentir o seu próprio futuro nem, conseqüentemente, o da ciência. Por outro lado, uma teoria que já deu bons resultados não deve ser abandonada. Reconhecer os limites científicos de uma teoria não quer dizer que ela se encontra excluída do domínio da ciência. Provavelmente, foi tendo como causa a incapacidade de prever o futuro de uma teoria que levou Boltzmann a tentar melhor compreender o processo de desenvolvimento da ciência. Apoiando-se em sua interpretação do darwinismo, ele chega a algumas conclusões bastante pertinentes e que vão lhe dar uma confiança suplementar no caminho que se havia proposto percorrer. Toda teoria deve possuir a oportunidade de permanecer no domínio científico mesmo tendo a necessidade de se submeter a restrições, ou limitações em seu domínio de validade, passando simplesmente o seu domínio de aplicação a ser mais restrito do que anteriormente. Além disso, nenhuma teoria tem direito de se considerar como a mais capaz de dizer o que é a realidade ou real. Uma teoria científica, como Boltzmann sempre afirmou, não possui nenhum valor ontológico; ela não pode ascender ao nível das essências, ultrapassando o plano determinado pelos fenômenos. O valor de verdade de uma teoria não é determinado em função da capacidade de especificar aquilo que está por detrás do nível fenomênico. Uma teoria é "verdadeira" se, por meio das suas implicações (previsões, por exemplo), ela conduz a resultados que correspondem à experiência. Como será visto no próximo item, para Boltzmann, uma teoria científica nada mais é do que uma representação da natureza.

4. A teoria científica como representação

Ao afirmar que uma teoria científica é uma representação, Boltzmann coloca-se em uma perspectiva diferente daquela de Mach e de Ostwald. Apesar das diferenças epistemológicas existentes entre ambos, Mach e Ostwald procuraram introduzir nas ciências naturais fundamentalmente a mesma concepção fenomenológica. Para eles, as teorias físicas têm como

objetivo descrever aquilo que é percebido pelos órgãos sensoriais humanos, organizando aquilo que é "colhido" por esses em um todo coerente e econômico. Nesse trabalho de organização, a faculdade intelectual humana é meramente passiva. Tudo aquilo que é importante para uma boa realização da tarefa científica já está dado pela observação. A posição da Boltzmann era completamente diferente. Mesmo não acreditando que as leis do pensamento, as responsáveis pelo trabalho de elaboração das teorias científicas, fossem imutáveis (Videira 17), ele considerava que a razão humana é a fonte e um dos "lugares" de origem dessas teorias[1], dessas representações. Em um outro contexto, no qual não existe referência direta a Boltzmann, Paty se aproxima bastante daquilo que o físico austríaco tomava por representação:

> *Representar* não é uma função passiva do entendimento, e nós, aliás, veremos que as representações físicas, por exemplo, são verdadeiras *construções* dinâmicas, as quais visam explicitar relações na estrutura profunda do real, relações manifestadas pelos laços racionais entre proposições e pela capacidade correlativa de predição. Essa representação se pretende 'compreensão da realidade' e verdadeira explicação (Paty 15, p. 15).

Compreendida dessa maneira, uma representação é elaborada a partir de conceitos que são, eles também, produtos daquela mesma atividade criadora. Não se deve esquecer que as leis da física se referem a casos ideais e não àquilo que é diretamente observado. Isso é uma outra maneira de dizer que a física não pretende decifrar o que é o real enquanto categoria ontológica, mas apenas compreender essa mesma realidade. Esta é, portanto, distinta de um conceito científico, tal como, por exemplo, o átomo. Este último existe na medida em que possui um valor explicativo, já que ele é produto de uma certa teorização científica, seja ela matemática

---

[1] A outra experiência, não somente a atual, é a experiência história, aquela concretizada no processo evolutivo humano.

> deduzir], a partir de uma equação energética, as equações de movimento ainda que para uma partícula material, isso para não falar daquelas equações pertencentes a um sistema com um número arbitrário de graus de liberdade (citado em Brush 4, p. 196-7).

As palavras de Sommerfeld fazem-nos perceber aquilo que estava em jogo na defesa boltzmaniana do atomismo. Em um primeiro momento, aquilo que o físico considera como tendo possibilidade de ser real surge como uma dedução estabelecida a partir da malha de princípios físicos e de equações matemáticas constituintes de sua teoria. A confrontação com a experiência, responsável pela validação do conceito físico, vem em seguida. Assim, tem-se como evidente que a teoria é uma coisa e que a realidade é uma outra. As relações entre teoria e realidade se constituem, não apenas porque existe uma correspondência de ordem experimental, mas porque a representação, que decorre daquela mesma malha e antes da comparação, possui um conteúdo suscetível de ser objetivado e, portanto, de corresponder ao real. É justamente essa característica da representação a responsável pela diferença entre a posição de Boltzmann e aquela defendida pelos fenomenólogos. Todavia, existe um ponto comum esposado por essas duas concepções epistemológicas; as representações, ou teorias, não mais procuram dizer o que é o real. Persistindo, no entanto, entre eles uma diferença muito importante: a representação não possui a mesma função.

Para Mach, a teoria terá realizado sua tarefa caso tenha conseguido descrever aquilo que é dado pela observação, sem que haja necessidade de introduzir elementos fictícios ou hipotéticos. A primazia é concedida aos fatos empíricos e a teoria lhes é submetida, o que faz com que um elemento teórico nada mais seja do que uma cópia da experiência. Mas se cada elemento de uma teoria corresponde a um fato, ou mesmo a um conjunto de fatos, a teoria também pode ser considerada como verdadeira, caso todos os seus elementos sejam capazes de vincularem-se à experiência. Contudo, sendo assim, uma teoria, tal como a teoria da gravitação de Newton, teria que, então, ser revisada em sua totalidade. Nenhuma experiência se comporta como a lei da gravidade prescreve. De mais a mais, o conceito de força central no modelo newtoniano não possui nenhum correspondente no real. Caso nos lembremos dos sucessos obtidos pela teoria newtoniana,

científica é composta de dois níveis distintos e separados. A primeira parte é formal e não possui relação com a experiência. Apesar disso, no segundo livro, quando surge o momento apropriado para se fazer essa junção, de *"Os princípios da mecânica"*, Hertz relaciona a parte formal de sua teoria sobre a mecânica com a experiência. Embora as conseqüências epistemológicas dessa distinção sejam muitas, nós aqui consideraremos apenas a que diz respeito à atividade da razão. Para Hertz, esta última possui um campo de ação muito mais largo e amplo do que para Mach, não sendo os seus movimentos limitados pela experiência. Os conceitos fundamentais da física – os "frutos" da razão – são modelos para a experiência, seja a atual, seja a virtual. A certeza desses conceitos fundamentais não é fixada no momento de sua criação, podendo variar dentro de certos limites.

5. O PLURALISMO TEÓRICO

Toda e qualquer apresentação sobre a epistemologia de Boltzmann fica incompleta caso se deixe de mencionar o seu tema principal, comumente denominado *pluralismo teórico*. Para ele, não existe qualquer método científico (ou teoria) que seja intrinsecamente melhor que qualquer outro; nenhum método (ou teoria), sob risco de transformar-se em dogma, pode pretender excluir do domínio científico outros métodos (ou teorias) científicos possíveis.

Uma teoria que se torna um dogma deve ser considerada como constituindo um perigo para a ciência, pois nesse caso passa a ser considerada como a única verdade existente, não dando possibilidade para que outras teorias possam surgir e ajudar os cientistas em seu trabalho de compreensão da natureza. Como conseqüência dessa situação, ocorre que o progresso da ciência, talvez a sua principal característica, passa a estar ameaçado. Com efeito, Boltzmann considerava que o progresso da ciência seria possível caso existissem várias teorias que permitissem à comunidade científica escolher aquela que seria a mais capaz de representar os fenômenos. É necessário que exista uma competição entre os diferentes métodos, ou teorias; competição que se assemelha àquela existente nos mundos animal e

vegetal, tal como apresentado por Darwin em sua teoria da evolução. Em outras palavras, o progresso científico se realiza graças ao concurso, ou coexistência, de várias teorias que asseguram aos cientistas a possibilidade de construir representações, quem sabe, mais adequadas que as antigas. Em suma, o progresso científico torna-se possível em decorrência do pluralismo teórico.

Mesmo sendo realista naquilo que concerne a existência do mundo exterior, a negação dessa existência conduziria aqueles que defendiam uma tal idéia a um solipsismo sem saída (cf. Boltzmann 2, p. 168-73). Boltzmann não aceita uma das conseqüências possíveis da posição realista, a saber: as teorias científicas estariam em condições de determinar quais são os componentes últimos da natureza. Com isso, ele quer dizer que, e como já tivemos oportunidade de observar anteriormente, as teorias científicas não possuem valor ontológico. Boltzmann substitui o conceito de "adequação" pelo conceito de verdade enquanto critério para julgar o valor, ou o alcance, científico das teorias. A verdade não poderia ser o critério último, pois ela pressupõe uma capacidade da teoria científica de determinar a realidade em si. A adequação significa simplesmente que uma teoria A é mais adequada que uma outra teoria B, já que ela torna mais inteligíveis certos fenômenos que escapam à segunda teoria. O critério de adequação permite, assim, afirmar que qualquer teoria científica é uma representação ou imagem. Para Boltzmann, toda teoria é uma pura imagem interna, ou mental, tendo como objetivo a construção de imagens internas do mundo exterior. Essas imagens existem no homem, servindo-lhe de guia em seu trabalho de reflexão. A atividade de construção das imagens internas, da mesma forma que o trabalho de aperfeiçoamento de seus graus de adequação ao mundo exterior, é instintivo no homem *(ibidem),* ou seja, a construção de imagens não é um privilégio pertencente apenas aos cientistas. Desde o seu aparecimento na Terra os homens fizeram e fazem uso dessa capacidade para tentar controlar o ambiente à sua volta. A fim de poder sobreviver, eles precisaram agir e intervir sobre esse mesmo meio ambiente. Todas as representações, inclusive aquelas nomeadas teorias, tinham e têm um lado prático que possibilita ao homem tirar melhor proveito da natureza.

Segundo Boltzmann, as leis do pensamento são as responsáveis pelas representações e têm como origem o cérebro *(id., ibid.,* p. 179). Na teoria darwiniana à qual Boltzmann adere, o processo de evolução bioló-

gica não possui fim nem um objetivo determinado *a priori*. Todas as espécies animais e vegetais podem sofrer modificações em suas estruturas biológicas, inclusive o cérebro humano. Assim, é errôneo pensar que essas leis são as "fiadoras" da infalibilidade do conhecimento humano. Não somente esse conhecimento pode ser modificado, corrigido e refutado, mas mesmo as leis que tornam possível esse conhecimento podem igualmente sê-lo. No caso específico da ciência, essa ausência de infalibilidade significa que a sua evolução não possui um ponto final e que ela não é um meio para conquistar verdades. A ciência se desenvolve. Tal como na evolução biológica, é impossível conhecer o resultado último do processo evolutivo, o final do desenvolvimento científico permanece igualmente em aberto.

A história do processo evolutivo sofrido pela humanidade deverá ensinar, aos que se dedicam à ciência, a prudência necessária para evitar perigosas e dogmáticas generalizações científicas e epistemológicas que podem conduzir à exclusão de certas teses que poderão vir a ser aceitas no futuro:

> Com efeito, já que a história da ciência mostra como as generalizações epistemológicas tornaram-se freqüentemente falsas, não será possível que a repugnância moderna pelas representações detalhadas, como pela distinção entre formas qualitativamente diferentes de energia, seja um retrocesso? Quem prevê o futuro? Deixais-nos lugar para todas as linhas de pesquisa; acabemos com todo o dogmatismo, seja ele atomista ou anti-atomista! Ao apresentar a teoria dos gases como uma *analogia* mecânica, nós já indicamos, através da escolha dessa palavra, como estamos longe do ponto de vista que encararia na matéria visível as verdadeiras propriedades das pequeníssimas partículas do corpo (Boltzmann 3, p. 26).

6. A física teórica entre a metafísica e o empirismo

A impossibilidade de prever o futuro de uma teoria científica e a falta de certeza quanto à natureza exata das leis do pensamento, presentes nestas palavras de Boltzmann, remete-nos de volta à mais cara dentre todas as suas teses epistemológicas, o seu pluralismo teórico. Esta idéia é reforçada pelo fato de toda teoria científica ser uma representação, não tendo meios, portanto, para ascender ao nível do real, o que não quer dizer que, para Boltzmann, representar significa o mesmo que descrever, para Mach. Este último considerava que o ideal a ser seguido por toda teoria científica é descrever completamente os fatos, ainda que de maneira assintótica, já que as teorias não têm como atingir completamente o seu objetivo; elas aproximam-se dele pouco a pouco, embora sem realizá-lo totalmente:

> Esse ideal é o inventário completo e claro dos fatos de um domínio, o qual deve ser ordenado de maneira econômica, simples e utilizável, e tão visível na disposição, que, caso seja possível, esse inventário possa ser mantido em mente sem qualquer outro meio auxiliar (Mach 11, p. 461).

Mach evitava ao máximo, chegando mesmo a desaconselhar veementemente, o uso de elementos considerados como artificiais, especulativos e estranhos ao domínio de fatos que se queria descrever. Contudo, havia uma situação na qual esse uso era permitido: aquele de uma teoria científica ainda inacabada. O emprego de elementos arbitrários significava necessariamente que a teoria em questão não havia ainda sido capaz de inventariar, de forma completa, a totalidade dos fatos pertencentes ao seu domínio. A presença de elementos oriundos das reflexões feitas pelos cientistas queria dizer que ainda havia o que ser aperfeiçoado na teoria.

A posição de Boltzmann, no que concerne ao emprego de elementos arbitrários ou hipóteses, era completamente diferente da defendida pelo seu antecessor na Faculdade de Filosofia da Universidade de Viena. Ele acreditava ser completamente impossível aos cientistas não introduzir na experiência elementos que eles mesmo haviam elaborado, já que, e como

> Disso [do fato de que a teoria está em relação com a natureza, da mesma maneira que o signo com o significado] segue-se que o nosso objetivo não pode ser de encontrar uma teoria absolutamente correta mas, sim, de encontrar uma imagem, a mais simples possível, que seja capaz de representar o fenômeno. Pode-se mesmo pensar que existam duas teorias científicas diferentes e que, todas as duas, igualmente estejam de acordo com os fenômenos. Apesar de serem totalmente diferentes, são ambas igualmente corretas. A afirmação – existe uma única teoria correta – somente pode ser a expressão de nossa crença subjetiva acerca [do fato] que não pode existir mais do que uma imagem capaz de estar de acordo com os fenômenos.

Para Pierre Duhem (1861-1916), explicar quer dizer "despojar a *realidade* das *aparências* que a envolvem em véus, a fim de ver essa realidade nua e face a face" (Duhem 8, p. 3-4). Assim, explicar não é outra coisa do que determinar a essência constitutiva da realidade, daí advindo uma explicação possuir valor ontológico. Para que se possa determinar aquilo que constitui a realidade das aparências, a observação não é suficiente já que:

> A observação dos fenômenos físicos não nos coloca em relação com a realidade que se esconde sob as aparências sensíveis, mas com essas mesmas aparências sensíveis, tomadas em uma forma particular e concreta *(id., ibid.,* p. 4).

Caso a ciência – no nosso caso – a física, queira ver face a face a realidade das aparências, é preciso que ela responda às seguintes questões: "Existe uma realidade material distinta das aparências sensíveis?" e "Qual é a natureza dessa realidade?" *(id., ibid.,* p. 7). Mas já que as respostas a essas questões não são obtidas mediante o método experimental *(idem* 7), o qual não conhece outra dimensão do que a das aparências sensíveis, a solução dessas questões transcende os métodos de observação empregados pela física; ela é objeto da metafísica *(idem* 8, p. 7-8). Contudo, e ainda segundo Duhem, uma tal conclusão é falsa porque os objetos de discurso da física e da metafísica nada possuem em comum. A primeira refere-se à

realidade apreendidas pelos sentidos e ela o faz utilizando símbolos matemáticos que não possuem relações com a experiência objetiva. Por outro lado, as doutrinas metafísicas são compostas de juízos acerca dessa mesma realidade objetiva.

A partir daquilo que foi dito acima, é possível compreender a definição de física teórica de Duhem como sendo uma construção simbólica elaborada para resumir, em um pequeno número de definições e princípios, o conjunto de leis experimentais. Boltzmann não pensa ser necessário interditar o emprego do conceito de explicação, o que o coloca em uma posição diferente da de Duhem. Segundo ele, basta que se o redefina, mesmo sabendo-se que o seu correspondente físico não significa que os físicos, enquanto manipuladores de teorias e de experiências, possam observar a realidade nua. Assim, explicar, em física, significa que a representação da experiência exige a elaboração de modelos, baseados em hipóteses, que sejam capazes de sugerir qual é o papel de um objeto físico em uma teoria. Em outras palavras, o esforço do físico teórico é o de compreender, qualitativa e quantitativamente, os fenômenos já conhecidos ou que venham a ser, sem que alguém se veja obrigado a conhecer a essência da realidade.

Mas, para que o conceito de explicação de Boltzmann se torne perfeitamente claro, é preciso que se compreenda aquilo que ele nomeava por "realidade das entidades físicas" Boltzmann reconhece que, uma vez que a teoria conquistou o mundo, o que significa que se encontra imerso no mundo das teorias, existe sempre o perigo de tomar as imagens pela realidade. A única maneira de escapar disso é submetendo, de novo e o mais cedo possível, as imagens ao teste experimental. A realidade das representações físicas (leis e teorias) não é de natureza sensorial; elas são construções, portanto, elas são abstrações.

Um dos principais objetivos da ciência é prever novos fenômenos. Essa previsão se dá empregando-se teorias científicas, as quais, em última instância são, como já tivemos ocasião de observar, produto da capacidade intelectual dos homens. Prever significa ver antes. Mais precisamente: prever significa antecipar, ser capaz de saber que alguma coisa vai acontecer antes mesmo de sua efetiva realização. No caso específico da ciência, prever é o mesmo que ver mediante as teorias e leis que compõem o conhecimento científico. Assim, são as teorias científicas que capacitaram os

cientistas a prever. Mas por que possuem elas essa capacidade? Em outros termos, o que é uma teoria científica?

Segundo Boltzmann, uma teoria científica é uma representação que *existe* no cérebro do cientista, elaborada com o intuito de dar conta, não somente daquilo que ele observa com os seus instrumentos científicos, mas também daquilo que ele prevê como novos fenômenos, ou seja, fenômenos que ainda não foram observados, seja em laboratório, seja no meio ambiente.

Algumas vezes, aquilo que já se encontra integrado à física não é suficiente para tornar possível a elaboração de uma representação da natureza. Quando isso se dá, é preciso que o cientista seja criativo, mostrando-se capaz de inventar novos "utensílios" (leis, conceitos, modelos, instrumentos e dispositivos de medida, teorias etc.). Freqüentemente, uma das maneiras mais comuns de empregar a criatividade científica aparece no momento da elaboração de uma hipótese. Pode-se definir uma hipótese como sendo uma afirmação ainda não demonstrada ou comprovada: seu valor de verdade permanece em suspenso.

Opondo-se a Mach, Boltzmann observa que as leis da física referem-se a casos ideais. Um caso ideal não é outra coisa que um sistema despido de tudo aquilo que não é pertinente à descrição e à explicação do fenômeno em questão. Existe, portanto, entre o caso ideal e o caso atual diferenças qualitativas significativas. Mas como se faz, segundo Boltzmann, para se passar do caso atual ao caso ideal? Os parâmetros físicos que permanecem após o trabalho de "limpeza" foram selecionados em função de uma escolha prévia feita pelo cientista. Este último pretende estudar algumas características de um fenômeno e, para isso, ele deve previamente determinar quais são os parâmetros que desempenham um papel importante nesse mesmo fenômeno. O cientista só pode fazer essa escolha caso lance mão de hipóteses, permitindo determinar se um certo parâmetro é insignificante no caso abordado. A ciência moderna tornou-se possível – mesmo o emprego da matemática encontra aí uma das suas razões de ser – porque os cientistas se deram conta muito cedo que seria necessário recorrer a hipóteses.

Mesmo a predição (isto é, a antecipação dos fenômenos) torna-se possível só com o emprego de hipóteses, pois a predição nada mais é do que uma representação a confirmar. As predições científicas são muito

> **Enquanto especialmente os partidários posteriores da velha física clássica pretendiam reconhecer, por meio dela, a verdade das coisas, Maxwell, quiçá menos que os criadores daquela, quis conceber a sua teoria como sendo apenas uma imagem da natureza ou, conforme ele dizia, como uma analogia mecânica, a qual permitia condensar, no momento considerado e da maneira mais uniforme possível, a totalidade dos fenômenos.**

A afirmação da tese de que as teorias científicas não passam de imagens não esgota, segundo Boltzmann, o conteúdo epistemológico das idéias do criador da teoria do eletromagnetismo. Boltzmann exprime ainda duas outras idéias, as quais juntamente com aquela que acabamos de assinalar, são muito importantes, pois elas lhe dão os meios necessários para que ele possa estabelecer os eixos do seu próprio pensamento epistemológico, a saber: o pluralismo teórico e a fecundidade de uma teoria (a capacidade que uma teoria possui de sugerir novas descobertas experimentais e/ou teóricas). Boltzmann não deixa dúvidas de que essas idéias já tenham sido explicitadas pelo próprio Maxwell.

Contudo, mesmo existindo semelhança e concordância entre as teses epistemológicas desses dois físicos, é preciso observar que os contextos, nos quais elas foram apresentadas e discutidas, eram completamente distintos. Maxwell elabora as suas idéias com a intenção de encontrar teorias capazes de explicar os fenômenos eletromagnéticos; contrariamente, aquilo que move Boltzmann é o seu desejo de *salvar* a ciência de um espírito dogmático que poderia ser fatal à atividade científica.

8. Conclusão

Boltzmann permaneceu sempre fiel às suas idéias sobre o atomismo, sobre a mecânica clássica e sobre a relevância epistemológica do darwinismo. Contudo, ele o foi de uma maneira que o particulariza com relação a outros cientistas, seus contemporâneos, que tomaram parte nos mesmos debates que ele. Durante as discussões em que defendia as suas idéias,

sempre que uma oportunidade se lhe apresentava, Boltzmann acentuava a sua vontade de não excluir as concepções que eram suas rivais. Isso o conduziu a defender as suas idéias de uma maneira tal que, uma vez que elas fossem assinaladas, elas não pudessem ser compreendidas como verdades últimas, capazes de negar a validade de outras concepções científicas e epistemológicas. De acordo com ele, o critério de verdade não pode ser aplicado nem ao conteúdo da ciência, nem às reflexões acerca da natureza epistemológica desta última. Para julgar o valor científico de uma teoria, deve-se aplicar o critério de adequação e, para julgar a sua importância epistemológica, não havia outro critério do que aquele condicionado pelo gosto pessoal do cientista. Tal como nós o interpretamos, Boltzmann pensava que esse critério de adequação era capaz de reforçar a tese do pluralismo teórico. Nós já observamos que a possibilidade de se recorrer a diferentes teorias constitui a condição mais importante para assegurar o desenvolvimento da ciência. É a disputa pela escolha do cientista que, em última instância, faz com que a ciência progrida.

Sendo assim, cremos ser compreensível que Boltzmann tenha, ele mesmo, se definido como um reacionário e um ultrapassado, mas permanecendo, ao mesmo tempo suficientemente lúcido para não se tornar cego aos pontos positivos das novidades epistemológicas decorrentes de outras concepções científicas. Na defesa de suas próprias concepções científicas e epistemológicas, Boltzmann, além do seu receio de uma dogmatização do cenário científico, guiou-se, pela idéia de expor, o mais clara e logicamente possível, os resultados das teorias científicas então existentes, tarefa que ele considerava, ao lado da construção de teorias, como sendo uma das mais importantes de sua vida.