

## **Kirchhoff e o ideal de descrição pura na mecânica<sup>1</sup>**

Antonio A. P. Videira

Departamento de Filosofia – IFCH

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Rua São Francisco Xavier, 524, sala 9027B, Maracanã, CEP: 20550-013

Rio de Janeiro (RJ)

Email: guto@cbpf.br

Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) inicia o seu livro didático sobre mecânica, resultado das aulas dadas nas Universidade de Heidelberg e Berlim, com uma definição sobre o que considera ser este ramo da física. Antes de a apresentarmos, é importante observar que o ramo mais antigo da física e considerado muito bem sucedido ainda não possuía uma definição que fosse consensual. Debates e polêmicas sobre o seu verdadeiro objetivo a acompanhavam desde o seu surgimento, em fins do século XVI. No início da constituição da mecânica como ramo da filosofia natural, o problema, considerado como sendo o mais grave, era aquele relacionado ao conceito de força, uma vez que o programa newtoniano fazia uso de uma noção de força a distância que não podia ser integrada ao mecanicismo, em particular o cartesiano, posto que este último defendia que todas forças, ou ações, deveriam ocorrer por contato ou choque. Durante

---

<sup>1</sup> ) Esta pesquisa contou com o apoio financeiro de uma bolsa de produtividade (nível 2) do CNPq. Parte dela foi realizada nos Archives Henri Poincaré do CNRS e Universidade de Nancy 2 (França). Agradeço as essas instituições o apoio recebido.

muito tempo, questionou-se a viabilidade da noção newtoniana de força. Já no século XVIII, outro tópico importante dizia respeito à necessidade das leis deste ramo, agora já existindo por sim próprio: as leis da mecânica seriam necessárias ou contingentes? Com a formulação de uma abordagem, que se pretendia puramente analítica, proposta por Lagrange em 1781 na sua obra *Mécanique Analytique*, a mecânica atingiu um grau de sofisticação matemática considerável, sem que, no entanto, tivesse resolvido os problemas anteriormente mencionados. Dúvidas ainda persistiam a respeito da existência, real ou fictícia, das forças quando o século XIX começou. No entanto, uma diferença importante se impunha. Com o surgimento da mecânica analítica, foi possível a um certo número de matemáticos e físicos acatar a proposta de estudar os diferentes tipos de movimento por meio das equações diferenciais sem que fosse necessário formular hipóteses acerca dos componentes materiais dos corpos que se moviam ou mesmo ter respostas para todas as questões filosóficas e metafísicas até então dirigidas à mecânica. A investigação em mecânica se dividiu em duas grandes linhas: uma delas, a analítica, também chamada de racional, privilegiava a formulação de equações matemáticas; a segunda, algumas vezes chamada de física, não abria mão da elaboração de mecanismos físicos, subjacentes aos movimentos.

A descrição acima defende a tese de que o desenvolvimento da mecânica sempre foi acompanhado de discussões e debates a respeito dos seus fundamentos. Esses debates não impediram que ela se desenvolvesse, alcançando domínios como a óptica, a mecânica dos fluidos e os gases. No entanto, deve ser observado que para alguns cientistas, filósofos e historiadores, a descrição oferecida não é correta. Vejamos, por exemplo, o que nos diz Duhem a esse respeito:

“Na metade do século XIX, a mecânica racional parecia situada sobre fundamentos tão firmes e seguros como aqueles que Euclides forneceu à geometria. Segura desses princípios, ela deixava correr calmamente o desenvolvimento harmonioso de suas consequências.

“O crescimento rápido, incessante, tumultuado das ciências físicas veio acabar com essa paz e perturbar essa segurança; assediada por novos problemas, a mecânica foi tomada de dúvidas a respeito das bases sobre as quais ele estava situada e ela retomou sua trajetória em direção a uma nova evolução.” (Duhem 1905, p. 1. Esta tradução, bem como todas as outras neste artigo, são de minha responsabilidade.)

---

Não resta dúvida de que a descrição de Duhem é contrária à minha. Sem querer discutir as razões dessa diferença, quero mencionar que Duhem era um ardoroso defensor do abandono da mecânica como base lógica e inquestionável da física, Principalmente daquela concepção de mecânica que fazia recursos a hipóteses e modelos atomistas. É possível, contudo, perceber alguma razão na crítica de Duhem caso entenda-se mecânica como visão mecanicista de mundo. Em outras palavras, Duhem estava, na verdade, querendo dizer que, no meio do século XIX, o mecanicismo como visão de mundo estava sendo criticado e, para muitos, ele deveria ser inclusive abandonado, existindo já uma candidato a ser seu substituto: o energetismo, o qual, é bom que se diga, era a visão preferida de Duhem. Além de ser favorável ao energetismo, Duhem, na sua crítica à mecânica, pretendia, com já afirmado anteriormente, excluir da ciência o recurso a modelos e hipóteses. A ciência não poderia explicar os fenômenos naturais. A explicação pertencia a um outro domínio: o metafísico. Duhem era favorável à metafísica, desde que ela estivesse fora da ciência. Em suma, até o início do século XIX houve, de fato, um consenso disseminado a respeito de que, em última instância, todas as explicações ou descrições físicas deveriam ser remetidas, posto que incluídas, dentro da chamada visão mecanicista de mundo.

Essa aversão à metafísica foi esposada por muitos cientistas ao longo de todos os oitocentos. Para muitos comentadores, a aversão à metafísica foi o germe fundador do Positivismo, o qual teria sido aceito e incorporado pela maioria da comunidade científica daquela época. Assim, e coerente com esse pensamento, Mach, Kirchhoff, Duhem, Helmholtz seriam todos eles antimetafísicos. Essa descrição não me parece correta, nem que seja pelo fato de que inclui num mesmo universo conceitual uma série de cientistas muito diferentes entre si. Ou seja, tomá-los por positivistas pura e simplesmente cria uma homogeneidade que não se sustenta de maneira alguma quando se lêem os seus textos científicos e filosóficos. Como se sabe, é atreva arriscada empregar os rótulos oriundos de escolas filosóficas para compreender os pensamentos epistemológicos, metodológicos e metafísicos dos cientistas. Nestes, é raro encontrarmos o mesmo rigor e a mesma coerência (i.e. respeito) a um mesmo e único pensamento. Assim, parecem-me exageradas as palavras do filósofo e jurista teuto-americano J. B Stallo escritas em 1880:

“Com poucas exceções, os homens de ciência dos dias atuais, sustentam que a afirmação ‘toda a ação física é mecânica’ é axiomática, se não no sentido de ser auto-evidente, ao menos no

---

sentido de ser [o resultado] de uma indução [formulada] a partir de todas as experiências científicas passadas. E eles julgam ser a validade da explicação mecânica dos fenômenos, não apenas inquestionável, mas absoluta, excludente e definitiva.” (Stallo 1900, p.23)

Ainda assim, pode-se perceber uma dose de positivismo em quase todos eles, desde que reavalie o que se entende por isso. Quanto a mim, a descrição de Hans Sachsse me parece equilibrada e exata: “Não tanto como um princípio filosófico geral, mas, mais como uma máxima prática desempenhou o positivismo um papel enorme no desenvolvimento das ciências exatas no século XIX.” (Sachsse 1967, p. 74)

As palavras de Sachsse significam que os cientistas nos oitocentos se tornaram muito mais cautelosos e prudentes quanto ao uso de concepções relativas às causas e às estruturas da natureza. Não se deve esquecer, como faz Duhem, que no século XIX a física começou a estudar consistentemente uma série de fenômenos que não podiam ser observados. A novidade e a especificidade desses mesmo fenômenos fez com discussões ontológicas passassem a ser consideradas seriamente somente fosse obedecido o critério de cautela. Por exemplo, Helmholtz, que no início da sua carreira, em 1847, clara e decididamente era favorável a uma ontologia mecanicista, décadas depois, se mostrava cauteloso, afirmando preferir – ainda que sem muita convicção – o uso de equações diferenciais. Talvez o mais acertado a dizer, sob uma perspectiva historiográfica, seja que os físicos, em geral, se comportaram ambigualmente. Ora defendiam uma posição mais próxima de um mecanicismo puro, ora se afastavam dele, em direção a uma postura positivista ou fenomenológica.

Com relação a unanimidades “filosóficas” entre os cientistas do século XIX pouco se pode dizer. Entre eles, predominou a multiplicidade de opiniões, como seria de se esperar em se tratando de filosofia. No entanto, algumas teses, principalmente se formuladas em termos genéricos, foram aceitas pela maioria deles. Uma dessas teses afirma que a ciência evolui, ela se transforma e de um modo tal que é impossível como esse processo se dá. O processo de desenvolvimento da ciência não parece seguir um mesmo conjunto de regras ou leis. Acreditar que a ciência progrediria sempre seguindo uma mesma “trajetória” seria abraçar uma tese metafísica insustentável e que havia sofrido um sério revés com as transformações sofridas pela ciência no período ora em tela. Se conclusão há, ela é a seguinte: a ciência se transforma. Com relação ao como, pouco se pode dizer.

---

Mas, retornemos a Kirchhoff, que parece ter sido um dos poucos físicos importantes do século XIX a não se interessar minimamente por discussões filosóficas. Com esse comportamento, foi mais fácil para ele manter-se fiel a uma mesma posição. Sua definição é clara, afirmativa e direta, reproduzindo o espírito que o físico alemão gostaria de ver imperar na sua ciência. Ele a define, fixando o seu objetivo. Assim a mecânica não é alguma coisa; ela é o que realiza. Trata-se, podemos imaginar, de uma definição funcionalista. Ao definir o objetivo da mecânica, Kirchhoff o faz de um tal modo que sua definição cumpre o papel de uma qualificação. Sem as qualificações dadas por Kirchhoff, a definição de mecânica ficaria incompleta e, portanto, incompreensível. De acordo com a definição avançada, existem modos mais adequados para se cumprir o objetivo proposto do que outros. Em suas palavras:

“A mecânica é a ciência do movimento; nós lhe atribuímos o seguinte objetivo: descrever, *completamente e da maneira a mais simples possível*, os movimentos produzidos na natureza.

“O movimento é uma mudança de posição no tempo; aquilo que se move é a matéria. Para conceber um movimento, as noções de espaço, tempo e matéria são não apenas necessárias, mas são também suficientes. É através dessas noções que a mecânica deve procurar alcançar o seu objetivo e é com elas que ela deve construir os conceitos auxiliares, que lhes são necessários para isso, por exemplo os conceitos de força e de massa.

“A descrição dos movimentos deve ser *completa*. O significado dessa condição é perfeitamente claro: a mecânica não deve deixar sem resposta nenhuma das questões que são formuladas a respeito do movimento. Menos preciso é o significado da segunda condição, aquela que exige que a descrição seja a *mais simples possível*. É plausível conceber a priori dúvidas a respeito da questão de se saber qual é a descrição a mais simples de certos fenômenos; pode-se igualmente imaginar que uma descrição de certos fenômenos, hoje em dia, considerada como a mais simples dentre aquelas possíveis, será substituída mais tarde por uma outra ainda mais simples, devido ao desenvolvimento da ciência. Que uma tal circunstância se produza, a história da mecânica [nos] fornece numerosos exemplos.” (apud Jouguet, p. 88-89. Itálicos no original).

Ao exigir completude e simplicidade nas descrições dos movimentos naturais, Kirchhoff parece pressupor a existência de um pluralismo (i.e. multiplicidade) nas descrições pertencentes

---

ao domínio da mecânica. Sem que nos diga se considera positivo um tal pluralismo, Kirchhoff, entretanto, toma a sua existência como um fato, i.e., com uma situação que efetivamente se dá. No entanto, essa situação deve sofrer algum tipo de correção. Ela é indesejável, uma vez que sempre se pode escolher – ao final de um processo finito – uma descrição mais simples do que todas as demais. O pluralismo, em outras palavras, parece ter sido obra das diversas tentativas feitas pelos filósofos naturais, pelos geômetras e pelos físicos para descrever os princípios e as leis daquela que era, em meados da década de 1870, época em que saiu publicada a 1ª edição do livro de Kirchhoff, a base da física.

Antes de continuarmos a analisar a definição dada à mecânica por Kirchhoff, é importante mencionar que ele, onze anos antes de publicar tal declaração, portanto, em 1865, afirmou que o objetivo da mecânica seria determinar os movimentos dos corpos quando as suas causas são conhecidas. Ou seja, a descrição dos movimentos dos corpos naturais exigia o conhecimento das causas, o que seria necessário para transformá-la numa explicação. Em suma, a posição de Kirchhoff em 1865, a qual pode ser genericamente qualificada de laplaciana, era muito mais próxima da tradição, que imperava desde o final do século XVIII, do que aquela que defenderá a partir da década seguinte. Mesmo que neste momento, ele ainda não tivesse abandonado a tese de que força e causa seriam a mesma coisa, Kirchhoff já defendia que as proposições da mecânica deveriam ser consideradas como possuindo o mesmo grau de certeza que aquelas existentes no domínio da geometria. Segundo ele:

“A mecânica assemelha-se bastante à geometria; ambas as ciências são aplicações da matemática pura; as proposições de ambas estão, no que diz respeito às suas certezas, no mesmo plano; às proposições mecânicas deve ser atribuída, com o mesmo direito, a mesma certeza [Gewissheit], que [se atribui] às proposições geométricas.” (apud Pulte 2005, p. 68)

Até onde vai o meu conhecimento, Kirchhoff nunca se pronunciou publicamente acerca das razões que o fizeram mudar radicalmente de perspectiva. Nesse aspecto, o seu comportamento diferiu radicalmente da maioria dos seus colegas germânicos, quase todos contumazes produtores de discursos filosóficos para os seus pares e mesmo para os leigos. O discurso de Kirchhoff em que se apresenta como defendendo um ideal laplaciano para a mecânica foi uma obrigação acadêmica que cumpriu. Em 1865, ele assumiu a reitoria da Universidade de Heidelberg. Todo o reitor de uma universidade alemã deveria dar um discurso

---

aberto para a comunidade universitária e tocando num tema de interesse para esta última. Esse tema deveria ser escolhido a partir da sua própria área de atuação. Seguindo um costume comum em sua época, Kirchhoff dissertou sobre os fins e objetivos das ciências naturais.

Tomando como base para as nossas inferências a sua personalidade e o tipo de trabalho que ele realizou em ciência, tudo leva a crer que a mudança de Kirchhoff baseou-se numa decisão pessoal, tomada a partir, muito provavelmente, das dificuldades que viveu como professor da disciplina. No prefácio que escreveu para a sua *Mecânica*, Kirchhoff menciona essas mesmas dificuldades, a saber: distinguir entre aquilo que era derivado da experiência daquilo que não era. Segundo relatos de vários outros físicos do período, os estudantes, em geral, tinha muita dificuldade em compreender as bases da mecânica. Um exemplo dessas dificuldades nos é dado por E. Picard num artigo publicado em 1904 e no qual defende a perspectiva histórica, como aquela presente na célebre obra de E. Mach – *A Mecânica, exposta numa perspectiva histórico-crítica*, para o ensino dos conteúdos científicos e epistemológicos da mecânica.

De todo o modo, Kirchhoff atribui à falta de clareza a responsabilidade pela ausência de clareza e inteligibilidade na definição tradicional da mecânica, a qual deveria obrigatoriamente se reorganizar a fim de se tornar menos vulnerável às críticas. A falta de clareza era percebida, por exemplo, na existência de diferentes opiniões a respeito de problemas tais como as leis da inércia e dos paralelogramos são derivadas da experiência ou somente constituem axiomas. Incomodado com essas dificuldades, Kirchhoff reformulou a definição de mecânica, tornando-a mais restrita do que a maioria absoluta das demais. Essa restrição, acreditava o co-descobridor da análise espectral, solucionaria o problema da falta de clareza que atormentava os métodos e as soluções da mecânica, uma vez que, explícita e deliberadamente, a noção de causa, mais especificamente, aquela que identifica causa à força, seria excluída do *corpus* da mecânica.

Ao menos no que diz respeito ao livro em que oferece a sua nova definição de mecânica, Kirchhoff não apresenta nenhuma justificativa, o que o coloca em posição contrária a Hertz por exemplo, que escreveu uma introdução que se tornou célebre e na qual descreveu detalhadamente os critérios que deveriam ser usados na avaliação das imagens da mecânica. Como ele não produziu as chamadas conferências populares, a exemplo de Helmholtz, Mach e Boltzmann, torna-se tarefa extremamente difícil determinar as suas razões. De todo o modo, tudo

---

leva a crer que ele passou a defender indiretamente a tese de que os resultados obtidos a partir da nova definição seriam capazes de justificá-la. A capacidade de resolver problemas seria o argumento final em favor da sua concepção. Em outras palavras, os fins justificariam os meios.

Implicitamente, parece-me que Kirchhoff estava mostrando sua consciência e, mais importante, sua aquiescência com o movimento que a física realizava em meados do século XIX. Por essa época, a física já lidava com fenômenos que não eram e nem poderiam ser diretamente percebidos através do recurso aos órgãos sensoriais humanos. Reconhecendo que não seria possível dar marcha ré nesse movimento. Kirchhoff sugere que os avanços sejam feitos com cautela. Para que isso possa acontecer, é preciso conhecer os caminhos a serem trilhados, o que, no caso em que eles são desconhecidos, somente pode se tornar uma realidade caso sejam usados instrumentos adequados e seguros. No caso da física, seriam a aparelhagem existente nos laboratórios e as equações matemáticas.

Caso as equações matemáticas conseguissem atingir o objetivo proposto, a saber: descrever completa e simplesmente os movimentos dos corpos materiais, isto ocorreria em função **apenas** da escolha inicial dos termos primitivos. Não seria, assim, necessário buscar outras explicações. No que diz respeito aos argumentos – ou melhor, critérios – necessários conhecer para se saber quando as descrições mecânicas fossem mais simples e completas, Kirchhoff não foi feliz. Completude, segundo ele e como mencionado anteriormente, somente poderia ser alcançada quando todas as questões fossem respondidas. Contudo, ele não nos diz nada a respeito do que considera ser uma resposta aceitável. Muito provavelmente, seria uma quantidade numérica extraída de um cálculo matemático. Para o caso da simplicidade, tal como reconhecido pelo nosso autor, a situação era ainda mais espinhosa. Aparentemente, ela somente seria esclarecida adequadamente quando fossem comparadas ao menos duas descrições do mesmo movimento.

Com a sua definição de mecânica, Kirchhoff pretendia eliminar da física aquelas questões que não podiam ser respondidas com os métodos detidos por essa ciência. Entre os seus alvos, encontrava-se a metafísica, aqui entendida como o discurso sobre a natureza construído a partir de princípios a priori, portanto formulados independentemente do uso de dados empíricos.

---



A proposta de Kirchhoff passou para a história como sendo um tipo de fenomenologia. Para Boltzmann, que não aceitava, um tipo de fenomenologia matemática, já que se baseava no uso intensivo de equações diferenciais.

Apesar da falta de clareza com relações aos motivos pelos quais ele defendia tal concepção de mecânica, as ideias de Kirchhoff foram imediatamente aceitas e se espalharam, fazendo do seu livro uma referência obrigatória para todos aqueles que estudavam ou ensinavam essa disciplina. Aparentemente, o seu prestígio como físico contribuiu em muito para que a sua definição do objetivo da mecânica se disseminasse, tornando-se uma fonte de inspiração.

Se a ausência de razões em favor da sua concepção de mecânica parece ser devida à pouca vontade de Kirchhoff em se imiscuir em debates filosóficos, pode-se afirmar que, no que diz respeito à sua própria pessoa, Kirchhoff foi feliz. Contudo, se ele pretendia mais, tal como dar fim às discussões em torno dos princípios da mecânica, seu objetivo não foi realizado. Ao contrário, a partir da publicação da sua obra, esses debates e polêmicas ganharam força e só foram terminar nos primeiros anos do século XX.

### **Referências Bibliográficas**

Duhem, P. *L'évolution de la mécanique*. Paris: Hermann, 1905.

Jouguet, E. *Lectures de Mécanique enseignée par les auteurs originaux*, Paris: Éditions Jaques Gabay, 2007.

Kirchhoff, G.R. *Vorlesungen über mathematische Physik – Mechanik*. Leipzig: Teubner, 1883, 3ª edição.

Picard, E. Les Principes de la Mécanique – À propos d'un livre de M. Mach, *Revue Générale des Sciences*, vol. 15, 1904, pp. 1063-1066.

Pulte, H. *Axiomatik und Empirie – Eine wissenschaftstheoriegeschichtliche Untersuchung zur Mathematischen Naturphilosophie von Newton bis Neumann*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2005.

Sachsse, H. *Naturerkenntnis und Wirklichkeit*. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1967.

---

Stallo, J. B. *The Concepts and Theories of Modern Physics*. Londres: Kegan Paul, Trench, Trübner, 4ª edição, 1900.

