



## Michael Faraday e o manuscrito *Matter*: uma solução metafísica para o problema da ação a distância

Sonia MARIA DION

O texto aqui traduzido, intitulado simplesmente *Matéria*, revela um Faraday muito pouco conhecido. É notório que Michael Faraday (1791-1867) fez grandes contribuições para a ciência do eletromagnetismo; dentre elas, duas merecem destaque: a descoberta *experimental* da indução eletromagnética e a elaboração *teórica* do conceito de linhas de força, alternativa à explicação (de perspectiva newtoniana) baseada na ação a distância; alternativa teórica que se tornou o germe para o desenvolvimento da visão moderna do eletromagnetismo, fundamentada na teoria do campo.

A obra *Experimental researches in electricity* (*Pesquisas experimentais em eletricidade*), publicada por Faraday em 1839, é um compêndio de ciência eminentemente experimental, no qual o autor apresenta, com um detalhamento minucioso, suas pesquisas experimentais. Essa precisão no campo experimental contrasta com as reflexões teóricas, que não são fáceis de expor, pois não se encontram explicitamente formuladas, de modo que a interpretação das teses teóricas depende de uma ampla contextualização. A essa dificuldade agrega-se outra decorrente do fato de que suas posições sofreram transformações ao longo de sua carreira; o que é natural, pois a própria ciência com a qual trabalhava estava sendo simultaneamente elaborada. Na época de Faraday (a primeira metade do século XIX), a física de Newton, especialmente aquela desenvolvida pelos físicos e matemáticos posteriores, havia erigido uma demarcação, definindo claramente o tipo de questão a ser respondida pela ciência e aquele que deveria ser remetido à metafísica. Dessa forma, enquanto a descrição da ação gravitacional era considerada como perfeitamente estabelecida, a procura de suas razões não fazia parte do trabalho científico, sendo amplamente relegada à metafísica.

No entanto, embora a mecânica newtoniana já estivesse plenamente desenvolvida, a tentativa de transposição desse referencial para outros domínios da física colocava novos problemas e desafios; as descobertas experimentais nas áreas da eletricidade e do eletromagnetismo exigiam um tratamento teórico; em particular, a descoberta

de Faraday levantava a questão da transmissão da indução eletromagnética seja entre os objetos macroscópicos, seja microscopicamente no interior da matéria. É nesse contexto que Faraday, um físico de linhagem experimental, passa a preocupar-se com o problema teórico da explicação:

Penso que não podemos ir muito adiante na investigação das leis da eletricidade sem um entendimento mais profundo de sua natureza (Faraday, 1952, §1162, p. 440).

Pensando inicialmente na indução eletrostática, ele dirige sua atenção para o problema de “como” as forças elétricas são transmitidas através do espaço e entre as partículas de matéria, questão que, do ponto de vista gravitacional, já não se colocava mais, pois havia, de certo modo, sido esgotada pela discussão kantiana das bases metafísicas da mecânica newtoniana. Faraday, que tinha uma visão física da natureza dos fenômenos elétricos e magnéticos, colocava a gravitação numa categoria à parte, e considerava que ela estava satisfatoriamente explicada a partir da noção de ação a distância. Quanto aos fenômenos elétricos e magnéticos, recusava-se a aceitar a ação a distância como forma de transmissão, postulando, pelo menos no início de suas investigações teóricas, a necessidade da presença de algum tipo de matéria no espaço interviniente entre os dois corpos ou entre as duas partículas de matéria.

Faraday pensava a matéria como sendo composta de partículas. Em sua tentativa de explicação inicial, a matéria, quando submetida à indução eletromagnética, tinha suas partículas polarizadas, assumindo partes negativas e positivas, que se reorganizavam num estado não natural, forçado; era nessa reorganização que se transmitia a ação. Percebe-se que é necessário, nesse modelo, que as partículas de matéria tenham, de alguma forma, contato ou sejam “contíguas”. O modelo exige a existência de um meio contínuo onde se possa exercer a ação eletromagnética mediante a reorganização das partes contíguas. No entanto, essa concepção conduziu rapidamente a uma dificuldade envolvendo a noção de contigüidade: quão próximos deveriam estar dois átomos para serem considerados como “contíguos”? A resposta de Faraday consiste em apresentar uma caracterização vaga de contigüidade atômica:

Por partículas contíguas quero referir-me àquelas que estão próximas umas das outras, não que não haja *nenhum* espaço entre elas (Faraday, 1952, nota ao §1665, p. 552; grifo do autor).

Ainda assim, é evidente, mesmo nessa caracterização vaga, que Faraday se vê forçado a admitir que o *contato absoluto* não existe. Com esse modelo, nosso cientista não

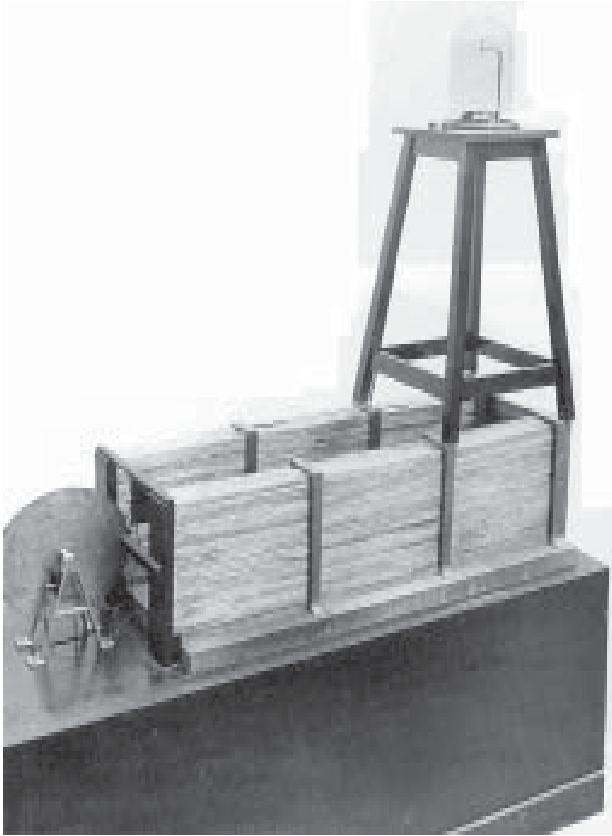
consegue eliminar o problema da ação a distância; sua solução leva, na verdade, a uma regressão, pois simplesmente remete para a necessidade da existência de forças atuando a distância, para pequenas distâncias. Essa dificuldade conceitual foi percebida e criticada, na época de Faraday, por Hare, que questiona a recusa de Faraday em aceitar a ação elétrica para distâncias que ele considera “sensíveis”, propondo esse tipo de ação à “distância de meia polegada” (cf. Hare, 1840). Logo em seguida, Faraday adoece, abandonando suas pesquisas experimentais. Quatro anos mais tarde, em 25 de janeiro de 1844, traz a público uma resposta, no artigo intitulado *A speculation touching electric conduction and the nature of matter* (Uma especulação concernente à condução elétrica e à natureza da matéria) (cf. Faraday, 1952), complementado, em 19 de fevereiro desse mesmo ano, pelo manuscrito *Matter* (Matéria), cuja tradução publicamos a seguir.

Faraday se vê, então, compelido a elaborar uma idéia de matéria. Sua solução é articulada nos moldes dos átomos de Boscovich, cuja primeira edição da obra *Theoria philosophiae naturalis* foi lançada em Viena, em 1758.<sup>1</sup> Para Boscovich, todas as partículas do universo estavam dinamicamente relacionadas umas com as outras por meio de forças, cuja direção era ora atrativa, ora repulsiva e cujo valor era uma função da distância entre elas. Embora propostos em conformidade com a tradição newtoniana da ação a distância, os átomos de Boscovich agregam também o dinamismo da metafísica leibniziana, que postulava forças subjacentes, das quais os fenômenos perceptíveis eram conseqüências (cf. Spencer, 1967). Assim, para pequenas distâncias, o caráter repulsivo das forças era o preponderante, o que explicava a impenetrabilidade da matéria; a distâncias intermediárias, seu modelo pretendia dar conta dos mais variados processos até então considerados como espontâneos na natureza, tais como, “fer-



Figura 1. Michael Faraday, experimentador talentoso, trabalhando em seu laboratório na Royal Institution em 1840.

<sup>1</sup> Há uma interessante discussão na literatura, travada nas décadas de 1960 e 1970, sobre a real fonte de inspiração de Faraday. Ver, por exemplo, Heimann (1971). Nesse artigo, contrariamente a autores como Jammer (1957, p. 184) e Williams (1961), Heimann defende que as idéias de Faraday mostravam correspondência com a tradição da filosofia natural então vigente na Inglaterra, cuja fonte eram as idéias de Priestley e não as de Boscovich.



**Figura 2.** Experimento de Faraday para mostrar que um disco de cobre em rotação é freiado pela presença de um ímã. Faraday atribui esse efeito à interação entre o ímã e as correntes elétricas induzidas pelo ímã no disco.

mentações, evaporações, conflagrações súbitas e explosões”; para grandes distâncias ou “distâncias sensíveis”, a atração era dominante, com as forças agindo a distância e decaindo com o inverso de seu quadrado, coerentemente com a lei da gravitação universal de Newton.

A concepção de Boscovich era diferente da aceita pelos químicos da primeira metade do século XIX, os quais tomavam os átomos como sendo algo material, ocupando um certo volume e sendo separados uns dos outros pelo vazio. Pelo menos do ponto de vista descritivo, essa última concepção era coerente com a idéia newtoniana, segundo a qual os “átomos” consistiam de “partículas sólidas, maciças, duras, impenetráveis”, idéia essa desenvolvida por Newton na Questão 31 da *Óptica* (Newton, 2002, p. 290). Entretanto, a tentativa de transposição desse modelo corpuscularista para os fenômenos da eletricidade gera-

va, segundo Faraday, uma contradição e exigia, além disso, que se atribuíssem ao espaço propriedades características da matéria: enquanto nas substâncias condutoras o espaço entre os átomos deveria comportar-se como condutor, naquelas não condutoras deveria agir como um isolante. E, na concepção de Faraday, matéria e espaço não se identificam.

Assim, no manuscrito aqui publicado, o cientista critica essa visão. Abrindo mão da concepção estritamente newtoniana, propõe um modelo que descarta a necessidade da matéria como suporte para forças, ou poderes, assumindo a primazia da força sobre a matéria; esta, em vez de constituir-se de átomos duros, impenetráveis, sobre os quais forças teriam sido inicialmente impressas, é vista como constituída de centros de força, cujos poderes são capazes de irradiar-se por todo o universo. Recorrendo a um critério de simplicidade, Faraday coloca a questão nos seguintes termos:

Será que existe alguma coisa mais compreensível às nossas mentes, na complicada noção de matéria sem poder, de poder sem matéria, e de matéria e poder amalgamados, do que há na visão simples do poder emanando de e ao redor de um centro? (Faraday, 1952 [1844], §3).

Irradiando seus poderes, a matéria pode agir onde não está. No manuscrito, a solução para o problema da ação a distância é proposta a partir dessa possibilidade de irradiação de poderes, através da qual as propriedades da matéria podem manifestar-se muito antes que suas partículas se toquem. Mais tarde Faraday modificará essa concepção, substituindo-a pela idéia de linhas de força que, em sua forma final, serão consideradas como entidades primárias que possuem, inclusive, existência física real. De qualquer forma, um grande passo havia sido dado, transferindo a ação, da matéria, para o espaço que a cerca.

Naturalmente, fato típico do processo de elaboração de um conceito em ciência, o documento apresenta ambigüidades e mesmo contradições; ao mesmo tempo em que critica a “noção comum [...] de que existe algo a ser chamado de matéria, que possui certas forças [...] impressas nela” (§4), não consegue imaginar “força física sem matéria ou matéria sem força” (§8).

Sem dúvida, é possível afirmar que, em algum período, em particular durante a década de 1840, Faraday pensou a partir da noção de átomos de força, entidades básicas da matéria, cujas propriedades eram conseqüências das forças que os constituíam. No entanto, mais que retratar um momento na história da elaboração de um conceito, o manuscrito constitui um documento único, em termos de estilo e do tipo de argumentação que o caracterizam.

Em primeiro lugar, porque permite uma correção da imagem de Faraday, considerado exclusivamente como cientista experimental, ao mostrá-lo enfrentando um problema teórico, cuja investigação não dependia da utilização de instrumentos, nem da tomada de medidas rigorosas, como ocorre ao longo de sua obra canônica. Em segundo lugar, porque nos apresenta um Faraday não apenas teórico, mas sobretudo realista; em pleno século XIX, encontramos no manuscrito uma especulação de natureza claramente metafísica.

Segundo Helmholtz, o método científico de Faraday estava “destinado a purificar a ciência do último resquício da metafísica” (Helmholtz *apud* Levere, 1968, p. 100). O próprio Faraday afirma que “não há outra forma de se conhecer a matéria [...] a não ser pelas propriedades que ela exhibe” (§3). No entanto, o teor do manuscrito contradiz essas afirmações. Em sua justificativa, Faraday apela para a essência da matéria, atribuindo seus comportamentos observados à própria forma como foi criada, aos poderes de que foi dotada por Deus quando de sua criação. E, assim,

[...] Deus não poderia tão facilmente, pela sua palavra, colocar o poder em existência ao redor de centros, assim como poderia, primeiramente, criar os núcleos e, então, revesti-los de poder? (§7)

Além disso, o manuscrito do qual publicamos a tradução, revela, como nos mostra essa afirmação, a profunda religiosidade de Faraday em um momento em que suas crenças afetam o trabalho estritamente científico (cf. Russel, 2000). Afastando-se de seu laboratório, Faraday lança mão, aqui, de um Deus criador, a cujos poderes recorre para a elaboração de uma solução metafísica do problema da ação a distância.☉

Sonia MARIA DION

Professora Doutora do Centro de Pesquisa  
da Universidade São Judas Tadeu, Brasil.

sdion@usjt.br

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COHEN, I. B. & WESTFALL, R. S. *Newton*. Tradução V. Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto/Eduerj, 2002.
- FARADAY, M. Experimental researches in electricity. In: HUTCHINS, R. M. (Ed.). *Great books of the western world: Lavoisier, Fourier, Faraday*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952 [1839]. v. 45.
- \_\_\_\_\_. A speculation touching electric conduction and the nature of matter. In: HUTCHINS, R. M. (Ed.). *Great books of the western world: Lavoisier, Fourier, Faraday*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952 [1844]. v. 45, p. 850-5.
- HARE, R. A letter to Prof. Faraday, on certain theoretical opinions. *Philosophical Magazine*, 17, 44, 1840.
- HEIMANN, P. M. Faraday's theories of matter and electricity. *The British Journal for the History of Science*, 5, 19, p. 235-57, 1971.
- HUTCHINS, R. M. (Ed.). *Great books of the western world. Lavoisier, Fourier, Faraday*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952 [1830-1850]. v. 45.
- JAMMER, M. *Concepts of force*. New York: Dover Publications, 1957.
- LEVERE, T. H. Faraday, matter, and natural theology. Reflections on an unpublished manuscript. *The British Journal for the History of Science*, 4, 14, p. 95-107, 1968.
- NEWTON, I. *Óptica*. Tradução A. K. T. Assis. São Paulo: Edusp, 2002.
- RUSSEL, C. A. *Michael Faraday, physics and faith*. New York: Oxford University Press, 2000.
- SPENCER, J. B. Boscovich's theory and its relation to Faraday's researches: an analytic approach. *Archives for History of Exact Sciences*, 4, p. 184-202, 1967.
- WILLIAMS, L. P. Faraday and the structure of matter. *Contemporary Physics*, 2, p. 93-105, 1961.