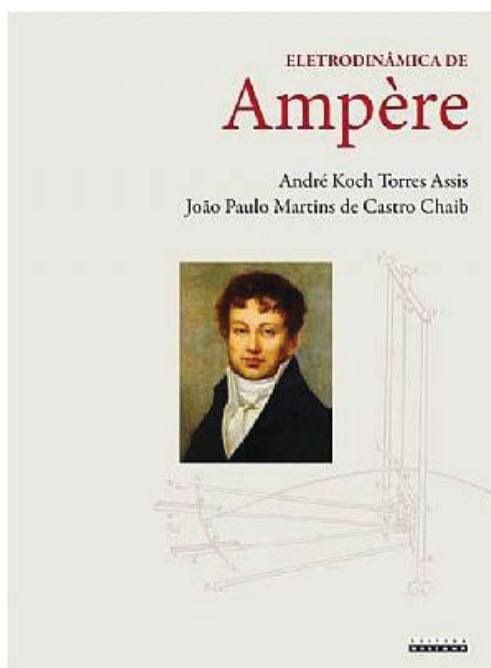

RESENHA

Eletrodinâmica de Ampère⁺

Andre Koch Torres de Assis
João Paulo Martins de Castro Chaib
Campinas: Editora Unicamp, 2011. 589 p

Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica

O livro “*Eletrodinâmica de Ampère*” de André Koch Torres de Assis e João Paulo Chaib, publicado pela Editora da Unicamp, 2012, vem cobrir uma lacuna na cultura científica brasileira. A obra é um *tour de force* para contextualizar e, finalmente, traduzir, os dois principais trabalhos de Ampère sobre eletrodinâmica. *Sobre os efeitos das correntes elétricas*, publicado originalmente em 1820, nos *Annales de Chimie et de Physique*, é o primeiro trabalho de Ampère sobre o tema. Ele foi publicado pouco tempo depois de Ampère ter conhecimento dos experimentos realizados por Oersted. *Teoria dos fenômenos*



⁺ Electrodynamics of Ampère!

eletrodinâmicos, deduzida unicamente da experiência, publicada originalmente em sua última versão, em 1826. Este trabalho, infelizmente, nos remete a uma triste realidade: não temos a tradição de traduzir para o idioma português as principais obras científicas e filosóficas. Dois exemplos importantes dessa realidade são o fato de que, apenas recentemente, tivemos acesso, no idioma português, às duas principais obras de Newton a *Óptica* e os *Principia* e a ausência de uma tradução das obras completas de Aristóteles até o momento. Um consolo é o trabalho promovido pelo Centro de Filosofia da Universidade Lisboa, que iniciou, em 2005, a publicação das obras de Aristóteles, mas, infelizmente, o cronograma aparentemente está atrasado (ver endereço: <<http://www.obrasdearistoteles.net>>).

A obra é dividida em oito partes. As cinco primeiras têm a finalidade de contextualizar o trabalho de Ampère e as partes seis a oito são dedicadas à tradução dos textos mencionados, o que representa, aproximadamente, metade do volume. A primeira parte apresenta a lei de força entre elementos de corrente proposta por Ampère que, em termos vetoriais modernos e no Sistema Internacional de Unidades (SI), tem sua forma final dada por:

$$d^2\vec{F}_{I'ds' em Ids}^A = -\frac{\mu_0}{4\pi} II' \frac{\hat{r}}{r^2} [2(d\vec{s} \cdot d\vec{s}') - 3(\hat{r} \cdot d\vec{s})(\hat{r} \cdot d\vec{s}')] = -d^2\vec{F}_{Id s em I'd s'}^A \quad (1)$$

A equação representa a força exercida por um elemento de corrente $I'd\vec{s}'$ sobre o elemento de corrente $Id\vec{s}$. Na equação, r é a distância entre os centros dos dois elementos de correntes, $I \geq 0$ e $I' \geq 0$ são as intensidades de corrente no SI, $d\vec{s}$ e $d\vec{s}'$ são os comprimentos infinitesimais dos dois elementos de corrente, apontando nos sentidos das correntes, \hat{r} é o vetor unitário, apontando do centro de $d\vec{s}'$ para o centro de $d\vec{s}$. É importante observar que a Equação (1), em livros-texto de Física Básica, é confundida com a equação:

$$d^2\vec{F}_{21} = I_1 d\vec{l}_1 \times d\vec{B}_2 \quad (2)$$

As Equações (1) e (2) são diferentes, tanto do ponto de vista filosófico, quanto físico. Para uma discussão mais aprofundada, ver (CHAIB, 2007). A segunda parte discute o desenvolvimento do trabalho de Ampère, desde as primeiras interpretações do trabalho de Oersted até a obtenção da força entre elementos de corrente em sua forma final, ver Equação (1). A terceira parte discute a última fase das pesquisas e aprofunda alguns fatos notáveis da lei obtida por Ampère.

Todo o trabalho é muito importante, mas gostaria de destacar as partes IV e V, denominadas, respectivamente: *Controvérsias, parte I: todos contra Ampère e*

Controvérsias, parte II: Ampère contra todos. Elas são especialmente relevantes, em minha opinião, para o ensino da Ciência. Nessas partes, fica explícita a natureza da ciência. Podemos dividir as controvérsias do título dos capítulos em três tópicos básicos de discussão: o primeiro, as interpretações do experimento de Oersted; o segundo, a lei entre elementos de correntes e o terceiro, o conceito de campo e concepções de ação a distância. Considero que o segundo e terceiro tópicos podem ser vistos como desdobramentos do primeiro: *Como interpretar os resultados obtidos pelo experimento de Oersted?*

Da leitura do trabalho de Chaib e Assis ficam evidentes alguns aspectos que podemos utilizar em propostas de ensino. No século XVIII, surgiam as primeiras discussões sobre corrente elétrica, sua origem e como produzi-la de modo contínuo, ver (ASSIS, 2010; BOSS, s.d.). Esses estudos ganharam relevância com o trabalho de Hans Christian Oersted (1777-1851), a partir da discussão sobre a interação entre fenômenos elétricos e magnéticos (OERSTED, 1986). A saber, a passagem de uma corrente voltaica em um fio condutor age em uma agulha magnética colocada próxima ao fio. Essas pesquisas iniciais eram, em sua maioria, qualitativas. Com os trabalhos de Michael Faraday (1791-1867), Charles Coulomb (1736-1806), François Arago (1786-1853), Simon Denis Poisson (1781-1840), Jean Baptiste Biot (1774-1862) e André-Marie Ampère (1775-1836), entre outros pesquisadores do século XIX, passamos para um estudo quantitativo da eletricidade e do magnetismo. Após a divulgação dos resultados obtidos por Oersted, surgiram três interpretações para o resultado experimental:

1) Para Oersted, a ação da corrente na agulha era devida a dois turbilhões formados em torno do fio, um deles agiria no polo magnético norte e o outro turbilhão no polo magnético sul. Os turbilhões giram em sentidos contrários;

2) Ampère, ao tomar conhecimento do experimento de Oersted, propõe uma interpretação radicalmente diferente. A interação entre a corrente voltaica e a agulha magnética é devida somente à interação entre correntes. Para ele, o ímã possui microcorrentes que interagem com a corrente voltaica do fio condutor. Assim, teríamos apenas a interação do tipo corrente-corrente. O magnetismo seria apenas um epifenômeno da eletricidade em movimento;

3) Esse mesmo experimento é interpretado de maneira diferente por Biot. Para ele, a passagem da corrente voltaica pelo fio cria pequenos dipolos

magnéticos dentro do fio. Assim, o experimento de Oersted seria explicado apenas pela interação do tipo dipolo-dipolo magnético.

O debate científico foi intenso em torno dessas três interpretações. Os textos de Chaib e Assis detalham essas interpretações e a defesa feita pelos proponentes de cada uma delas. Talvez, o mais célebre deles seja o debate entre Faraday e Ampère. Isso fica evidenciado nas cartas trocadas entre eles (JAMES, 1991), e no primeiro artigo publicado, anonimamente, sobre eletromagnetismo por Faraday (FARADAY, 1821, 1822). Nesse artigo, ele faz uma análise crítica da produção sobre eletromagnetismo no início do século XIX, posicionando-se favoravelmente à interpretação apresentada por Oersted a seu experimento e apresentando divergências em relação àquela apresentada por Ampère. O principal ponto do debate entre eles é a interpretação do que seria uma força simples¹ atuando em um sistema eletromagnético. Para Ampère, uma força simples que atua em um sistema eletrodinâmico deve obedecer à terceira lei de Newton na forma forte (a ação e a reação devem estar na mesma linha de atuação das forças). Para Faraday, uma força simples, em um sistema eletromagnético, deve obedecer à terceira lei na forma fraca (a ação e a reação podem formar um binário). Além desse aspecto, a concepção de como desenvolver uma pesquisa científica é radicalmente diferente entre eles. As críticas de Faraday a Ampère são, basicamente, três: 1) Não é cientificamente adequado criar afirmações ou entidades para as quais não existem evidências experimentais; 2) Hipóteses não podem ser livremente inventadas, mas deve haver algum aspecto experimentalmente verificável e 3) Hipóteses devem ser claras e não ambíguas, elas devem servir para explicar, de um modo mecânico, o fenômeno para as quais foram criadas (WILLIAMS, 1985).

O resultado desse debate nós conhecemos. Eles foram materializados em duas obras fundamentais para o desenvolvimento da Física: *Théorie Mathématique des Phénomènes Électro-dynamiques uniquement Déduite de l'expérience* de Ampère e *Experimental Researches in Electricity* de Faraday, que infelizmente não temos traduzido para o português.

João José Caluzi
Faculdade de Ciência – Depto de Física
UNESP – Bauru

¹ A noção de simplicidade é uma questão crucial dentro de todo trabalho de Ampère, seja em Química, História Natural, Física e Filosofia.

Referências

- [1] ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, 2010, 274 p. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade.pdf>>
- [2] BOSS, S. L. B.; ASSIS, A. K. T.; CALUZI, J. J. **Stephen Gray e a descoberta dos condutores e isolantes**: Tradução comentada de seus artigos sobre eletricidade e reprodução de seus principais experimentos. No prelo.
- [3] CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Distorção da obra eletromagnética de Ampère nos livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 65-70, 2007.
- [4] FARADAY, M. Historical sketch of electro-magnetism. **The Annals of Philosophy**. New Series. v. 01, p. 195-200, p. 274-290, 1821 e v. 03 p. 107-121, 1822.
- [5] JAMES, F. A. J. L. (Ed.). **The correspondence of Michael Faraday**. Londres: Institution of electrical engineers, 1991. 5 v.
- [6] OERSTED, H. C. (1820) Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 10, p. 115-122, 1986. Tradução: Roberto de Andrade Martins.
- [7] WILLIAMS, P. L. Faraday and Ampère: a critical dialogue. In: GOODING, David; JAMES, Frank A. J. L. (Eds.) **Faraday rediscovered**: essays on the life and work of Michael Faraday, 1791-1867. Nova Iorque: M Stockton Press, 1985.