

# Os resultados negativos dos experimentos de Michelson-Morley refutaram a teoria do éter? A teoria da relatividade restrita se originou dos experimentos de Michelson-Morley?

Fernando Lang da Silveira – Instituto de Física – UFRGS

**Resumo.** *Os experimentos de Michelson-Morley em 1881 e 1887, mesmo não tendo detectado o movimento da Terra em relação ao éter, foram interpretados por diversos cientistas sem descartar a teoria do éter. Portanto é inverídico do ponto de vista histórico que tenham sido cruciais para a física clássica. O seu principal idealizador A. A. Michelson afezrou-se à teoria do éter até o final de sua vida. Tais experimentos também foram secundários para a gênese da teoria da relatividade restrita de Einstein. A versão empirista sobre a relação dos experimentos que visavam detectar o movimento da Terra em relação éter com a teoria da relatividade restrita distorce e empobrece a história do conhecimento científico.*

## I. Introdução

Aristóteles (384 – 322 a.C.) já propugnara que "não há nada no intelecto que não estivesse antes nos órgãos dos sentidos" (Losee, 1993, p. 108). Esta afirmação é consistente com o *empirismo*: "concepção que fundamenta nosso conhecimento, ou o material com o qual ele é construído, na experiência através dos cinco sentidos" (Honderich, 1995, p. 226).

O *empirismo*, como concepção *epistemológica*, isto é, concepção sobre o conhecimento científico, afirma que os cientistas obtêm as teorias científicas (leis, princípios, etc.) a partir *da observação, da experimentação, de medidas*. Ao relatar um episódio de *descoberta científica*, a *história da ciência empirista* apresenta os dados, os resultados observacionais/experimentais a partir dos quais o cientista, aplicando as regras do *método científico*, produziu *indutivamente* o conhecimento científico.

Os relatos históricos encontrados nos livros-texto de física, de um modo geral, são consistentes com a *epistemologia empirista*. O objetivo deste trabalho é o de criticar a interpretação *empirista* dos resultados negativos das tentativas de detecção do movimento da Terra em relação ao *éter*, especialmente os *experimentos de Michelson-Morley*. Consistentemente com a *epistemologia empirista* os experimentos são tidos como cruciais para a *física clássica*, constituindo-se também na *base empírica* da qual Einstein ascende *indutivamente* à *teoria da relatividade restrita*. Apresentarei inicialmente um relato *empirista* e depois uma outra história.

## II. Os experimentos de Michelson-Morley e a teoria da relatividade restrita: a história empirista

Na segunda metade do século XIX os cientistas (Fresnel, Maxwell, Hertz, Kelvin, ...) acreditavam na existência de um meio de propagação para luz: o *éter*.

Este meio sutil preenchia inclusive o espaço interplanetário e intersidereal<sup>1</sup>. Em relação a este meio é que a luz (e as ondas eletromagnéticas em geral) possuía a velocidade prevista pelas *equações de Maxwell* e determinada experimentalmente (cerca de 300.000 km/s).

Para muitos cientistas o *éter* representava, inclusive, a possibilidade concreta do *referencial absoluto* em relação ao qual vigiam as *leis da mecânica newtoniana*.

Em 1881 o cientista alemão Albert Abraham Michelson (1852 – 1931) realizou experimentos em Berlim e Postdam para detectar o *vento de éter*. Ou seja, como a Terra se movimenta através do *éter*, previa-se teoricamente que a velocidade de propagação da luz em relação à Terra fosse diferente em diferentes direções.

Estes primeiros experimentos apresentaram resultados negativos. Em 1887, Michelson e o norte-americano Edward Williams Morley (1838 – 1923) refizeram os experimentos em Cleveland, com um equipamento muito mais sensível que o anterior, não conseguindo mais uma vez observar o *vento de éter*.

Segundo a *história empirista*, estes experimentos mostraram que a *hipótese da existência do éter* era falsa e que, portanto não existia um sistema de referência absoluto. Os experimentos de Michelson-Morley derrubaram a física clássica que pressupunha um sistema de referência absoluto (o espaço absoluto de Newton) e o tempo absoluto.

O *postulado da constância da velocidade da luz*, um dos postulados da *teoria da relatividade restrita*, “*têm sua origem essencialmente numa generalização da experiência de Michelson*” (Millikan apud Thuillier, 1994; p. 237).

*Einstein nos lançou então um apelo: Aceitemos isso como um fato experimental estabelecido, e a partir daí tratemos de extrair dele as inevitáveis conseqüências ... Assim nasceu a teoria da relatividade restrita.* (Millikan apud Thuillier, 1994; p. 238)

### **III. Os experimentos de Michelson-Morley e a teoria da relatividade restrita: outra história**

Até hoje os historiadores discutem se Einstein, em 1905, data do célebre trabalho que deu origem à *teoria da relatividade restrita*, conhecia ou não os *experimentos de Michelson-Morley*. Mesmo que Einstein os conhecesse, não há qualquer referência a eles no conhecido artigo *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento*. Na primeira frase daquele trabalho encontra-se o seguinte: “*Como é sabido, a eletrodinâmica de Maxwell – tal como atualmente se concebe – conduz, na sua aplicação a corpos em movimento, assimetrias que não parecem inerentes aos fenômenos*” (Einstein, 1983; p. 47). Abraham Pais, biógrafo de Einstein, embora acreditando que os *experimentos de Michelson-Morley* fossem do conhecimento de cientista, considera-os como secundários para a gênese da teoria; a frase inicial explica motivação para o artigo de 1905: “*Einstein foi levado à teoria da relatividade restrita principalmente por motivos estéticos, isto é, por argumentos de simplicidade*” (Pais, 1993; p. 160).

Segundo o próprio Einstein em suas *Notas Autobiográficas* (Einstein, 1982), a gênese da *teoria da relatividade restrita* encontra-se em duas vertentes diferentes:

---

<sup>1</sup> – O *éter* devia ser um meio sutil, através do qual os planetas e os demais astros podiam se mover livremente e, de forma paradoxal, apresentar também características de um sólido elástico, para propagar ondas luminosas transversais.

1 – Einstein percebeu ainda quando estudante que se aplicarmos aos fenômenos eletromagnéticos as transformações de Galileu, surgem contradições. O *experimento mental da perseguição do raio de luz* é um exemplo disto: imaginemo-nos viajando junto com uma onda eletromagnética. Veremos então um campo elétrico e um campo magnético que variam no espaço senoidalmente, mas que são constantes no tempo. Entretanto, segundo as *equações de Maxwell (lei de Faraday e lei de Ampère-Maxwell para o vácuo)* não podem existir tais campos. “*A teoria da relatividade restrita se originou das equações do campo eletromagnético de Maxwell*” (Einstein, 1982; p. 63).

2 – Einstein aceitou as críticas que o físico, historiador e filósofo da ciência Ernst Mach (1838 – 1916) havia feito à *mecânica clássica*, em especial às idéias do *espaço e do tempo absolutos*. Ou seja, Einstein acreditava que a mecânica clássica estava com problemas insanáveis. Segundo suas próprias palavras estava “*firmemente convencido da não-existência do movimento absoluto; meu problema residia em como conciliar isso com nosso conhecimento de eletrodinâmica. Talvez assim seja possível entender porque razão, na minha luta pessoal, não desempenhou qualquer papel, ou pelo menos um papel decisivo, a experiência de Michelson*” (Einstein apud Pais, 1995; p. 200-201).

O projeto de Einstein, iniciado com a *teoria da relatividade restrita* (1905) e completado com a *teoria da relatividade geral* (1916), foi o de criar uma *nova mecânica* teoricamente consistente com o *eletromagnetismo*.

É verdade que a *teoria da relatividade restrita* teve como consequência não-intencionada a explicação dos resultados negativos dos experimentos que visavam detectar efeitos do movimento do sistema de referência sobre a velocidade de propagação da luz, como por exemplo, os resultados negativos dos *experimentos de Michelson-Morley*. Entretanto, historicamente é inverídico que os *experimentos de Michelson-Morley*, ou anteriormente as medidas de *aberração estelar*<sup>2</sup>, tenham sido *cruciais* para a velha física. Diversos cientistas explicaram os resultados negativos em detectar o *vento de éter* sem descartar a *física clássica*.

Por exemplo, H. A. Lorentz (1853 – 1928), em 1904, no artigo intitulado *Fenômenos eletromagnéticos num sistema que se move com qualquer velocidade inferior à da luz* (Lorentz, 1983), supondo a existência do *éter*, explicava não somente os resultados negativos dos *experimentos de Michelson-Morley* em detectar o movimento da Terra em relação ao *éter*, como os resultados negativos ulteriores de Rayleigh-Brice (em 1902 sobre a dupla refração) e de Trouton-Noble (em 1904 sobre torque em um capacitor).

Quando em 1907, Michelson recebeu o Prêmio Nobel não houve referência alguma aos seus famosos experimentos, nem por parte da comissão que lhe concedeu o prêmio, nem por ele mesmo (Pais, 1995). A justificativa da comissão que outorgou o Prêmio Nobel a Michelson foi a seguinte: *Pelos instrumentos ópticos de precisão e pelas investigações espectroscópicas e metrológicas realizadas com a sua intervenção.*

“*Michelson, que se aferrou ao éter até o amargo fim*” (Lakatos, 1989; p. 103), nunca crendo que seus experimentos o refutavam; em 1925 (Michelson morreu em 1931) acreditou ter detectado experimentalmente o *vento de éter*.

Desta forma, a *teoria da relatividade restrita* foi motivada por um *problema teórico*: resolver uma inconsistência entre a *mecânica* e o *eletromagnetismo*. Os resultados negativos dos *experimentos de Michelson-Morley*, apesar de justificados teoricamente pela teoria de Einstein, não foram cruciais

<sup>2</sup> – As medidas *anômalas* para a *aberração estelar* haviam sido explicadas primeiramente por G. G. Stokes (1819 – 1903), supondo o arrasto do *éter* pela Terra.

para a *física clássica* e, particularmente para Michelson (bem como para outros cientistas), não se constituíram em uma refutação da hipótese do *éter*.

#### IV. Conclusão

Não há dúvida que *experimentos, observações, resultados de medidas* são importantes para o conhecimento científico. Entretanto a relação da *empíria* com a *teoria* é muito mais complexa do que a *história empirista* julga.

Em relação à gênese da *teoria da relatividade restrita* vimos que os resultados observacionais/experimentais desempenharam um papel diferente daquele propugnado pelos *empiristas*, não se constituindo na base *indutiva* da qual Einstein ascendeu à teoria. A produção da *teoria da relatividade* não pode ser entendida através da *epistemologia empirista* (apesar dos livros-texto e muitos cientistas assim acreditarem<sup>3</sup>) e distorce o trabalho científico de Einstein.

*Sabemos agora que a ciência não pode se desenvolver apenas a partir do empirismo; nas construções da ciência, precisamos da invenção livre, que só a posteriori pode ser confrontada com a experiência para se conhecer a sua utilidade. Este fato pode ter escapado às gerações anteriores, para as quais a criação teórica parecia desenvolver-se indutivamente a partir do empirismo, sem a criativa influência de uma livre construção de conceitos. Quanto mais primitivo for o estado da ciência, mais rapidamente pode o cientista viver na ilusão de que é um empirista puro. No século XIX, muitos ainda julgavam que a regra fundamental de Newton – ‘hypotheses non fingo’ – devia constituir a base de toda a ciência natural saudável.* (Einstein apud Pais, 1995; p. 14-15)

O relato *empirista* não apenas empobrece a *história da ciência*. Ele induz a visões distorcidas da natureza da ciência e do empreendimento científico. “*A epistemologia sem contato com a ciência se torna um esquema vazio. A ciência sem epistemologia – até o ponto em que se pode pensar em tal possibilidade – é primitiva e paralisada*” (Einstein apud Holton, 1978; p. 36). Do ponto de vista didático, a *epistemologia contemporânea* oferece alternativas mais realistas sobre a produção e avaliação do conhecimento científico do que a *epistemologia empirista*, reconhecendo que os cientistas especulam, inventam, constroem as teorias, sofrendo influências de toda a ordem, pois como quaisquer outros seres humanos, estão imersos em um contexto sócio-histórico e se valem das capacidades humanas de imaginação e criação.

#### Bibliografia

BUNGE, M. **Filosofia da Física**. Lisboa: Edições 70, 1973.

EINSTEIN, A. **Notas autobiográficas**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

<sup>3</sup> – De acordo com a tese favorita de Lakatos “*A maioria dos cientistas tende a saber um pouco mais sobre a ciência do que os peixes sobre a hidrodinâmica*” (Lakatos, 1989; p.84). O físico e filósofo da ciência Mario Bunge refere-se a esta epistemologia como o *Credo do Físico Inocente*, fazendo parte dele, entre outros dogmas os seguintes: “*a observação é a fonte e a função do conhecimento físico (...) hipóteses e teorias físicas não passam de experiência condensada, i. e., sínteses indutivas de itens experimentais (...) as teorias físicas podem ser descobertas em conjuntos de dados empíricos. A especulação e invenção dificilmente desempenham qualquer papel na física*” (Bunge, 1973; p. 12).

- \_\_\_\_\_. **Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento.** In: LORENTZ, H. A., EINSTEIN, A. E MINKOWSKI, H. **O princípio da relatividade.** Lisboa: Calouste Gulbekian, 1983.
- HOLTON, G. **La imaginación científica.** México: Fondo de Cultura Económica, 1978.
- HONDERICH, T. (ed.) **The Oxford companion to Philosophy.** Oxford: Oxford University Press, 1995.
- JAPIASSU, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico de filosofia.** Rio de Janeiro, 1990.
- LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica.** Madrid: Alianza, 1989.
- LORENTZ, H. A. Fenômenos eletromagnéticos num sistema que se move com qualquer velocidade inferior à da luz. In: LORENTZ, H. A.; EINSTEIN, A.; MINKOWSKI, H. **O princípio da relatividade.** Lisboa: Calouste Gulbekian, 1983.
- LOSEE, J. A historical introduction to the philosophy of science. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- PAIS, A. **“Subtil é o Senhor ...” A ciência e a vida de Albert Einstein.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein.** Rio de Janeiro: Zahar, 1994.