



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Poincaré e a Falta de Coragem (ou Prudência) para Criar a Teoria da Relatividade Restrita.

Na minha experiência de vida como engenheiro civil, professor e cronista da Física percebi que, em meu entendimento, o sucesso de uma pessoa depende de três coisas: **talento**, **sorte** e **coragem**. Para mim, o **talento** é uma associação da **inteligência** com a **intuição**, características essas definidas pelo psicólogo suíço Jean Piaget (1896-1980). A primeira é consequência da “construção” de conhecimentos adquiridos, e a segunda é decorrente de uma atividade “inconsciente” altamente operativa. [Jean-Marie Dolle, **Para Compreender Piaget** (Zahar Editores, 1983).] A **sorte**, ainda em meu entendimento, relaciona-se com “espaço” e “tempo”, ou seja, “estar no lugar certo e na hora certa”. Por fim, a **coragem** (ou **audácia**) é um atributo primário do ser humano como contraponto da **covardia** (ou **prudência**). Neste verbete, vou analisar o caso da “falta de coragem” (ou prudência) do matemático francês Jules Henri Poincaré (1854-1912) para criar uma das mais importantes Teorias do Século 20: a da **Relatividade Restrita**. O talento de Poincaré é indiscutível, como se pode ver, por exemplo, no livro do matemático norte-americano Morris Kline (1908-1992) e intitulado **Mathematical Thought from Ancient to Modern Times** (Oxford University Press, 1972). Além do mais, no final do Século 19 e começo do Século 20, Poincaré e outros cientistas, na Europa, discutiram temas que, mais tarde, tornaram-se importantes para o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Restrita; portanto, ele estava no lugar certo e na hora certa. Desse modo, resta apenas analisar se ele não teve “coragem” (ou foi prudente) para criá-la. Para isso, usarei os seguintes textos: Sir Edmund Taylor Whittaker, **A History of the Theories of Aether and Electricity: The Modern Theories (1900-1926)**, Thomas Nelson and Sons, Ltd. (1953); Abraham Pais, ‘**Subtle is the Lord ...**’ **The Science and the Life of Albert Einstein**, Oxford University Press (1982); Michel Paty, **Einstein Philosophe**, Presses Universitaires de France (1993); John Stachel, **IN: Twentieth Century Physics, Volume I**, Institute of Physics Publishing and American Institute of Physics Press (1995); e José Maria Filardo Bassalo, **Nascimentos da Física (1901-1950)** (EDUFPA, 2000).

No final do Século 19, três importantes questões eram discutidas pelos cientistas no sentido de entender a Dinâmica Newtoniana e a Eletrodinâmica Maxwelliana dos corpos em movimento, tais como: 1) a **simultaneidade** de dois eventos separados no espaço, cujo conceito está relacionado com a Dinâmica Newtoniana, segundo a qual o **espaço** e o **tempo** são postulados como absolutos; 2) a existência do **éter luminífero cartesiano**, questionada desde a **experiência de Michelson-Morley**, realizada em 1887 (vide verbete nesta série); e 3) a assimetria das **equações de Maxwell** (carga elétrica em repouso cria apenas campo elétrico, e ela em movimento, para quem a observa, cria campo elétrico e magnético) e a sua invariância. Note-se que essas equações foram formuladas em 1873 (vide verbete nesta série). Esses três importantes problemas, fundamentais para o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Restrita (ou Especial), foram tratados por Poincaré. Vejamos como.

Em 1898 (*Revue de Métaphysique et de Morale* 6, p. 1), Poincaré publicou um artigo no qual discutiu a simultaneidade de dois eventos separados no espaço, bem como a igualdade de dois intervalos de tempo. Segundo afirmou o físico holandês-norte-americano Abraham Pais (1918-2000) no livro citado acima, nas discussões apresentadas no artigo acima referido, Poincaré questionou o “significado objetivo da simultaneidade”. Registre-se que tais discussões foram

reproduzidas e ampliadas por Poincaré em seu famoso livro intitulado **O Valor da Ciência** (Flammarion, 1902; Contraponto, 1995).

Naquele ano de 1898, Poincaré ainda não havia mencionado qualquer problema relacionado com o éter e nem com a Eletrodinâmica Maxwelliana. Contudo, logo depois, em 1900 (*Archives Néerlandaise des Sciences Exactes et Naturelles* **5**, p. 232), ele discutiu a ação do momento eletromagnético (ρ) sobre o “éter livre” e, com isso, demonstrou que a energia Poyntingiana (E) da radiação eletromagnética que se desloca com a velocidade c , no vácuo, vale mc^2 , pois (em notação atual): $\mathbf{p} = m\mathbf{c} = \mathbf{E}/c \rightarrow \mathbf{E} = m\mathbf{c}^2$. Ainda nesse artigo de 1900, Poincaré apresentou uma interpretação física para o conceito de **tempo local** ($t' = t - r/v$) discutido pelo físico holandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928; PNF, 1902) em seu livro intitulado **Versuch ein Theorie der elektrischen und optiken Erscheinungen in bewegten Körpern** (Brill: Leiden, 1895). (Sobre esse conceito Lorentziano, vide verbete nesta série). Com essa interpretação, Poincaré deduziu a lei de transformação do campo eletromagnético, considerando as fontes do mesmo, ou seja: densidade de carga (ρ) e de corrente (\vec{J}). Note-se que, para essa demonstração, Poincaré usou um tipo de transformação que seria mais tarde também utilizada por Lorentz, em 1904 (*Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam* **6**, p. 809), em seu novo modelo para estudar o movimento de um elétron, considerado esférico e que se contraía quando se deslocava com velocidade constante. Esse tipo de transformação recebeu de Poincaré o nome de **transformação de Lorentz**, em 1905, conforme veremos mais adiante. Registre-se que Lorentz chegara a essa transformação, em 1899 (*Verslagen Koninklijke Akademie van Wetenschappen* **7**, p. 507), porém com um fator de escala ϵ . Naquele artigo de 1904, Lorentz considerou esse fator de escala como sendo unitário. Essa transformação tem o seguinte aspecto (em notação atual):

$\mathbf{x}' = \gamma(\mathbf{x} - \mathbf{v}t)$; $\mathbf{y}' = \mathbf{y}$, $\mathbf{z}' = \mathbf{z}$, $t' = \gamma(t - \mathbf{v}\mathbf{x}/c^2)$, onde: $\gamma = (1 - \mathbf{v}^2/c^2)^{-1/2}$. Essas expressões relacionam as coordenadas ($\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{x}', \mathbf{y}', \mathbf{z}'$) e os tempos (t, t') de dois sistemas de coordenadas de origem (\mathbf{O}, \mathbf{O}'), respectivamente, com o sistema \mathbf{O}' se deslocando com velocidade constante (\mathbf{v}) paralelamente ao eixo dos \mathbf{x}, \mathbf{x}' .

Voltemos a Poincaré e ao problema do éter. Ainda em 1900 (*Rapports présentés au Congress International de Physique de 1900: Paris* **1**, p. 1), Poincaré voltou a discutir a existência do éter, com os argumentos preliminares apresentados nesse Congresso, reproduzidos e mais elaborados no livro **O Valor da Ciência**, referido anteriormente. Em 1904 (*Bulletin de la Société Mathématique de France* **28**, p. 302), ele tratou novamente do éter, ocasião em que formulou a seguinte pergunta: *Que é o éter, como suas moléculas se arranjam, elas se atraem ou se repelem?*. Além dessa pergunta, Poincaré afirmou nesse artigo que os corpos em movimento sofrem uma contração uniforme na direção desse movimento.

Em 05 de junho de 1905, Poincaré comunicou à *Academia Francesa de Ciências* um trabalho, publicado ainda nesse ano (*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* **140**, p. 1504), no qual apresentou a famosa **transformação de Lorentz**, cujo nome foi cunhado por ele nessa ocasião, segundo destacamos anteriormente. Ainda nesse artigo, Poincaré discutiu o problema da gravitação Newtoniana, afirmando que todas as forças deveriam se transformar da mesma maneira sob aquela transformação. Afirmou, também, que a Lei da Gravitação Newtoniana deveria ser modificada e, como consequência dessa afirmação, escreveu: *Deveriam existir ondas gravitacionais que se propagam com a velocidade da luz!*

Muito embora Poincaré haja trabalhado com o que chamou de **transformação de Lorentz** (conforme vimos) e mostrado como o eletromagnetismo Maxwelliano se comporta com essa transformação, e ainda demonstrado a famosa relação **massa x energia**, conforme mostramos até aqui, ele não formulou a hoje conhecida Teoria da Relatividade Restrita, conforme Einstein o fez, em artigo que enviou para a *Annalen der Physik*, em 30 de junho de 1905, publicado no Volume **17**, p. 891, dessa Revista. Nesse artigo, intitulado **Elektrodynamik bewegter Körper** (“Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento”), depois de examinar, dentre outros conceitos físicos, a simultaneidade de eventos separados no espaço e a assimetria das **equações de Maxwell**, Einstein postulou que (na linguagem atual): 1) *As Leis da Física são invariantes por uma*

transformação de Lorentz; 2) A velocidade da luz no vácuo (c) é uma constante em qualquer sistema de referência. Muito embora Einstein, nesse mesmo artigo, haja demonstrado que a massa (m) de um corpo varia com a sua velocidade, isto é: $m = \gamma m_0$, onde m_0 indica a massa desse corpo em repouso ($v = 0$) e γ tenha o mesmo significado do anteriormente visto, foi em um outro artigo intitulado **Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?** (“Pode a inércia de um corpo depender de seu conteúdo de energia?”), publicado ainda em 1905 (*Annalen der Physik* **18**, p. 639), que ele demonstrou que “a massa (m) de um corpo é o seu conteúdo de energia (E)”, ou seja: $E = m c^2$.

Neste momento, cabe a pergunta: *Por que Poincaré não formulou a Teoria da Relatividade Restrita?*. Para responder a essa pergunta, é interessante citar o comentário do físico norte-americano Peter Louis Galison (n.1955), apresentado no livro de nome **Einstein’s clocks, Poincaré’s maps** (Norton, 2003): *Uma nota antecipatória da teoria da relatividade especial de Einstein, um movimento brilhante de um autor (Poincaré) a quem faltava coragem* (grifo meu) *intelectual para trilhar esse caminho até o seu fim lógico e revolucionário*. Esse comentário está reproduzido no livro do escritor norte-americano Walter Isaacson (n.1952) intitulado **Einstein: Sua Vida, Seu Universo** (Companhia das Letras, 2007). Embora Galison tenha achado que “faltou coragem” para Poincaré formular a Teoria da Relatividade Restrita, no sentido formulado por Einstein (sem a necessidade do **éter luminífero cartesiano**), é possível que ele tenha sido apenas “prudente”, pois ainda acreditava e continuou acreditando nesse “meio cósmico”, conforme atesta seu artigo de 1912 (*Journal de Physique Théorique et Appliquée* **2**, p. 347), com o seguinte título: **Les Rapports de la Matière et de l’Éther**. Observe-se que esse artigo está reproduzido em seu último livro de nome **Dernières Pensées**, publicado postumamente, em 1913, em Paris, pela Flammarion.

É ainda oportuno salientar que, em 1906 (*Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* **21**, p. 129), Poincaré publicou um trabalho no qual usou a **transformação de Lorentz** para demonstrar a covariância da Eletrodinâmica Maxwelliana. Aliás, foi nesse trabalho que Poincaré demonstrou a estrutura de grupo daquela transformação e, também, quando ela contém uma translação no espaço-tempo, dada por (em linguagem tensorial atual): $x'^{\mu} = a^{\mu} - \Lambda^{\mu}_{\nu} x^{\nu}$, onde Λ^{μ}_{ν} é a **matriz de Lorentz**. Em vista disso, hoje se fala em **Grupo (Transformação) Local de Poincaré**.



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)