

## Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: Um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula

---

Arthur Issa Mangili

### Resumo

*Algumas vezes pretendemos acrescentar algo de novo a uma aula que pretendemos preparar. Ou ainda gostaríamos de nos aprofundar em algum assunto de interesse em nossa disciplina. A História da Ciência pode - e deve - ser utilizada para tal fim. Contudo, como apontaremos, devemos adotar certa cautela com a escolha de nossas fontes, e também com os pontos que pretendemos discutir em sala de aula. A História da Ciência guarda certos “nós” que só podem ser analisados quando realizamos uma pesquisa mais aprofundada no tema, utilizando uma História da Ciência embasada em uma perspectiva historiográfica atualizada, que leva em consideração não só os conceitos científicos, mas também outros aspectos culturais, históricos e sociais. Utilizamos o exemplo do efeito fotoelétrico para evidenciar um desses nós presentes no estudo da História da Física, mais precisamente nos estudos da História do Eletromagnetismo.*

**Palavras-chave:** História da Ciência; Efeito fotoelétrico; Hertz.

### Abstract

*Sometimes we want to add new material, when we are preparing lessons to our class, or deepen a subject of our interest for the discipline which we teach. The history of science can – and should – be used for this purpose. However, we should be cautious when choosing sources and issues to be discussed in the classroom as pointed out in this paper. There are some issues in history of science which could only be solved by a deep investigation on a specific topic or content. And such investigation should be based on an updated trend in historiography which takes into account not only scientific concepts, but also other cultural, historical and social aspects related to them. The purpose of this paper is to point out to one of such issues in the history of physics, or more specially, in the history of electromagnetism, presenting the case of Photoelectric Effect.*

**Keywords:** History of Science; Photoelectric effect; Hertz.

Muitas vezes nos deparamos com as seguintes situações: Precisamos preparar uma aula ou queremos nos aprofundar mais em algum assunto de nosso interesse. Para isso, consultamos algumas fontes que consideramos confiáveis e que estão ao nosso alcance. Mas, o estudo da História da Ciência guarda alguns mistérios, certos “nós”, que os livros que temos em mãos, muitas vezes, não dão conta de solucionar. Para tanto, torna-se necessária uma pesquisa mais aprofundada em História da Ciência, pautada em tendências historiográficas atualizadas.

Um dos pontos que nos chamou a atenção foi a “descoberta” do Efeito Fotoelétrico, que é comumente atribuída a Heinrich Rodolph Hertz (1857-1894) por diversos físicos e historiadores, tais como Joseph Mulligan<sup>1</sup>, Armando Gibert<sup>2</sup>, e também por autores de livros didáticos, tais como: Francis Sears, Mark Zemansky, Hugh Young<sup>3</sup>, e ainda H. Moysés Nussenzveig<sup>4</sup>. Essas duas últimas obras são amplamente utilizadas em cursos de Física e Engenharia de diversas universidades do Brasil.

Como apontado anteriormente, uma leitura mais contextualizada, pautada em uma tendência historiográfica mais atualizada, conduziu-nos a refletir sobre até que ponto poderíamos atribuir a Hertz a descoberta do efeito. Em nossa investigação constatamos que, em finais do século XIX e começo do século XX, a comunidade científica que estudava os fenômenos eletromagnéticos procurava descrever a onda eletromagnética, comparando-a à luz, e tentava também compreender a sua interação com o meio de propagação. Além disso, constatamos também que o elétron não havia sido estudado de maneira suficiente para que o Efeito Fotoelétrico fosse compreendido tal como conhecemos hoje.

---

<sup>1</sup> Joseph F. Mulligan, “Heinrich Hertz & Philipp Lenard: Two Distinguished Physicists, Two Disparate Men”, *Physics in Perspective*, 1 (1999): 347.

<sup>2</sup> Armando Gibert, *Origens Históricas da Física Moderna* (Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1982), 147.

<sup>3</sup> Francis Sears, Mark Zemansky & Hugh Young, *Física: Ondas Eletromagnéticas, Óptica, Física Atômica* (Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1973), 922.

<sup>4</sup> H. Moysés Nussenzveig, *Curso de Física Básica* (São Paulo: Edgard Blücher, 1998), 249.

Assim, algumas lacunas pareciam estar abertas. Hertz, de fato, tinha descoberto o Efeito Fotoelétrico, tal como afirmam alguns físicos e historiadores? Para tentar responder a essa questão, realizamos uma pequena pesquisa tendo em vista o Efeito Fotoelétrico, utilizando como fonte primária a obra *Electric Waves: Being Researches on the Propagation of Electric Action With Finite Velocity Through Space*, publicada por Hertz em 1893 e, nele, procuramos analisar a parte em que o experimento que se refere ao efeito fotoelétrico é descrito<sup>5</sup>. Para esta análise, consultamos também outras obras: *The Principles of Mechanics Presented in a New Form*, publicado em 1899 por Hertz, que aborda temas da mecânica, e *Miscellaneous Pappers*, publicada em 1896 que traz alguns dos artigos sobre mecânica e eletromagnetismo publicados originalmente por Hertz ao longo de sua carreira. Consultamos também uma literatura especializada sobre Hertz, outros artigos e estudos relativos ao empreendimento experimental do século XIX, e também alguns trabalhos acerca da sociedade alemã desse período.

### **VIDA E FORMAÇÃO**

Heinrich Rudolph Hertz nasceu em 22 de fevereiro de 1857 na cidade alemã de Hamburgo. Filho de Gustav Hertz e Elisabeth Pfefferkorn, Hertz nasceu em uma família com boas condições financeiras. Desde cedo, ele demonstrou ter aptidões práticas. Em sua adolescência, seu pai lhe deu de presente uma bancada com torno e ferramentas. Mas tal aptidão de trabalhar com as mãos foi também acompanhada por outra de natureza mais abstrata. Além da inclinação para trabalhos práticos, Hertz também se dava muito bem com matemática. De fato, com o acompanhamento de seu irmão, começou a frequentar aulas de desenho formal, em que também demonstrou uma forte aptidão para o desenho

---

<sup>5</sup> Arthur Issa Mangili, "Heinrich Rudolph Hertz e o Efeito Fotoelétrico" (dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade de São Paulo, 2011), 42-49.

geométrico, o que levou seus pais a matricularem-no em aulas especiais nessa disciplina<sup>6</sup>.

Quando completou dezoito anos, Hertz morava na cidade de Hamburgo que, apesar da nova configuração da sociedade alemã e da forte indústria naval que ali se encontrava, não possuía nenhuma universidade. Dessa forma, no ano de 1875 decidiu mudar-se para Frankfurt, cidade natal de sua mãe, para preparar-se para a carreira de Engenheiro<sup>7</sup>.

As aptidões práticas de Hertz logo se tornaram notórias, de modo que, naquela época, chegaram até a lhe encomendar um projeto de uma estação ferroviária inteira. Mas, embora Hertz tivesse talento para as questões práticas, ele, entretanto, não escondia sua vontade em estudar física, ou pelo menos física aplicada, principalmente engenharia elétrica. Todavia, naquela época, em que estava em Frankfurt, ainda inexistia um curso de engenharia nesta modalidade. Assim, resolveu juntar-se ao clube de física e química da universidade<sup>8</sup>.

O contato com esse clube o levou a repensar sua carreira como engenheiro. Após dois anos como aprendiz de engenheiro, Hertz mudou-se então para Dresden e se matriculou no Colégio Politécnico. Talvez, um dos motivos que o tenha levado a isso teria sido o fato de ser ali o maior centro de estudos relativos ao telégrafo, assunto estudado por ele alguns meses antes. Além de ter conhecimento prévio no assunto, o colégio contava com a presença do professor Zetsche, que a essa altura tornara-se um dos principais pesquisadores sobre o telégrafo<sup>9</sup>.

Mas Dresden não foi seu último destino. Decidiu deixar a cidade, mudando-se para Munique e matriculou-se no Colégio Politécnico de Munique. Após começar o ano letivo, afirmou que os cursos de física, química e matemática da Politécnica seriam inferiores aos oferecidos pela Universidade de Munique e percebeu que não gostaria mais de manter a

---

<sup>6</sup> Charles Susskind, *Heinrich Hertz: A Short Life* (San Francisco: San Francisco Press, 1995), 29-32.

<sup>7</sup> *Ibid.*, 35.

<sup>8</sup> *Ibid.*, 39.

<sup>9</sup> *Ibid.*, 42.

carreira de engenheiro com as matérias de ciências apenas como pré-requisitos<sup>10</sup>. Ainda sobre esse fato, ele afirmou: “Eu preferiria ser um importante cientista em vez de um importante engenheiro, ou ainda um engenheiro não muito importante a um cientista não importante<sup>11</sup>”.

Assim, descontente, Hertz decidiu abandonar o curso de vez e se dedicar totalmente a Física. Mas, faltava ainda o aval dos pais para resolver essa questão:

Eu realmente me sinto embaraçado em dizer, mas eu devo: agora, no último momento eu gostaria de mudar meus planos e retornar ao estudo das ciências naturais. Eu sinto que chegou o tempo em que eu devo decidir entre me dedicar totalmente para isso ou então dizer adeus. Por isso eu usaria muito tempo no futuro para o estudo das ciências naturais, e acabaria negligenciando meus estudos profissionais e me tornaria um engenheiro de segundo plano. Só recentemente, quando estava arrumando meu plano de estudos, eu vi isso claramente – tão claro que eu não senti mais nenhuma dúvida sobre isso; e meu primeiro impulso foi renunciar todos os assuntos desnecessários em matemática e ciência natural. Mas então, de uma vez por todas, eu vi claramente que eu não poderia fazer isso; que essa tinha sido minha real ocupação até agora, e ainda era minha maior alegria<sup>12</sup>.

Seu pai, então, resolveu ajudá-lo e, dessa forma, Hertz acabou por abraçar a carreira científica. Mas, embora tenha mudado de curso, ele começou a demonstrar, entre o primeiro e o segundo semestre, certo descontentamento com a universidade de Munique. Além disso, um de seus colegas, Max Planck (1858-1947), tinha acabado de abandonar a instituição, mudando-se para Berlim.

Com o começo do terceiro semestre, o descontentamento de Hertz aumentou. Dessa forma, reuniu-se com o professor Betz para obter

---

<sup>10</sup> Ibid., 44.

<sup>11</sup> Ibid., 47. (tradução nossa)

<sup>12</sup> Heinrich R. Hertz, *Miscellaneous Papers* (London: Macmillan and Co., 1896), ix. (tradução nossa).

alguns conselhos acadêmicos. O professor o questionou se ele realmente estaria decidido de deixar Munique e partir para outra cidade. A conversa então acabou por encorajar Hertz a mudar-se de cidade novamente. O professor informara a Hertz que ele encontraria um laboratório em que poderia trabalhar em qualquer lugar que escolhesse.

Naquela época, Hertz encontrava-se num dilema que qualquer físico hoje em dia sonharia em estar: Poderia mudar-se para Bonn, onde lecionava Rudolf Clausius (1822-1888), ou para Berlim, onde trabalhavam Gustav Kirchhoff (1824-1862) e o médico Herman Von Helmholtz (1821-1894). Decidiu-se pela segunda opção, e isso trouxe grandes consequências para sua vida acadêmica. Helmholtz tornou-se um grande amigo, e Kirchhoff foi membro da banca examinadora de seu doutorado.

O primeiro contato entre Hertz e Helmholtz deu-se em 1878, quando ele se encontrava no primeiro ano do curso de física na Universidade Humboldt de Berlim<sup>13</sup>. Como havia abandonado a carreira de engenheiro, trocando-a pela de cientista, ao mudar-se para Berlim Hertz procurou compensar o tempo que havia perdido estudando engenharia e, logo, entrou em contato com Helmholtz, um dos maiores nomes no campo da física na Alemanha, naquele período, que estudava os efeitos elétricos em diversos meios, assunto que viria a interessar a Hertz.

Num primeiro momento, Helmholtz ofereceu a Hertz a oportunidade de trabalhar num prêmio oferecido pela Faculdade de Ciência de Berlin. A questão era relativamente simples. Segundo Charles Susskind, a questão estava relacionada à discrepância existente entre a teoria de Weber e a de Helmholtz. Para Weber, a força entre duas cargas que se moviam não dependia somente da distância entre elas, mas também de sua velocidade relativa e aceleração. Diferentemente, Helmholtz arguia que a aceleração e a velocidade violavam o teorema da conservação de energia. Para resolver essa disputa, a Faculdade de Ciência de Berlin ofereceu um prêmio para quem determinasse se as cargas em movimento que formavam a corrente elétrica num condutor possuíam massa inercial.

---

<sup>13</sup> Susskind, *Heinrich Hertz*, 49.

Hertz tinha uma ideia que ajudaria a resolver esse problema e entrou em contato com Helmholtz. Como Helmholtz dispunha de recursos, ofereceu-lhe uma sala em seu laboratório, onde Hertz trabalhou, resolvendo em alguns meses o problema da massa inercial. Tal fato parece ter rendido frutos, visto que Helmholtz oferecera a Hertz outra oportunidade de trabalho.

Assim, em 1879, a Academia de Ciências de Berlim ofereceu um prêmio para a verificação experimental da teoria de James Clerk Maxwell (1831-1879). Todavia, naquele momento, Hertz declinou da oferta de Helmholtz, retornando a ela somente alguns anos mais tarde. O trabalho para a resolução desse problema veio a ser o cerne de seus estudos sobre propagações elétricas em meios físicos e, provavelmente, teve influências importantes naquilo que conhecemos hoje por Efeito Fotoelétrico.

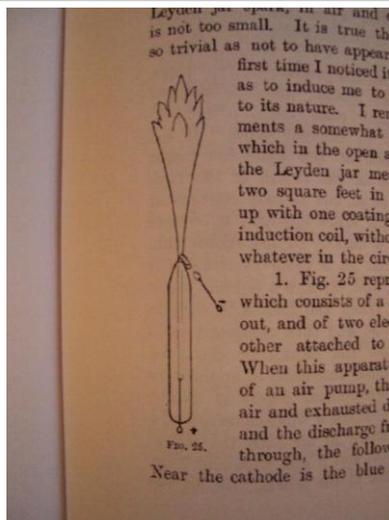
#### **RAIOS CATÓDICOS, DESCARGAS ELÉTRICAS, CIRCUITOS E ONDAS: ALGUNS TRABALHOS DE HERTZ EM ELETROMAGNETISMO**

Em agosto de 1882, Hertz começou estudar fenômenos luminosos em gases rarefeitos que, segundo ele era de grande interesse teórico<sup>14</sup>. Para tanto, elaborou um aparato em que se observava a descarga elétrica entre dois fios-eletrodos; um deles, contido no interior de um tubo de vidro, que continha um pequeno orifício, e outro fora do tubo, mas próximo a essa abertura. Por meio desse aparato, Hertz analisou a “explosão” quente que ocorria em torno desse orifício (vide figura 1).

Podemos dizer que foi com esse experimento que Hertz começou a estudar eletromagnetismo, visto que a sua interpretação envolvia o conceito de ondas movendo-se com o comportamento esperado para ondas, mas algumas vezes, com um comportamento diferente do esperado. Hoje, sabemos que esse comportamento diferente seria mais tarde explicado pela dualidade onda-partícula.

---

<sup>14</sup> Ibid., 58-59.



**Figura 1: Esboço sobre Raios Catódicos feito por Hertz<sup>15</sup>**

Hertz também investigou os fenômenos luminosos em gases rarefeitos, pois estes eram, segundo ele, “fenômenos muito obscuros e inexplorados”<sup>16</sup>. Além disso, alguns aspectos relacionados a esse experimento o conduziram, posteriormente, a resolver o problema proposto pela Academia de Ciência de Berlim, que ele havia declinado anteriormente.

Hertz voltou-se então, naquele momento, para estudar a propagação da eletricidade através de meios e, também, os raios catódicos. Podemos notar que em diversos momentos ele descreve em suas obras, a comparação desses efeitos elétricos com os efeitos esperados para a luz. Em outros termos, parece-nos que ele desconfiava que esses efeitos elétricos poderiam ser comparados à luz. Nas palavras de Hertz: “A conclusão é clara: raios catódicos têm tanto a ver com eletricidade, como a luz de uma lâmpada de bulbo incandescente”<sup>17</sup>.

Podemos dizer que Hertz já imaginava que as descargas elétricas geradas no experimento poderiam, de certa forma, ser comparadas com a luz. Assim, não seria exagerado dizer que ele, provavelmente, tinha em mente que as equações de Maxwell e Helmholtz levariam, de fato, à união

<sup>15</sup> Hertz, *Miscellaneous Papers*, 216.

<sup>16</sup> *Ibid.*, 216. (tradução nossa).

<sup>17</sup> Susskind, *Heinrich Hertz*, 80. (tradução nossa).

entre eletricidade e magnetismo, resultando na formulação da equação de onda para a luz de tal modo a descrever, assim, a velocidade de uma onda luminosa.

Após publicar diversos artigos sobre esse estudo, Hertz decidiu atacar o problema proposto pela Academia anos antes. Naquela época, em 1866, ele encontrava-se em Karlsruhe, local onde sua prática experimental fora fortemente amparada pela Universidade local. De fato, ele mudou-se para essa cidade para que tivesse melhores condições laboratoriais<sup>18</sup>.

Assim tornou-se professor nessa Universidade. Ao assumir o comando do laboratório, Hertz entrou em contato com algumas bobinas de Knochenhauer<sup>19</sup> e um novo gerador. Com a utilização dessas bobinas associadas a um gerador e a uma bateria, Hertz conseguiu produzir descargas elétricas. De fato, após a constatação de que seria possível, apenas com garrafas de Leyden e as espiras de Knochenhauer, produzir a descarga elétrica, denominada por Hertz *funke* (*sparks*)<sup>20</sup>, afirmou que: “Eu debrucei-me sobre o fenômeno das *sparks* laterais, que formaram o ponto de partida para a pesquisa decorrente”<sup>21</sup>.

Podemos dizer que Hertz acreditava ser possível resolver o problema que havia sido proposto pela Academia de Ciência de Berlim, pois conseguia manipular as *sparks* em seu laboratório e, assim, estudar seu comportamento em diversas situações e, dessa forma, comprovar experimentalmente a teoria de Maxwell, ou ainda demonstrar experimentalmente alguma relação entre forças eletrodinâmicas e a polarização de isolantes. Com a utilização desse aparato experimental, Hertz conseguia criar descargas elétricas “comportadas” em seu laboratório e, assim, estudar seu comportamento, comparando-a com a

---

<sup>18</sup> Rollo Appleyard, *Pioneers of Electric Communication* (New York: Ayer Co., 1930), 65.

<sup>19</sup> As bobinas ou espiras de Knochenhauer consistiam em fios enrolados de maneira plana e selados com cera isolante. Para um maior detalhamento, consultar Appleyard, *Pioneers*.

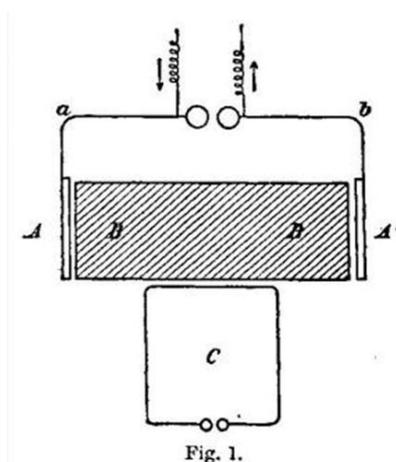
<sup>20</sup> A partir desse ponto, utilizaremos somente a alcunha *spark* para designar a descarga elétrica gerada por Hertz em seu laboratório.

<sup>21</sup> Heinrich R. Hertz, *Electric Waves: Being Researches on the Propagation of Electric Action with Finite Velocity Through Space* (London: Macmillan and Co, 1893) 2. (tradução nossa).

luz, variando o formato de seu aparato experimental e o meio de incidência.

Alguns pontos sobre esse experimento utilizando as espiras chamou-nos a atenção: a) Esse é o primeiro momento em que Hertz citou a existência de *sparks*; b) Essas *sparks* eram geradas através de descargas elétricas no eletrodo primário e incidiam no eletrodo secundário, gerando corrente elétrica de maneira muito próxima ao que entendemos hoje por Efeito Fotoelétrico; c) Hertz utilizou esse experimento para estudar questões como a polarização do meio e, assim, comprovar experimentalmente a teoria de Maxwell não atentando, nesse primeiro momento, para a existência do Efeito Fotoelétrico

O experimento elaborado por Hertz era relativamente simples, visto que o aparato consistia apenas de um gerador de correntes (garrafa de Leyden); um circuito aberto ligado a esse gerador e ligado a duas placas (como num condensador) (vide figura 2).



**Figura 2: Circuito utilizado por Hertz para produzir *sparks* em circuitos distintos<sup>22</sup>**

Segundo Hertz:

O plano que eu adotei foi o seguinte: O condutor primário tinha a forma demonstrada na figura 1; entre as placas A e A', em seu

<sup>22</sup> Ibid., 5.

fim, era introduzido um bloco BB de enxofre ou parafina e esse era rapidamente removido. Eu coloquei o condutor secundário C nessa mesma posição, em relação ao primário, como antes (a única posição que eu tinha levado em consideração) e esperei que quando o bloco estivesse no local, sparks muito fortes apareceriam no circuito secundário, e que quando o bloco fosse retirado teríamos somente poucas sparks.<sup>23</sup>

Hertz esperava que a intensidade das *sparks* fosse diferente quando diversos meios eram colocados entre os eletrodos, mas isso não se demonstrava durante o experimento, dependendo da posição dos circuitos.

Cabe observar que as teorias elétricas existentes até então tratavam de sistemas estacionários ou estáticos. Contudo, o experimento de Hertz apresentava um estado variável<sup>24</sup> de modo que a posição adotada pelos elementos do experimento alterava o resultado final. Isso ocorria porque, segundo Jed Buchwald, o experimento “nunca havia sido feito” e, dessa forma, ninguém nunca tinha se preocupado com os efeitos eletrostáticos em circuitos fechados visto que elas poderiam ser negligenciáveis, embora fossem a única explicação para o fenômeno<sup>25</sup>.

Hertz buscou comparar os efeitos dessa *spark* com a luz, como mencionamos anteriormente. Tal comparação foi publicada em seu artigo “Die Kräfte elektrischer Schwingungen, behandelt nach der Maxwell'schen Theorie” (The Forces of Electric Oscillations, Treated according to Maxwell's Theory).<sup>26</sup>

Contudo, neste artigo, Hertz não parece fazer afirmações explícitas sobre o caráter da onda eletromagnética gerada pela experimentação, isto é, sobre as *sparks*, pois durante a maior parte de sua obra, ele apenas compara o comportamento da *spark* com o comportamento esperado para

---

<sup>23</sup> Ibid., 4-5. (tradução nossa).

<sup>24</sup> Ibid., 5.

<sup>25</sup> Jed Z. Buchwald, *The Creation of Scientific Effects* (Chicago: The University of Chicago Press, 1994).

<sup>26</sup> Hertz, *Electric Waves*, 15.

a luz, sem efetivamente afirmar que se tratavam do mesmo fenômeno. Assim, ele chamou a atenção para a maneira particular de como as forças elétricas, agora entendidas como polarização do meio, que se propagam no espaço, exibiam direta analogia com a propagação da luz:

A hipótese de a luz ser um fenômeno elétrico é dessa maneira feita altamente provável. Para obtermos uma prova rigorosa dessa hipótese requereríamos logicamente experimentos acerca da luz.<sup>27</sup>

Ou seja, Hertz estabelecia uma analogia entre luz e forças elétricas de modo que ele parecia estar interessado em demonstrar somente o caráter luminoso dessa força de propagação a distância. Isso ainda é reforçado pelo próprio cientista ao, afirmar que: “Os detalhes do experimento provam de maneira particular na qual a força elétrica é propagada exibindo uma próxima analogia com a propagação da luz.”<sup>28</sup>

E ainda continua, em nota de rodapé: “A analogia não consiste somente na confiança entre melhores ou piores medidas de velocidade. A velocidade aproximadamente igual é somente um elemento entre outros.”<sup>29</sup>

Dessa forma, como apontamos, Hertz estava preocupado, naquela época, com a descrição da onda eletromagnética e a comprovação experimental da teoria de Maxwell, e não havia dado muita atenção ao Efeito Fotoelétrico. Em suas palavras, ao realizar esse experimento: “Para a questão “O que é a teoria de Maxwell?”, eu agora não ofereço uma curta e mais bem definida resposta do que a seguinte: A Teoria de Maxwell é o sistema de equações de Maxwell.”<sup>30</sup>

Vale ressaltar que durante essa tentativa da comprovação experimental, algumas contradições começaram a aparecer, visto que Hertz tentava adaptar seus experimentos para que a teoria fosse, de fato, demonstrada, refutada ou simplesmente adaptada. Uma das contradições

---

<sup>27</sup> Ibid., 19 (tradução nossa).

<sup>28</sup> Ibid., 19 (tradução nossa).

<sup>29</sup> Ibid., 19 (tradução nossa).

<sup>30</sup> Ibid., 21 (tradução nossa).

apontadas por ele seria o fato de a palavra *electricity* possuir dois sentidos:

Então, infelizmente, a palavra “electricity”, no trabalho de Maxwell, obviamente possui significado duplo. Em primeiro lugar, ele a usa (como nós também fazemos) para denotar a quantidade que pode ser positiva ou negativa, e que forma o ponto inicial das forças-distantes... Em segundo lugar, ela denota que o fluido hipotético no qual nenhuma força-distante (nem mesmo as aparentes) pode agir, e que essa quantidade de espaço dado deve, sob qualquer circunstância, ser uma quantidade positiva. Se nós lermos as explicações de Maxwell nem sempre interpretamos o significado da palavra “eletricidade” de modo adequado, quase todas as contradições que no começo eram tão surpreendentes podem desaparecer. Entretanto eu devo admitir que eu não obtive sucesso nisso por completo, ou para minha total satisfação.<sup>31</sup>

## HERTZ E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Podemos dizer que, com a realização do experimento apontado anteriormente e com algumas pequenas variações do mesmo, Hertz parece ter resolvido o problema proposto pela Academia de Ciência de Berlim, pois controlava de maneira efetiva a criação das faíscas e conseguia analisar seu comportamento em diversos meios. Conseguia, ainda, compará-la com a luz: “A hipótese de a luz ser um fenômeno elétrico é dessa maneira feita altamente provável. Para obtermos uma prova rigorosa dessa hipótese requereríamos logicamente experimentos acerca da luz.”<sup>32</sup> E continua, no mesmo texto: “Os detalhes do experimento provam de maneira particular na qual a força elétrica é propagada exibindo uma próxima analogia com a propagação da luz.”<sup>33</sup>

É possível afirmar que a realização desse experimento permitiu a Hertz caracterizar a propagação da onda, a polarização do meio, e a sua

---

<sup>31</sup> Ibid., 27 (tradução nossa).

<sup>32</sup> Ibid., 19 (tradução nossa).

<sup>33</sup> Ibid., 19 (tradução nossa).

comparação com a luz, alvos principais desses experimentos. Todavia, durante o curso dessa investigação, um fenômeno chamou a atenção de Hertz, um efeito notório que, segundo ele, não poderia ser negligenciado.

Esse efeito seria o Efeito fotoelétrico, tal como o conhecemos atualmente? Talvez, pois nem mesmo Hertz sentiu-se seguro a seu respeito. Surpreso com esse “efeito estranho”, ele se manifestou a seu respeito da seguinte forma:

Logo que comecei os experimentos, eu fui afetado por uma notável e recíproca ação entre duas sparks simultâneas. Eu não tive a intenção de permitir que esse fenômeno distraísse minha atenção do objetivo principal que eu tinha em mente; mas isso ocorreu de um modo tão definido e perplexo que eu não poderia completamente negligenciá-lo.<sup>34</sup>

O problema era relativamente simples: uma faísca primária influenciava o comportamento de uma faísca secundária:

Numa série de experimentos sobre os efeitos de ressonância entre oscilações elétricas muito rápidas que eu conduzi e, recentemente, publiquei, duas *sparks* elétricas eram produzidas pela mesma descarga de uma bobina de indução, e conseqüentemente simultâneas. Uma delas, a *spark* A, era a *spark* da descarga da bobina de indução e servia para criar a primeira oscilação. A segunda, a *spark* B, pertencia ao circuito induzido ou secundária oscilação. A última não era muito luminosa; nos experimentos, seu máximo comprimento tinha que ser habilmente medido. Eu ocasionalmente encapsulava a *spark* B numa caixa escura, sendo assim mais fácil para fazer a observação; e fazendo isso eu percebi que o máximo comprimento ficava decididamente menor dentro da caixa do que fora. Removendo em sucessão várias partes da caixa, era visto que a única porção que exercia esse efeito prejudicial era a que escondia a *spark* B da *spark* A... Um fenômeno tão extraordinário pedia uma investigação mais próxima.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> Ibid., 4. (tradução nossa).

<sup>35</sup> Ibid., 63. (tradução nossa).

Para alguns historiadores, Hertz estaria se referindo aqui a um efeito que ele havia, então, “descoberto”, ou seja, o efeito fotoelétrico. Contudo, interessante ressaltar que, apesar de muitos historiadores creditarem a Hertz a descoberta, ele próprio parece ter abandonado a questão, e nem parece, pelo menos nesse momento, estar preocupado em investigar com mais profundidade o efeito. Em suas próprias palavras:

Assim que eu soube que estava lidando com um efeito da luz ultravioleta, eu coloquei de lado essa investigação, para dirigir minha atenção para a questão principal mais uma vez. Entretanto, como certa familiaridade com o fenômeno é requerida na investigação das oscilações, eu publiquei um comunicado relatando esse fato.<sup>36</sup>

A partir daí, Hertz voltou sua atenção novamente para a criação e propagação da *Spark*, e não para sua incidência no eletrodo. Mesmo assim, por notar que tal efeito era de grande importância, publicou um artigo sobre o tema intitulado "Über einen Einfluß des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung" (*On an Effect of Ultra-Violet Light upon Electric Discharges*)<sup>37</sup>.

Após investigar isto, Hertz afirmou, nesse artigo, que essa situação não havia sido completamente dominada por ele<sup>38</sup>. E ainda, no mesmo artigo, observa que:

De acordo com os resultados de nossos experimentos, a luz ultravioleta tem a propriedade de aumentar a distância entre os eletrodos que causam a descarga em uma bobina de indução, e em outras descargas. As condições sob as quais a luz demonstra esse efeito entre as descargas são certamente muito complicadas, e é desejável que a ação seja estudada sob condições mais simples, e especialmente sem o uso de uma bobina de indução. Ao me empenhar para progredir nessa direção, eu encontrei

---

<sup>36</sup> Ibid., 4 (tradução nossa).

<sup>37</sup> Ibid., 4.

<sup>38</sup> Ibid., 4.

dificuldades. Então, eu me confino no presente momento, a comunicar os resultados obtidos, sem me atentar para nenhuma teoria relativa à maneira com a qual eu observei o fenômeno trazido aqui.<sup>39</sup>

E acrescenta:

Nossa suposição que esse efeito pode ser atribuído à luz é confirmada pelo fato de que o mesmo efeito pode ser produzido por um grande número de fontes de luz... “Deixe *sparks* de qualquer bobina de indução passar entre os eletrodos, e deixe que os eletrodos sejam tão afastados que as *sparks* comecem a falhar na passagem; se agora a chama de uma vela for trazida próximo (cerca de 8cm) as *sparks* começam novamente. O efeito deve ser primeiramente atribuído ao ar quente que sai da chama; mas quando é observado que a inserção de uma fina placa de mica interrompe a ação, ao passo que um placa muito maior de quartzo não a interrompe, nós somos compelidos a reconhecer aqui novamente o mesmo efeito.”<sup>40</sup>

Dessa forma, Hertz confirmava que o efeito era causado pela luz da *spark* primária, mas não se preocupou naquele momento em investigar com mais profundidade o fenômeno. Talvez não tenha se preocupado com isso porque, naquele momento, seria provavelmente impossível dar uma descrição completa do fenômeno, visto que faltavam diversos incrementos à teoria para que essa *spark* pudesse, além de ser comparada com a luz, admitir um caráter dual.

Assim, Hertz concluiu que a *spark* gerada por ele exibia propriedades próximas à da luz. Todavia fica a questão de saber se Hertz descobriu de fato o efeito fotoelétrico. Podemos notar que Hertz percebera algo incomum acontecendo em seus experimentos relativos à luz ultravioleta, e que, de certa maneira, o Efeito Fotoelétrico estava ali presente. Mas entre o efeito estar presente na experimentação e esse mesmo efeito

---

<sup>39</sup> Ibid., 78-79 (tradução nossa).

<sup>40</sup> Ibid., 77 (tradução nossa).

poder ser explicado e entendido, tal como o compreendemos hoje, passaram-se no mínimo dez anos.

Com efeito, foi apenas com a publicação dos artigos de Albert Einstein(1879-1955) em 1905, *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*<sup>126</sup> (Sobre um ponto de vista heurístico relativo à geração e à transformação da luz) que passamos a reconhecê-lo como Efeito Fotoelétrico. Mas, isso é outra história...

**SOBRE O AUTOR:**

Arthur Issa Mangili

Professor do extensivo pré-vestibular e também do ensino médio dos colégios Anglo e Objetivo e Proprietário de Curso de Aprofundamento em Exatas. Professor de Física graduado pela UNESP, campus Bauru, Mestre em História da Ciência pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, bolsista CAPES.

(e-mail: arthurmangili@hotmail.com)

Artigo recebido em 26 de setembro de 2012

Aceito para publicação em 17 de novembro de 2012