

# MICHAEL FARADAY E OS “ELÉTRONS LIVRES”: UMA ANÁLISE HISTÓRICA SOBRE O SEU ESTADO ELETROTÔNICO DA MATÉRIA

## MICHAEL FARADAY AND THE “FREE ELECTRONS”: A HISTORICAL ANALYSIS ON HIS ELECTRO-TONIC STATE OF MATTER

### MICHAEL FARADAY Y LOS "ELECTRONES LIBRES": UN ANÁLISIS HISTÓRICA SOBRE TU ESTADO ELECTROTONICO DE LA MATERIA

Renan André Peres\*  
renan\_321\_321@hotmail.com

Ana Maria Garcia Trzeciak\*\*  
amgtrzeciak@gmail.com

Luciano Carvalhais Gomes\*  
lcgomes2@uem.br

\* Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR – Brasil  
\*\* Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR – Brasil

#### Resumo

Neste artigo, apresentaremos algumas reflexões provenientes de nossa investigação que teve como principal objetivo responder os seguintes questionamentos: Como que a natureza física do fenômeno da condutividade elétrica passou a ser interpretada por Michael Faraday após seu sucesso na Indução de Corrente Elétrica, ocorrido em 1831, mediante a sua teoria do estado eletrotônico da matéria? Em quais aspectos suas ideias se assemelham com a atual teoria da condutividade elétrica? Diante disso, a nossa pesquisa envolveu uma análise histórica sobre a ideia do estado eletrotônico de Faraday, além de sua proximidade com a teoria dos elétrons livres.

**Palavras-chave:** Michael Faraday, Condutividade Elétrica, Estado Eletrotônico, Elétrons Livres.

#### Abstract

In this paper, we will present some reflections from our investigation that aimed to answer the following questions: How did the physical nature of the phenomenon of electrical conductivity come to be interpreted by Michael Faraday after his success in the Induction of Electric Current, which occurred in 1831, through your theory of the electro-tonic state of matter? In what ways do your ideas resemble the current theory of electrical conductivity? Therefore, our research involved a historical analysis about Faraday's idea of electro-tonic state, as well as about its proximity to the theory of free electrons.

**Key-words:** Michael Faraday, Electric Conductivity, Electro-tonic State, Free Electrons.

#### Resumen

En este artículo, presentaremos algunas reflexiones de nuestra investigación que tenían como objetivo responder las siguientes preguntas: ¿Cómo llegó a ser interpretada por Michael Faraday la naturaleza física del fenómeno de la conductividad eléctrica después de su éxito en la Inducción de la corriente eléctrica, que ocurrió en 1831? a través de su teoría del estado electrotónico de la materia? ¿En qué se parecen sus ideas a la teoría actual de la conductividad eléctrica? Por lo tanto, nuestra investigación involucró un análisis histórico sobre la idea del estado electrotónico de Faraday, así como sobre su proximidad a la teoría de los electrones libres.

**Palabras clave:** Michael Faraday, Conductividad Elétrica, Estado Electrotónico, Electrones Libres.

## INTRODUÇÃO

Diante do preocupante cenário no qual se encontra o atual Ensino de Ciências, ainda marcado por um ensino propedêutico e empirista, a História da Ciência (HC) se apresenta como um recurso didático-pedagógico para auxiliar na modificação desse quadro. Sobre isso, Matthews (1995, p. 165) afirma:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Assim, levando em consideração as potencialidades do uso da HC na Educação Científica, como a sua importância para o desenvolvimento de um ensino mais reflexivo e envolvente, buscamos desenvolver uma pesquisa que nos possibilitasse trazer aportes históricos para o desenvolvimento de práticas mais humanizadas no Ensino de Ciências, em especial, quanto ao conteúdo de condutividade elétrica.

Nesse contexto, almejamos responder os seguintes questionamentos: Como que a natureza física do fenômeno da condutividade elétrica passou a ser interpretada por Michael Faraday após seu sucesso na indução de corrente elétrica, ocorrido em 1831, mediante a sua teoria do estado eletrotônico da matéria? Em quais aspectos suas ideias se assemelham com a atual teoria da condutividade elétrica?

Desse modo, apresentaremos uma análise histórica quanto o estado eletrotônico de Faraday e sua proximidade com atual teoria da condutividade elétrica dos sólidos, constituída, basicamente, pelo modelo dos *elétrons livres*.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia empregada foi o da pesquisa bibliográfica conforme descrita por Salvador (1981), uma vez que foi necessária a realização de uma intensiva prática de leitura e análise crítica sobre determinado conteúdo, pois, assim como corrobora Lima e Mioto (2007, p. 37), “[...] trabalhar com a pesquisa bibliográfica significa realizar um movimento incansável de apreensão dos objetivos, de observância das etapas, de leitura, de questionamentos e de interlocução crítica com o material bibliográfico, e que isso exige vigilância epistemológica”.

Dessa forma, nossa primeira etapa foi o momento no qual definimos as questões e os objetivos de pesquisa, de acordo com Salvador (1981), a *Elaboração do Projeto de Pesquisa*. No segundo momento, descrito como *Investigação das Soluções*, selecionamos os materiais e conteúdos que viriam a ser analisados de forma mais minuciosa, sendo para isso, necessária uma intensiva e atenciosa prática de leitura, pois, assim como levanta Salvador, “[...] os resultados da pesquisa dependem da quantidade e, sobretudo, da qualidade dos dados coletados” (SALVADOR, 1981, p. 73).

Na sequência, ocorreu a *Análise Explicativa das Soluções*, ou seja, o momento em que desenvolvemos nossas interpretações, reflexões e discussões mais minuciosas sobre as ideias trazidas pelo autor, sempre tendo em vista os nossos objetivos. É nessa etapa que ocorre uma análise crítica mais aprofundada dos conteúdos, buscando defender nossas interpretações e ideias para que ocorra o desenvolvimento e elucidação de soluções para nossos questionamentos iniciais (SALVADOR, 1981).

Por fim, tivemos a etapa da *Síntese Integradora*, que se consistiu do desenvolvimento de nossas conclusões com relação à teoria do estado eletrotônico de Faraday e sua proximidade com a concepção atual de condutividade, uma vez que em tal momento deve ocorrer à elaboração de uma “[...] síntese que integre, ordenada, coordenada e subordinadamente todas as soluções encontradas” (SALVADOR, 1981, p. 168). Assim, mediante as reflexões, discussões e soluções emergentes da fase anterior, realizamos uma organização e síntese de nossas ideias que nos possibilitou o retorno aos nossos questionamentos iniciais com soluções mais sólidas e concisas.

## UM POUCO SOBRE A ATUAL TEORIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SÓLIDOS

Nesta secção, apresentaremos uma visão geral sobre a teoria da condutividade elétrica em sólidos, uma teoria baseada no modelo dos *elétrons livres* que fora construído arduamente mediante as dúvidas, reflexões e contribuições de inúmeros cientistas ao longo do desenvolvimento da mecânica quântica, no século XX, dentre eles, Niels Bohr (1885-1962), que, ao sugerir seu modelo atômico constituído por órbitas estacionárias, a um primeiro momento, para os átomos de hidrogênio, sugeriu também as “[...] transições descontínuas entre as órbitas, os conhecidos “saltos quânticos”” (BROCKINGTON, 2005, p. 43).

Dentre os obstáculos para quais as teorias físicas clássicas se depararam no início do século XX, estava o comportamento corpuscular da luz em alguns experimentos, como o *efeito fotoelétrico*, passando a ser “[...] um ente que em certas condições experimentais exhibe propriedades ondulatórias e,

em outras condições experimentais, exibe propriedades corpusculares, mas que nunca exibe ambas as características ao mesmo tempo” (ROSA, 2004, p. 19).

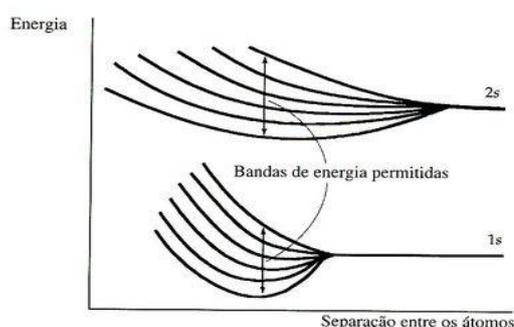
Posteriormente, Louis de Broglie (1892-1987) defendeu a tese de que se a luz apresentava uma característica corpuscular, então o elétron deveria se comportar como onda. Após a teoria de o físico francês ter sido comprovada experimentalmente, o modelo dos *elétrons livres* passou a fornecer respostas mais condizentes aos experimentos, uma vez que levou em consideração a natureza ondulatória dos elétrons em seus cálculos.

### Teoria de bandas para os sólidos: os elétrons livres

Devemos lembrar que a diferença nos valores de resistividade de condutores e isolantes é enorme, uma vez que os condutores possuem uma maior condutividade elétrica, e assim, uma menor resistência à passagem de corrente elétrica. A razão para isso está na variação da densidade de elétrons livres. A teoria de bandas para os sólidos visa explicar essa variação levando em consideração os efeitos das redes nos níveis de energia dos elétrons.

Em suma, podemos dizer que na medida em que os átomos se agrupam em um arranjo ordenado, como o cristalino de um sólido, os elétrons constituintes detectam a ação de outros elétrons e núcleos dos átomos adjacentes, acarretando em uma mudança nos níveis de energia de cada átomo. Como resultado dessa influência, as funções de onda que descrevem os elétrons individuais se superpõem, ou seja, somam-se, o que resulta no desdobramento em mais níveis de energia possíveis. O conjunto desses novos níveis é chamado de banda de energia eletrônica. A *figura 1* ilustra o sistema de desdobramento dos níveis de energia na aproximação dos átomos.

**Figura 1:** Divisão de dois níveis de energia para seis átomos como função da separação entre eles. Quando existem muitos átomos, cada nível se divide em vários níveis de energia com um espaçamento entre si muito pequeno.



Fonte: TIPLER; MOSCA (2009, p. 125).

Assim, elétrons ligados ao núcleo dos átomos individuais ocupam os níveis de energia mais baixos e, conseqüentemente, as bandas mais baixas de energia. Os elétrons responsáveis pela condução elétrica ocupam as bandas mais altas de energia. A banda de energia completamente cheia ou parcialmente preenchida com elétrons de maiores estados energéticos é chamada de banda (ou camada) de valência. O preenchimento dessas bandas depende do tipo de átomo e do tipo de ligação do sólido.

A partir disso, entende-se por que alguns sólidos são mais condutores do que outros. Se um campo elétrico (por meio da indução ou bateria) for aplicado ao material, os elétrons vão adquirir energia somente se existir bandas de energia próximas desocupadas dentro do intervalo de energia que o campo elétrico aplicado permitir aos elétrons adquirir. Se não existir níveis vazios na vizinhança, e a diferença de energia entre os níveis for muito grande, o campo elétrico poderá ser fraco e o elétron não ganhará energia, implicando que o sólido se comporte como um *isolante elétrico*. Se a banda de valência estiver parcialmente cheia, existem muitos estados de energia disponíveis, permitindo assim que o elétron transite (saltos quânticos) no material, tornando-o um bom *condutor elétrico*.

Assim, em linhas gerais, o modelo dos *elétrons livre* explica que o surgimento de corrente elétrica se dá mediante o “deslocamento” de elétrons (livres), saltos quânticos, para átomos vizinhos que possuem orbitais parcialmente vazios para recebê-los.

## **A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA SOB O OLHAR DE MICHAEL FARADAY: SOBRE UM ESTADO DE TENSÃO DA MATÉRIA**

No fim do século XVIII, os fenômenos elétricos e magnéticos ainda eram vistos por muitos como acontecimentos de naturezas completamente distintas, no entanto, alguns cientistas já buscavam indícios da existência de uma possível interação eletromagnética (MARTINS, 1986), muitos guiados e motivados até mesmo por princípios filosóficos, como Hans Christian Ørsted (1777-1851), crente na ideia “[...] de que todos os fenômenos são produzidos pelo mesmo poder original” (ØRSTED, 1830, p. 575, tradução nossa).

Possuindo tal crença, Ørsted se empenhou por anos na busca por uma “prova” da interação eletromagnética, e enfim, “[...] sua constante persistência na busca de sua ideia, tanto por raciocínio e

experimento, foi bem recompensada no inverno de 1819” (FARADAY, 1821, p. 195, tradução nossa) mediante a realização do experimento da agulha imantada<sup>1</sup>.

Após a divulgação do experimento de Ørsted, ocorrido no dia 21 de julho de 1820 (SNELDERS, 1990), o cientista britânico Michael Faraday (1791-1867), iniciou suas próprias investigações na área do Eletromagnetismo, motivado, assim como a maioria, pelo o mais novo fenômeno observado, um acontecimento certamente impactante e que estaria a quebrar o paradigma até então aceito, o paradigma de que o magnetismo e a eletricidade se caracterizavam por naturezas distintas.

No início de sua trajetória, um longo período de estudos, dificuldades, tentativas e erros fora percorrido por Faraday, caminho esse que teve seu início em 1813 e contou com o apoio de muitos personagens, como o do Sr. Dance, que desempenhou um importante papel para a imersão de Faraday na ciência, uma vez que o ajudou assistir diversas palestras de Humphry Davy na Royal Institution, nomeado químico da época e seu primeiro empregador na área científica (THOMPSON, 1898).

Em 1825, Faraday já tinha realizado diversos importantes feitos ao campo do Eletromagnetismo, e já se encontrava na busca por alguma influência do magnetismo sobre a eletricidade, assim como ficou registrado em seu artigo *Electro-magnetic Current*, publicado em 1825, no 19º volume (Nº XXXVIII) do *The Quarterly Journal of Science, Literature and the Arts* (p. 338), conforme pode ser visto na seguinte passagem:

Assim como a corrente de eletricidade, produzida por uma bateria voltaica, quando passada através de um condutor metálico, afeta poderosamente um imã, tendendo fazer os polos a passarem ao redor do fio, e dessa maneira, movendo massas consideráveis de matéria, era suposto que uma reação seria exercida sobre a corrente elétrica, capaz de produzir algum efeito visível, e a expectativa sendo, por várias razões, de que a aproximação de um poderoso polo magnético diminuísse a corrente de eletricidade, o seguinte experimento foi feito [...] (FARADAY, 1825, p. 338, tradução nossa).

Apesar dos resultados não terem sido satisfatórios nessa sua série de experimentos em tal ano, assim como, em algumas outras tentativas posteriores desenvolvidas em 1828, e nesse segundo momento, já em busca de uma possível indução de corrente elétrica (DIAS, 2004), Faraday não desistiu de sua busca, e apesar da esporadicidade de seu envolvimento ao longo desses anos, no dia 29 de agosto de 1831, conseguiu desenvolver o que há tempos vinha buscando, a indução de corrente elétrica (MARTINS, 1949; THOMPSON, 1898).

---

<sup>1</sup> Deflexão da agulha imantada de uma bússola mediante a aproximação paralela de um fio retilíneo percorrido por corrente elétrica.

Ao longo dos meses de agosto a dezembro de 1831, Faraday realizou uma série de experimentos que possibilitou chegar tanto na indução eletro-voltaica quanto na indução eletromagnética. Esse seu primeiro contato com a indução de corrente elétrica foi publicado em seu primeiro artigo da série *Experimental Researches in Electricity*, em 1 de janeiro de 1832.

Junto da apresentação de seus principais experimentos e conclusões dessa sua fase de pesquisas, Faraday divulgou sua lei da Indução Eletromagnética (parágrafo 144) e discutiu também sobre a sua teoria do estado eletrotônico da matéria, desenvolvida inicialmente na tentativa de explicar uma possível condição que a matéria viria adquirir quando submetida ao processo de indução e, posteriormente, percorrida por uma corrente elétrica.

A fim de compreendermos melhor sua ideia do estado eletrotônico, adentraremos de forma mais detalhada em algumas de suas discussões a respeito do assunto. De início, Faraday levantou que esse possível estado da matéria, originado quando submetida ao processo de indução de corrente elétrica:

60. [...] não tem sido até agora reconhecida, mas ela, provavelmente, exerce uma influência de grande importância em muitos, se não na maioria, dos fenômenos produzidos pelas correntes de eletricidade. Por razões que aparecerão imediatamente (71), eu tenho, depois de me aconselhar com vários amigos instruídos, arriscado me a designá-la como o estado eletrotônico (FARADAY, 1832, p. 139, tradução nossa).

Assim, dado sua importância para o assunto, o britânico dedicou uma seção de seu artigo apenas para esclarecer e defender sua tese sobre a existência desse novo estado da matéria, comentando logo na sequência que o mesmo é “67. [...] completamente o efeito da indução exercida, e cessa assim que a força indutiva é removida” (FARADAY, 1832, p. 141, tradução nossa), parecendo ser um “71. [...] estado de tensão, e pode ser considerado como equivalente a uma corrente eletricidade, pelo menos igual aquela produzida, ou quando a condição é induzida ou deixado em liberdade” (FARADAY, 1832, p. 142, tradução nossa), ou seja, parece tratar de um estado peculiar que a matéria assume quando é atravessada por uma corrente elétrica, que, possivelmente, poderia estar relacionada a estrutura física da substância, uma vez que nem todos os materiais, como até então verificado experimentalmente, possuíam a capacidade de adentrar em tal estado. Sobre isso, Faraday afirmou:

66. Todos os metais assumem o estado peculiar. Isso é provado nos experimentos anteriores com cobre e ferro (9), e com ouro, prata, estanho, chumbo, zinco, antimônio, bismuto, mercúrio, etc. por experimentos a ser descritos na quarta parte (132) (FARADAY, 1832, p. 141, tradução nossa).

Além disso, o cientista britânico afirma que a matéria (sobretudo os condutores), quando imersa nesse estado de tensão (eletrotônico), teria certa resistência à formação de corrente elétrica em si mesma, se opondo a corrente indutora original de tal forma a buscar algum equilíbrio no todo, como esclarecido por ele ao comentar sobre a intensidade da tensão desenvolvida na matéria: “72. [...] a tensão desse estado pode, portanto, ser comparativamente muito grande. Mas se grande ou pequena, dificilmente é concebível que ela deva existir sem exercer uma reação sobre a corrente indutora original, e produzindo algum tipo de equilíbrio” (FARADAY, 1832, p. 142-143, tradução nossa). Devido a esse caráter opositor, Faraday sugeriu que a corrente indutora poderia sofrer uma retardação, no entanto, ao mesmo tempo levantou não ter sido capaz de verificar experimentalmente esse fato.

Posteriormente, com o aprofundamento de suas reflexões sobre o assunto, Faraday foi levado a crer que “74. [...] a corrente de eletricidade que induz o estado eletrotônico em um fio vizinho, provavelmente induz esse estado também em seu próprio fio” (FARADAY, 1832, p. 143, tradução nossa), isso é, o estado eletrotônico é estimulado nos condutores tanto por uma corrente elétrica induzida quanto por uma corrente da própria bateria voltaica, não era mais apenas um caso exclusivo da indução, como inicialmente levantado por ele.

Esse fato acaba nos conduzindo a compreender o estado de tensão de Faraday como sendo uma condição que a estrutura interna da matéria adquire para que haja a condutividade elétrica, independentemente da forma na qual a corrente é excitada no mesmo, pois, de acordo com o cientista britânico: “75. Nenhuma dificuldade surge, eu penso, em considerar o fio assim tornado eletrotônico devido mais a sua própria corrente do que por qualquer corrente externa, especialmente quando nenhuma interferência aparente desse estado é considerada (62.71.)” (FARADAY, 1832, p. 144, tradução nossa). O fato de a matéria ser estimulada a esse estado não apenas pela indução, mas também por uma simples passagem da corrente, é corroborado novamente por Faraday ao comentar sobre a ocorrência de tal condição inclusive nos fluidos: “76. A razão dada com relação aos metais também se estende aos fluidos e todos os outros condutores, e conduz à conclusão de que, quando correntes elétricas são passadas através deles, eles também assumem o estado eletrotônico” (FARADAY, 1832, p. 144, tradução nossa).

Posteriormente, o britânico fez algumas reflexões quanto à natureza do estado eletrotônico em si, ou seja, quanto a sua essência, afirmando que todos “73. [...] os resultados favorecem a ideia de que o estado eletrotônico está relacionado com as partículas, e não com a massa” (FARADAY, 1832, p. 143, tradução nossa). Esse raciocínio foi melhor elaborado por ele na continuidade de seu artigo, como veremos a seguir.

Vale ressaltar que, apesar de Faraday ter ficado reconhecido pela sua excelência e ampla visão na investigação experimental, ele discorria muito quanto à natureza dos fenômenos, acarretando em uma forte presença metafísica em suas obras, como é possível notarmos principalmente em suas reflexões sobre as *linhas de força magnética*, trazidas no 28º número de sua série *Experimental Researches in Electricity* e em seu artigo *On the Physical Character of the Lines of Magnetic Force*. Além disso, esse fato pode ser verificado com a própria continuidade de suas discussões a respeito de sua teoria do estado eletrotônico, em que realiza discussões e apontamentos com uma profunda reflexão filosófica na preocupação em descrever e compreender o processo interno da matéria no momento em que ocorre o surgimento da corrente elétrica, como pôde ser visto na passagem seguinte:

No estado eletrotônico, as partículas homogêneas da matéria parecem ter assumido um regular, mas forçado, arranjo elétrico na direção da corrente o qual, se a matéria for indecomponível, produz uma corrente de retorno quando liberadas; mas na matéria decomponível, esse estado forçado parece ser suficiente para fazer uma partícula elementar deixar sua [partícula] companheira, com quem está em uma condição restrita, e se associar com partículas vizinhas similares, em relação ao qual está em uma condição mais natural, sendo o arranjo elétrico forçado ele próprio descarregado ou aliviado, ao mesmo tempo, tão eficaz quanto se ele tivesse sido libertado da indução. Mas, à medida que a corrente voltaica original é continuada, o estado eletrotônico pode ser instantaneamente renovado, produzindo o arranjo forçado das partículas compostas, como ser descarregado tão instantaneamente por uma transferência das partículas elementares do tipo oposto em direções opostas, mas paralelas a corrente (FARADAY, 1832, p. 144, tradução nossa).

Por esse excerto, Faraday entende que estando determinados materiais (os decomponíveis) no estado eletrotônico, em uma condição forçada que acarreta em uma tensão de toda estrutura interna da matéria, eles possuem a capacidade de abandonarem suas partículas elementares (elétrons), originalmente conectadas, para se associarem com as suas partículas vizinhas, contribuindo, dessa forma, para que ocorra um alívio e descarregamento no arranjo elétrico.

Em suma, Faraday nos conduz a ideia de que a corrente elétrica ocorra devido a um deslocamento das partículas elementares da matéria para suas partículas vizinhas, uma vez que, a partir disso, ocorra um descarregamento da tensão que existe no arranjo elétrico, fenômeno esse que, de acordo com o cientista britânico, é devido então a uma capacidade que determinados materiais (decomponíveis) possuem em aliviar (descarregar) a tensão do arranjo elétrico quando são submetidos ao processo de produção de corrente elétrica, seja pela indução ou pela simples conexão a uma bateria, nos levando a entender que os materiais decomponíveis sejam aqueles com uma grande condutividade elétrica, ou seja, os metais.

Neste ponto, é interessante notarmos a proximidade das reflexões de Faraday acerca do estado eletrotônico com a atual concepção de descarregamento elétrico e tensão elétrica, que por sua vez, e como visto na secção anterior, estão diretamente relacionadas à ideia de condutividade elétrica<sup>2</sup> mediante a um “deslocamento” de elétrons (livres) para átomos vizinhos, os chamados saltos quânticos. No entanto, é necessário cautela e cuidado ao tratarmos de tal semelhança, pois, apesar de haver essa proximidade, seria inapropriado, neste caso ou em qualquer outro semelhante na historiografia da ciência, afirmarmos que Faraday realmente possuía uma crença parecida com a atual ideia dos *saltos quânticos*, uma vez que estamos analisando períodos com um distanciamento de quase 200 anos, e assim, tanto o contexto científico e filosófico quanto grande parte das concepções acerca do tema são distintas.

A fim de exemplarmos brevemente tais distinções, lembremos que no século XIX temos ainda aceitação de um meio físico que viria a preencher de todo o universo, o *éter*. Tal crença (de um meio material) faz parte inclusive das reflexões de Faraday, onde ao tratar sobre sua filosofia das *linhas de força magnética*, revelou: “3258. [...] eu não posso conceber as linhas curvadas de força sem as condições de uma existência física naquele espaço intermediário” (FARADAY, 1852, p. 408, tradução nossa). Além disso, muitas concepções como conhecemos hoje também nem se quer existiam na época em que Faraday propôs seu estado eletrotônico, por exemplo, a própria definição de átomo, elétron, corrente elétrica, ou mesmo, de campo magnético e elétrico.

Contudo, ainda sim, e até mesmo por esse distanciamento entre os contextos, é interessante e de relevância ao menos apresentarmos essa proximidade entre as duas teorias acima discutidas, uma vez que os discursos de ambas nos oferecem reflexões com uma linha de raciocínio extremamente semelhante.

Apesar de Faraday não ter escrito muito sobre o *estado eletrotônico* e a matéria *decomponível*, há outros trechos que confirmam a interpretação de que os materiais decomponíveis sejam substâncias com uma maior condutividade elétrica, sobretudo, os metais e alguns tipos de fluidos, como nos sugere a seguinte passagem:

Em consequência da reação dos constituintes de cada porção de matéria decomponível, afetada pela supervenção da corrente elétrica (524.), porções dos elementos próximos ou finais avançam na direção da corrente na medida em que encontram matéria de natureza contrária capaz de efetuar sua transferência, e ser igualmente afetada por elas; e onde eles deixam de encontrar tal matéria, eles são evoluídos a seu estado livre, isto é, sobre

---

<sup>2</sup> De acordo com a teoria atual, para que uma bateria gere corrente elétrica, é necessária que na mesma exista uma diferença de potencial (carga elétrica) em seus polos, ou seja, uma tensão elétrica, para que então, quando conectada a um condutor, ocorra o descarregamento dessa tensão mediante ao deslocamento dos elétrons livres.

as superfícies de metal ou ar que delimitam a extensão da matéria decomponível na direção das correntes (FARADAY, 1833, p. 710, tradução nossa).

Logo no início da citação, o britânico aponta que em determinadas porções de matéria decomponível ocorre a *supervenção* de corrente elétrica, ou seja, ocorre à condução de corrente. Outro indício de que tal matéria seja de fato condutora. Além disso, no final, ao comentar que “[...] eles são evoluídos a seu estado livre, isto é, **sobre as superfícies de metal ou ar que delimitam a extensão da matéria decomponível** [grifo nosso] na direção das correntes” (FARADAY, 1833, p. 710), Faraday nos leva a crer, com mais confiabilidade, que os metais são materiais decomponíveis, uma vez que descreve a superfície do metal como sendo a linha que indica o final da matéria decomponível.

Ainda com relação a esse pensamento, Faraday esclarece que nos materiais indecomponíveis surge um tipo de *corrente de retorno*, como sendo uma possível corrente induzida (e na direção contrária) no próprio fio indutor no momento em que sua corrente indutora original é desligada. No entanto, ele não conseguiu nenhuma evidência da ocorrência desse fenômeno nos metais. Conforme esclarece o relato abaixo, após a realização de experimentos que tinham como intuito detectarem a corrente de retorno em um parafuso de cobre conectado a uma bateria voltaica:

Um parafuso de cobre teve suas extremidades conectadas a um galvanômetro e, em seguida, aos polos de uma bateria de cem pares de placas de tal maneira a enviar corrente através dele; o circuito voltaico foi então repentinamente quebrado, e o galvanômetro observado a quaisquer indicações de uma corrente de retorno através do parafuso de cobre, devido à descarga de seu suposto estado eletrotônico. Nenhum efeito desse tipo foi obtido... (FARADAY, 1832, p. 143, tradução nossa).

Esse fato constitui outra evidência que nos leva a compreender os metais e fluidos, que possuem uma grande condutividade elétrica, como sendo os materiais decomponíveis, uma vez que, a princípio, nos materiais indecomponíveis surgiria uma corrente de retorno, mas não nos metais.

Por fim, vale novamente ressaltar que as definições de átomo, elétron ou corrente elétrica, como as conhecemos hoje, foram construídas no século seguinte ao falecimento de Faraday, o que torna ainda mais impressionante a proximidade de suas reflexões a respeito da condutividade elétrica e do comportamento interno da matéria com as teorias e concepções modernas sobre o assunto.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, notamos que essa analogia entre as teorias acima comentadas se deve principalmente ao fato das reflexões de Faraday nos levar a um exercício de raciocínio muito próximo o qual a teoria dos *elétrons livres* também nos conduz, constituído basicamente da ideia de uma condutividade elétrica mediante a um movimento de partículas elementares (elétrons) no interior da matéria decomponível (condutores). Além disso, a presente pesquisa também nos possibilitou refletir um pouco quanto à natureza do conhecimento humano, nos levando a compreender que não é do mais improvável que linhas de raciocínio parecidas em sua essência surjam nas mais distintas épocas e contextos, tais como as próprias dúvidas e dificuldades dos cientistas, sendo esse mais um dos pontos em que a História da Ciência pode contribuir significativamente ao Ensino de Ciências, pois, assim como ressalta Martins (2006), as próprias dúvidas e reflexões dos alunos podem ser muita das vezes semelhantes a aqueles que tinham os cientistas.

## Referências

- BROCKINGTON, G. A **Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio**. 2005. 268f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- DIAS, V. S. **Michael Faraday: subsídios para metodologia de trabalho experimental**. 2004. 157f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- FARADAY, M. Historical Sketch of Electro-magnetism. **The Annals of Philosophy**, London, v. 2, n. 3, p. 195-200, 1821.
- FARADAY, M. Electro-magnetic Current. **The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts**, London, v. 19, n. 38, p. 338, 1825.
- FARADAY, M. Experimental researches in electricity (1<sup>o</sup> series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 122, p. 125-162, 1832.
- FARADAY, M. Experimental researches in electricity (5<sup>o</sup> series). **Philosophical Transactions Royal Society London**, London, v. 123, p. 675-710, 1833.
- FARADAY, M. On the Physical Character of the Lines of Magnetic Force. **Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 3, n. 20, p. 402-428, 1852.
- LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katál**, Florianópolis, v. 10, n. spe, p. 37-45, 2007.
- MARTINS, R. A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: Subsídios para aplicação no Ensino**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2006. p. 21-34.
- MARTINS, R. A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 89-114, 1986.
- MARTINS, T. **Faraday's discovery of electro-magnetic induction**. London: Edward Arnold & CO, 1949. 160p.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- ØRSTED, C. H. Thermo-electricity. **The Edinburgh Encyclopedia**, Edinburgh, v. 28, p. 573-89, 1830.
- ROSA, P. S. **Louis de Broglie e as ondas de matéria**. 2004. 200f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SALVADOR, A. D. **Métodos e técnicas de pesquisa bibliográfica**. 9º ed. Porto Alegre: Editora Sulina, 1981. 239p.

SNELDERS, H. A. M. Oersted's discovery of electromagnetism. In: CUNNINGHAM, A.; JARDINE, N. **Romanticism and the Sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. p. 228-239.

THOMPSON, S. P. **Michael Faraday: His life and work**. New York: The Macmillan Company, 1898. 308p.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 3, 2009. 304p.

Recebido em: 08/03/2020

Aceito em: 01/11/2020

Endereço para correspondência:

Nome: Renan André Peres

Email: renan\_321\_321@hotmail.com



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).