

A EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE: UMA EPÍTOME COMPLEMENTAR

Tiago Destéffani Admiral

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - IFF.

Doutor em Ciências Naturais

tdesteffani@gmail.com

É notório que, o estudo historiográfico, pode contribuir de forma significativa ao aprendizado em ciências em geral. Não apenas sobre os conceitos, mas também sobre a natureza da ciência. Porém percebe-se que, nos livros de física em geral, há uma ausência de abordagens históricas adequadas. Esse artigo tem por objetivo contribuir com um apanhado histórico sistematizado sobre a evolução dos conceitos envolvidos com o estudo do eletromagnetismo. Foi realizada uma revisão bibliográfica para identificar os principais marcos históricos que revolucionaram a forma de entender a eletricidade. Como resultado obtivemos um texto que traz uma síntese histórica que pode ser um material de apoio, especialmente para ajudar a compreender a evolução de conceitos mais abstratos, como de campo elétrico, por exemplo.

Palavras Chave: História da eletricidade, campo elétrico, evolução conceitual.

1. Introdução

Este artigo se dedica a realizar um levantamento dos principais eventos históricos que modelaram o conceito de eletricidade da forma como estudamos hoje, e também traz uma discussão sobre o conceito de campo elétrico que é um conceito chave para o desenvolvimento do eletromagnetismo.

É sabido que (PEREIRA, 2005), por vezes a historiografia dos conceitos científicos é deixada de lado nas aulas de física. Entretanto esse conhecimento pode contribuir em muito para a ressignificação de conceitos mais complexos. Conhecer a origem dos problemas que desencadearam as explicações fenomenológicas, e subsequentemente sua modelagem matemática, é um processo que aguça no aluno o

interesse pela investigação e um maior conhecimento sobre a natureza do conhecimento científico (PIETROCOLA, 2002).

Com a finalidade de compreender a trajetória da evolução dos conceitos de eletricidade, está apresentado nesse artigo um panorama geral dos principais eventos e personagens responsáveis por moldar os conceitos básicos de eletricidade da forma como conhecemos atualmente. Vários autores (PIETROCOLA, 2002; PEREIRA, 2005; MARTINS, 2017; ROCHA, 2002) concordam que essa trajetória histórica se faz necessária para compreender melhor a evolução dos conceitos. Esse apanhado histórico também se faz necessário para melhor compreensão dos conceitos de natureza eletromagnética.

2. A evolução dos conceitos de eletricidade

Conhecidamente a observação dos fenômenos de origem elétrica e magnética acontece desde o século VI a.C., com Tales de Mileto que, é considerado por muitos pesquisadores, um dos primeiros a observar e registrar tais fenômenos (PEREIRA, 2011). Ele atritou uma resina fóssil chamada de âmbar (*elektron* em grego) com pedaços de lã e observou uma força de atração entre a pedra e outros objetos pequenos após o atrito.

Além de Tales de Mileto, outros estudiosos da antiguidade, tais como Platão, Sócrates e Tito de Lucrecio também citaram em seus escritos a observação da atração (magnética) que ocorria com pedras de magnetita (BASSALO, 1992). A origem do nome dessa pedra é devido à região em que era encontrada, ao sul da antiga Tessália, hoje Grécia. Curiosamente o significado da palavra grega magnésia significa “*lugar das pedras mágicas*”, muito provavelmente essa designação tem uma relação direta com o fato de que, naquela época, não existia uma explicação convincente para o fato de as pedras de magnetita se atraírem.

Entretanto, essas observações não serviram de suporte para a criação de um modelo explicativo ou teoria. Os indícios históricos, mais amplamente aceitos, indicam que a utilização da propriedade magnética foi utilizada, como integrante de uma tecnologia, primeiramente pelos chineses, na construção da bússola.

O desenvolvimento da bússola data do ano 2000 a.C., e a busca pelo seu aperfeiçoamento ocorreu durante séculos. Um avanço considerável foi obtido quando se descobriu que uma fina peça de metal poderia ser magnetizada, esfregando-a com

minério de ferro. Em 850 d.C., os chineses, em busca de maior precisão desse instrumento, começaram a magnetizar agulhas de forma a ganhar maior precisão e estabilidade, surgiu então a bússola - que atualmente funciona com o mesmo princípio desenvolvido pelos chineses (FRANCISCO, 2015).

Com o passar do tempo o aprimoramento da tecnologia acontecia de forma empírica, entretanto pouco se concluiu sobre a natureza do fenômeno em si. Bem mais tarde, em meados do século XIII, o estudioso Pierre Pèlerin de Maricourt (1269) publicou o que viria se tornar o primeiro documento escrito sobre as propriedades dos ímãs. Intitulado “*Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaucourt, militem, de magnete*”, o trabalho conhecido mais simplesmente como Epístola do Magneto, datado de 08 de agosto de 1269, é uma carta destinada a um cavaleiro de Foucaucourt, conhecido como Siggerius (MARTINS, 2017). Uma propriedade interessante citada nessa carta é a inseparabilidade dos pólos magnéticos, Pierre já havia observado nessa época que, ao se quebrar um ímã, as partes resultantes serão novos ímãs cada qual com seus pólos magnéticos, Norte e Sul.

Vale ressaltar que essa epístola foi escrita em uma época de relativa instabilidade social na Europa, que estava sem a liderança religiosa mais influente da época. No ano anterior morreria o Papa Clemente VI e, desde o fim de 1268 até 1271 a Igreja Católica, que se configurava como uma liderança que detinha influência em todos aspectos da sociedade, esteve em conclave para a eleição do novo Papa, esse foi o mais longo conclave da história.

Entretanto a carta de Petri Peregrini não possuía elementos suficientes para se tornar uma obra de referência sobre o conhecimento das propriedades magnéticas. Inclusive pouco se sabe sobre o autor, “além do fato de que provavelmente se chamava Pedro e que deveria ser uma espécie de peregrino. Acredita-se que ele tenha sido uma espécie de engenheiro militar do exército da Sicília”¹. Mais tarde, no ano de 1600, o cientista e médico William Gilbert (1544-1603), publicou o tratado que revolucionou a produção científica sobre o conhecimento das propriedades magnéticas. Intitulado *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure (Sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande ímã terrestre)*, seu trabalho continha propriedades novas sobre o magnetismo, e a introdução da ideia de que a própria Terra possuía propriedades

¹ Disponível em: <http://cartografia.eng.br/gilbert-e-os-imas/>.

magnéticas. Nesse mesmo ano nasceria Carlos I, que mais tarde se tornaria o Rei da Inglaterra, Escócia e Irlanda.

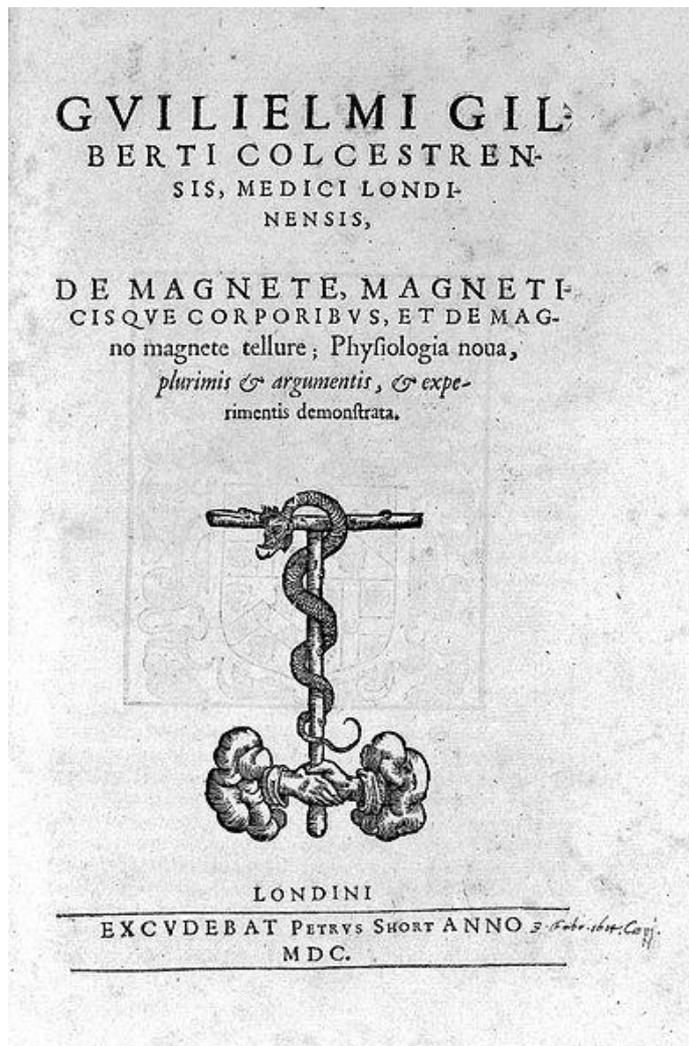


Figura 1: Primeira página da primeira edição do De Magnete. Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Title-Page_of_Dr._W._Gilbert,_%22De_Magnete%22_Wellcome_L0016390.jpg.

A figura 1, quando observada em alta resolução, evidencia a marca da página seguinte do documento. Essa marca é proveniente do brasão de Gilbert. O ano de lançamento dessa obra também coincide com o ano que finaliza o movimento artístico nascido na Europa, conhecido como Maneirismo.



Figura 2: Brasão de Willian Gilbert, reproduzida a partir de uma parte da folha de rosto do *De Magnete*. Fonte:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_arms_of_Doctor_William_Gilbert_Wellcome_M0008990.jpg.

Willian Gilbert, em sua obra, também discutiu a separação dos fenômenos de natureza elétrica e magnética. Para tanto ele realizou, e descreveu com precisão, vários experimentos de eletrostática e interações magnéticas. Ele explicava que a ação à distância se dava através da emissão de uma substância material, chamada de *effluvium*. Gilbert interessou-se também sobre a ação à distância, ele chegou a indicar que “se faz necessário que algo seja enviado de um corpo para outro, para provocar a interação” (PUMFREY e TILLEY, 2003, p.16).

No entanto a teoria de Gilbert em relação ao *effluvium* foi contestada por um pesquisador italiano chamado Niccolo Cabeo (1620), que realizou experiências acerca da interação elétrica entre objetos eletrizados. Em seu livro *Philosophia magnetica*, publicado em 1629 (mesmo ano de nascimento do físico Christiaan Huygens), Niccolo percebeu que, ao impor o contato entre dois objetos condutores carregados, após o contato a interação da força elétrica, havia mudança de atração para repulsão. De acordo com (ROCHA, 2002) essa experiência mudou a percepção sobre o *effluvium*. Percebeu-

se que existia alguma propriedade, adicionada ao material, capaz de alterar a natureza da ação à distância mediante o contato.

Mais tarde, em 1729, o pesquisador chamado Stephen Gray concluiu, através de experiências de eletrização, que alguns materiais favoreciam a troca do “fluido” elétrico e outros não, sugerindo então classificá-los enquanto condutores ou isolantes (BOSS, CALUZI, 2010). Nesse mesmo ano Stephen Gray e Granvil Wheeler constroem a primeira linha de transmissão elétrica da Inglaterra. Entretanto, apenas no ano de 1733, Charles du Fay supôs a existência de dois tipos de carga, dois tipos de fluidos elétricos. Ao atritar seda com um bastão de vidro, Charles percebeu que adquiriam cargas distintas, a nomenclatura utilizada por ele para descrever esse fenômeno foi baseada nos materiais que ele utilizava.

O vidro, ao ser atritado com a seda, perde elétrons e assume um excesso de carga positiva, enquanto a seda, que recebeu os elétrons, assume excesso de carga negativa. Charles chamou a carga assumida pelo vidro de “vítrea” e a da seda chamou de “resinosa”. Naturalmente a expressão “vítrea” faz uma referência direta ao vidro, na medida em que a expressão “resinosa” foi derivada das observações do atrito com âmbar.

Um dos exemplos que a relação entre a ciência (teórica) e a tecnologia (prática) é dialética se deu nos anos de 1745 e 1746. Idealizado a partir de experiências anteriores similares, foi construído o que viria ser o protótipo do capacitor moderno. O dispositivo conhecido com Garrafa de Leyden foi desenvolvido sem que se entendesse completamente seu funcionamento. A partir da observação do funcionamento do dispositivo foram sendo desenvolvidas sucessivas teorias para explicação. Os experimentos que deram origem ao aparelho aconteceram em 1745 na Pomerânia, um ano depois, na cidade de Leyden, na Holanda (MENDONÇA, 2007, p.25).

As contribuições para a compreensão do funcionamento da garrafa de Leyden vieram de diversos cientistas da época. O botânico Willian Watson, laureado com a Medalha Copley em 1745, demonstrou que a capacidade de armazenamento de cargas da garrafa de Leyden poderia ser melhorada com um revestimento interno de chumbo. Willian não era propenso a aceitar que a eletricidade teria natureza vítrea ou resinosa, mas acreditava na teoria de que a eletricidade era um único fluido, o éter elétrico.

Ao estudar a garrafa de Leyden, alguns anos mais tarde, por volta de 1747, Benjamin Franklin, também adepto da teoria do fluido elétrico, deduziu que existiria

apenas um tipo de fluido, e não dois, como sugerido anteriormente, para ele o atrito entre os materiais proporcionava a troca desse fluido. Foi Benjamin Franklin que utilizou pela primeira vez a nomenclatura “positivo” para o corpo que recebeu o fluido e “negativo” para o corpo que perdeu fluido.

Ele acreditava que o fluido elétrico estava igualmente presente em todos os corpos, e podia ser trocado através do contato ou atrito, entretanto, poderia ser devolvido ao corpo que eventualmente tivesse doado fluido. Dessa forma ele concluiu que não se pode criar ou destruir o fluido elétrico. Atualmente essa propriedade ainda é válida e é conhecida como conservação da carga. Benjamin Franklin apresentou também uma explicação do princípio de funcionamento da garrafa de Leyden, de acordo com Mendonça (2007, p.32):

“Noutra carta a 18 de julho de 1747, Franklin começa a denotar alguma preocupação sobre a chegada de informação ser lenta relativamente sobre as descobertas da eletricidade, que cada vez se desenvolvia mais, e nesta carta fala da garrafa de Leyden aplicando sua teoria sobre a eletricidade positiva e negativa, dizendo que o conteúdo não elétrico da garrafa difere quando eletrizada ou não. Quando a garrafa de Leyden está carregada, se a superfície interior é positiva a superfície exterior é negativa, mas não existe na garrafa mais eletricidade do que quando está descarregada; apenas a parte exterior ganhou o que a parte inferior perdeu” (MENDONÇA, 2007, p.32).

Depois de Franklin, alguns estudiosos realizaram experimentos para verificar suas hipóteses e compreender melhor a natureza da interação elétrica. Cerca de cinco anos após a divulgação dos estudos de Franklin, o físico britânico John Canton, também adepto da teoria do fluido elétrico, confirmou os resultados de Franklin e foi o primeiro cientista a conseguir perceber que um objeto pode ser eletrizado sem que seja necessário o contato (MEDEIROS, 2002, p. 358). Canton havia descoberto o processo de eletrização por indução. Tanto ele, quanto Franklin chamavam a garrafa de “condensador”, devido ao fato de que eles acreditavam que o fluido elétrico se condensava de alguma forma na garrafa. E no momento da descarga aconteceria algo como uma evaporação desse fluido.

3 Aprofundamento dos estudos da eletrodinâmica

No que diz respeito ao aspecto quantitativo da força elétrica, os trabalhos realizados até essa época eram muito escassos. No ano de 1783, mesmo ano do fim da guerra de independência dos Estados Unidos, foi publicado um estudo do físico francês Charles Augustin de Coulomb, trazendo os resultados de sua experiência com um pêndulo de torção, sobre a relação matemática que fornece a força elétrica exercida por corpos eletricamente carregados. Joseph Priestley e o próprio Benjamin Franklin já suspeitavam que a força elétrica fosse inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas, entretanto não foram capazes de determinarem precisamente qual era a relação.

Antes disso, em 1780, o fisiologista, físico e filósofo Luigi Galvani realizou experimentos utilizando geradores eletrostáticos para verificar os efeitos de descargas elétricas em tecidos animais, utilizando um bisturi metálico para dissecar um sapo, nas proximidades de um gerador eletrostático, Galvani percebeu que a eletricidade induzia movimentos no músculo da perna do animal (ROCHA, 2002). A partir de então realizou uma série de testes para tentar compreender melhor o fenômeno, ao qual chamou de “eletricidade animal”.

Alguns fatos interessantes ocorreram durante os testes de Galvani, por exemplo, ele observou que ao colocar o sapo atravessado por um gancho metálico de cobre com o gancho encostado em uma mesa metálica de zinco, as contrações aconteciam mesmo sem a presença do gerador eletrostático.

Mais tarde, Alessandro Volta, Físico italiano, confirmou as experiências de Galvani e se mostrou intrigado pelo efeito que o gancho e a mesa causavam no sapo, especialmente se interessou pela natureza do fenômeno causador desse efeito. Volta já era, na época, um cientista reconhecido, com alguns feitos impressionantes como, por exemplo, ter sido o primeiro a identificar e isolar o metano (CH_4), em 1778. Ao analisar a interação entre os metais como Cu e Zn, por exemplo, associado com o conhecimento sobre a fisiologia das enguias elétricas, Volta conseguiu desenvolver, em 1799, o primeiro dispositivo capaz de fornecer uma corrente contínua, a pilha de Volta (ROCHA, 2002) mostrado na Figura 3:



Figura 3: Pilha de Volta, discos de Cu e Zn empilhados e embebidos em uma solução ácida.
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pilha_de_Volta#/media/File:VoltaBattery.JPG

Volta tentou inúmeras vezes empilhar discos de Cu e Zn, mas não observou nenhum efeito. Ele tentou a combinação de outros materiais, também sem sucesso. Foi então que, inspirado na fisiologia das enguias elétricas, e nas experiências de Henry Cavendish (que havia provado que a água salgada era cerca de 700 vezes mais condutora que a água pura), ele introduziu uma solução salina entre os discos, possibilitando o funcionamento do dispositivo.

Os trabalhos de Isaac Newton como: *Principia* e o “*De Motu Corporum in Gyrum*” (“Sobre o movimento dos corpos em órbita”), tiveram grande influência na forma de pensar a influência da eletricidade estática ao redor de um corpo eletrizado. Em especial o livro de Newton que tratava do movimento dos corpos celeste, trazia uma discussão interessante sobre o campo gravitacional e, automaticamente, o fato de a força gravitacional ser inversamente dependente do quadrado da distância chamou a atenção em relação à similaridade com a relação obtida por Coulomb. De acordo com (ROCHA, 2009):

Apesar de haver discordância, as ideias que prevaleceram, na gravitação e também na eletricidade e no magnetismo foram, até as primeiras décadas do século XIX, as de ação à distância. C. Coulomb (1736-1806), A. Ampère (1775-1836), H. Cavendish (1731-1810) e S. Poisson (1781-1840), por exemplo, não se preocuparam com as noções antigas de eflúvios magnéticos e atmosferas elétricas. Muitos cientistas, porém, sentiam que as teorias de ação à distância, apesar de conduzirem à previsões corretas, não conseguiam fornecer uma explicação física satisfatória para o modo como um corpo exerce uma força sobre o outro (ROCHA, 2009, p.5).

Em 1864 o físico James Clerk Maxwell, publica seu livro *A dynamical theory of the electromagnetic field* (Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético) abrindo novas possibilidades para compreender as propriedades da ação à distância. Influenciado pelos resultados interessantes obtidos, pelo físico Hans Christian Orsted, juntamente com trabalhos de Isaac Newton.

Entretanto, Orsted já havia percebido que, ao colocar uma bússola próxima a um fio condutor, que está transportando uma corrente elétrica, de alguma forma, acontecia uma deflexão da posição da agulha magnética da bússola. Diferentemente da Lei da gravitação universal de Newton e da Lei de Coulomb, a força magnética era perpendicular ao campo magnético, este fato contrariava a ideia mecanicista que tentava reduzir todas as forças de ação às forças do tipo da gravitação universal (ROCHA, 2002, p.252).

Através desse experimento, que atualmente é reproduzido com frequência para fins didáticos, Orsted determinou que há uma relação entre fenômenos elétricos e magnéticos. Essa relação deu origem ao campo de estudo da física conhecido como eletromagnetismo.

Enquanto Faraday realizou várias experiências e coletou uma série de informações sobre os fenômenos eletromagnéticos, Maxwell, que também era matemático, se encarregou de deduzir as equações e modelos matemáticos que descreveriam aqueles fenômenos. As quatro equações, que podem ser escritas em sua forma diferencial ou integral, juntamente com a força de Lorentz formam a base do estudo do eletromagnetismo que é estudado dessa forma até os dias de hoje (NUSSENZVEIG, 1999). As quatro equações de Maxwell, escritas sob sua forma diferencial, são:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \rho / \epsilon_0 \quad (\text{I})$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{II})$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (\text{III})$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (\text{IV})$$

As duas primeiras equações, que fornecem o divergente dos campos Elétrico e Magnético, são conhecidas como Lei de Gauss e, geralmente, são muito utilizadas em sua forma integral. A equação (III), conhecida também como Lei da indução, ou Lei de Faraday da Indução, fornece matematicamente o rotacional do campo elétrico. A equação (IV), também conhecida como Lei de Ampère, na realidade foi apenas corrigida por Maxwell que introduziu, ao segundo membro da equação, um termo para corrigir distorções provocadas pela indução magnética (NUSSENZVEIG, 1999).

Os operadores que aparecem nas equações ($\nabla \cdot$) “divergência” e ($\nabla \times$) “rotacional”, são operações próprias de um campo vetorial, assim como Gradiente e o Laplaciano. O campo vetorial, como o próprio nome sugere, pode ser entendido, grosso modo, como uma região no espaço em que cada ponto é definido por um vetor. O primeiro resultado disso é que esse espaço tem propriedades distintas de um espaço escalar (GRIFFITHS, 1999). Nesse sentido a definição de “Campo” (tanto elétrico quanto magnético) ganha uma acuidade tanto sob o aspecto matemático quanto sob o aspecto da interpretação física.

Juntando todo o percurso histórico, e esforço necessário para estruturar o conceito de campo que temos hoje, podemos assumir seguramente que ensinar o conceito de campo, e tudo que deriva dele, exige um esforço extra do professor de Física. Para alguns autores (BARBETA e YAMAMOTO, 2002, PIETROCOLA, 2002) os problemas de ordem conceitual, apresentados pelos alunos no ensino superior, são determinantes para o insucesso na tentativa de resolver problemas. Além disso, os autores defendem que a física e a matemática estão profundamente relacionadas, e que os conhecimentos matemáticos têm influência na compreensão dos conceitos físicos. Uma vez que grande parte dos conceitos físicos é baseada em modelos matemáticos, o diálogo entre as duas áreas tende a produzir efeitos positivos no ensino de física. É essencial para um aluno do curso de licenciatura em física, na qualidade de futuro professor, identificar as condições e suposições conceituais que estão implícitas na

situação-problema de uma questão e, com base nessa análise, selecionar as ferramentas necessárias à solução do problema.

Mesmo que um aluno tenha determinado corretamente a forma de resolver um problema, ele ainda precisa dominar as ferramentas necessárias para resolvê-lo. Na falta de um dos requisitos, o problema não será resolvido. De acordo com Pietrocola (2002), a relação entre o conhecimento matemático e físico vai muito além de uma mera dependência mecânica, conhecimento matemático possui também o papel de aperfeiçoar a compreensão de modelos e conceitos físicos de forma dialética.

4 Considerações Finais

Acreditamos que a pesquisa bibliográfica sobre a evolução dos conceitos de eletricidade, nos possibilitou compor uma síntese adequada contendo alguns dos principais marcos do desenvolvimento do conhecimento científico nessa área. O conhecimento e seu desenvolvimento não possuem um caráter tão linear quanto o texto pode sugerir, entretanto nossa escolha por criar uma espécie de "linha do tempo" está relacionada ao fato de que as contribuições de cada cientista são localizadas historicamente.

A pesquisa evidenciou que a relação de influência entre as teorias, e resultados de experimentos, não é tão simples de ser compreendida. Muitas vezes o contexto social, econômico e outros fatores influenciam no desenvolvimento de determinada teoria em detrimento de outra.

Acreditamos por fim que o texto, feito como uma coleção de recortes históricos relacionados entre si, pode contribuir para uma melhor compreensão do quadro geral da evolução de conceitos que são trabalhados até hoje como, diferença de potencial, corrente elétrica e campo elétrico.

THE EVOLUTION OF ELECTRICITY CONCEPTS: A COMPLEMENTARY RESUME

ABSTRACT: It is well known that the historiography study can contribute significantly to learning in science in general. Not just about the concepts, but also about the nature of science. However, it is clear that, in physics books in general, there is an absence of adequate historical approaches. This article aims to contribute with a systematic historical overview about the evolution of the concepts involved with the study of electromagnetism. A bibliographic review was carried out to identify the main historical

landmarks that revolutionized the way of understanding electricity. As a result, we obtained a text that brings a historical synthesis that can be a support material, especially to help understand the evolution of more abstract concepts, such as the electric field, for example

Keywords: History of electricity, electric field, conceptual evolution

Referências

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Dificuldades conceituais em física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 3, v. 24, São Paulo, 2002. p. 324-341.

BASSALO, J. M. F. **A crônicas da Física do Estado Sólido. Do tubo de Geisser às Válvulas de Vácuo.** Belém, EDUFPA, 1992.

BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Uma breve biografia de Stephen Gray (1666-1736). **Rev. Bras. Ensino Fís.**, n. 1, v. 32, São Paulo, mar. 2010. p. 1602-1609.

FRANCISCO, W. C. E. “**Bússola**”. Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/bussola.htm>>. 2015.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to Electrodynamics**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

MARTINS, R. A. O estudo experimental sobre o magnetismo na Idade Média, com uma tradução da carta sobre o magneto de Petrus Peregrinus. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, n. 1, v. 39, São Paulo, 2017. p. 1601.

MEDEIROS, A. As Origens Históricas do Eletroscópio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 3, v. 24, São Paulo, set. 2002. p. 353-361.

MENDONÇA, M. C. N. F. **A história da eletricidade no século XVIII e o ensino da Física.** 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em física da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2007.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 3 Eletromagnetismo.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher LTDA, 1999.

PEREIRA, A. C. C. **Teorema de Thales: uma conexão entre os aspectos geométrico e algébrico em alguns livros didáticos de Matemática.** 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Unesp – Rio Claro, 2005.

PEREIRA, G. J. S. A.; MARTINS, A. F. P. A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura de física e de química dos cursos da UFRN: uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 28, abr. 2011. p. 229-258.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, n. 1, v. 19, 2002. p. 88-108.

PUMFREY, S.; TILLEY D. *William Gilbert: forgotten genius. Physics World*, n. 11, v. 16, nov. 2003. p. 15-16.

ROCHA, J. F. M. O conceito de campo em sala de aula – uma abordagem histórico-conceitual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 1, v. 31, 2009. p. 1604.

ROCHA, J. F. M. Origem e evolução do eletromagnetismo. In: ROCHA, J. F.M. **Origens e evolução das idéias da Física**. Salvador: Edufba, 2002. p. 185-280.