

**UM DEBATE ENTRE JAMES CLERK MAXWELL E
WILHELM EDUARD WEBER COMO INSTRUMENTO
PARA O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO NA
LICENCIATURA EM FÍSICA NA PERSPECTIVA DOS
ALUNOS**

**A DISCUSSION BETWEEN JAMES CLERK MAXWELL AND
WILHELM EDUARD WEBER AS A LEARNING INSTRUMENT
ABOUT ELECTRODYNAMICS IN PHYSICS UNDERGRADUATE
PROGRAM IN THE STUDENTS VIEW**

Davina de Campos Glovaski

Licencianda em Física - Instituto Federal do Paraná
davinaglovaski@gmail.com

Débora Minetto Napoleão

Licencianda em Física - Instituto Federal do Paraná
dehminetto@gmail.com

Adriano José Ortiz

Docente - Instituto Federal do Paraná/ Doutorando – Programa de Pós-graduação em
Educação para Ciência e a Matemática (UEM)
adriano.ortiz@ifpr.edu.br

Thiago Vinícius Moreira Guimarães

Docente Instituto Federal do Paraná/ Doutorando Programa de Pós-graduação em Física
(UNESP)
thiago.moreira@ifpr.edu.br

Resumo

O presente trabalho expõe uma inserção da abordagem histórica da ciência para o Ensino de Física, tendo em vista desenvolver um ambiente que facilite a aprendizagem dos conceitos de eletromagnetismo. Aqui relatamos, na perspectiva dos alunos participantes, o momento final de uma sequência didática, um debate entre teorias consideradas rivais de dois físicos, James Clerk Maxwell e Wilhelm Eduard Weber. A turma foi dividida em dois grupos, em que cada equipe defendeu uma das teorias, buscando por meio de competências argumentativas apresentar elementos favoráveis e contrários à sua aceitação. Além de estudar os conceitos físicos envolvidos, foram estimulados a desenvolver uma reflexão acerca de elementos históricos e epistemológicos que permeiam a construção do conhecimento científico.

Palavras-chave

Eletromagnetismo; Maxwell e Weber; relato de experiência; formação de professores.

Abstract

This work presents an introduction of the historical approach of science to the teaching of physics, in view of an environment that facilitates the learning of the concepts of electromagnetism. Here we report, from the perspective of participating students, the final moment of a didactic sequence, a debate between theories considered rivals of two physicists, James Clerk Maxwell and Wilhelm Eduard Weber. The group was divided into two groups where each team defended one of the theories, seeking through argumentative skills presented in elements favorable and contrary to their acceptance. Besides studying the physical concepts involved, they were stimulated to develop a reflection on historical and epistemological elements that permeate the construction of scientific knowledge.

Keywords

Electromagnetism; Maxwell and Weber; experience report; teacher training.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento de um conteúdo não é composto apenas pelas leis, teorias e modelos relativos a esses, mas também pela compreensão dos problemas que originaram, assim como o processo de construção desse conhecimento, as formas de validação e as relações existentes com a tecnologia e a sociedade (SHULMAN, 1986). Nesse sentido é relevante que licenciandos em física aprendam como as teorias atualmente aceitas foram formuladas, as dificuldades e problemas que seus pesquisadores enfrentaram, entre outras situações pertinentes. Apenas lecionar aquilo que já se conhece há décadas ou séculos não basta. É necessário praticar o senso crítico. Pensando nisso, o docente responsável pela disciplina de Física III, estruturou uma proposta de uma sequência didática desenvolvida com enfoque histórico. A escolha de tal abordagem se deu em uma perspectiva contextualista (MATTHEWS, 1995) e considera os paralelismos que podem ser observados entre mecanismos e instrumentos de aprendizagem e da construção do conhecimento científico (BATISTA; ARAMAN, 2009). Além disso, a História da Ciência, na formação docente, pode incentivar um novo agir no que diz respeito a uma prática menos passiva e mais associada à reflexão e a visão crítica de construção do conhecimento científico (MOREIRA; MASSONI; OSTERMANN, 2007). A parte final dessa sequência propôs a inclusão de um debate envolvendo as contribuições de Maxwell e Weber às suas teorias, consideradas rivais, que abordavam de diferentes formas o eletromagnetismo e a eletrodinâmica. A principal intenção foi possibilitar a construção de uma linha de interpretação sobre conceitos abordados, visando aprimorar o conhecimento e a capacidade de argumentação dos alunos através do confronto de informações e pontos de vista embasados nas principais diferenças entre as teorias.

O objetivo deste artigo é relatar, na perspectiva de duas alunas, os resultados desse debate em seu processo de aprendizagem. Primeiramente as alunas realizaram um relatório para avaliação da prática descrita, posteriormente ao serem convidadas, demonstraram interesse em transformar o relatório em artigo.

O debate ocorreu em uma turma que cursa o 5º período de Licenciatura em Física de uma instituição pública de ensino do norte do Paraná. A sala foi dividida em duas equipes, cada uma defendendo uma teoria, buscando argumentar pontos favoráveis, pontos contrários e suas contribuições, bem como qual razão a teoria do eletromagnetismo ser considerada até os dias de hoje, pela comunidade científica, a “mais completa” para analisar os fenômenos que se propõe a explicar.

O debate foi iniciado com a descrição bibliográfica dos cientistas envolvidos. Cada equipe abordou tópicos que considerava importante. Posteriormente os grupos tentaram explorar os pontos fortes e fracos de cada teoria para ao final apresentarem suas conclusões. Todo o processo foi registrado através de áudio gravação e anotações em um diário de bordo para posterior transcrição em um relatório.

As próximas seções descrevem esse debate, acontecido no dia 27 de abril de 2017. Ressaltamos que os alunos envolvidos serão aqui representados pela letra A seguida de uma numeração ímpar para a equipe de Maxwell e par para a equipe de Weber, enquanto os professores participantes serão representados por P1 (responsável pela disciplina) e P2 (professor convidado).

2. BREVE EXPOSIÇÃO BIBLIOGRÁFICA

As equipes iniciaram o debate apresentando informações sobre a bibliografia dos autores mais conhecidos em cada teoria, no caso, Maxwell e Weber. A equipe Weber utilizou o trabalho de Assis (1991) para expor que Wilhelm Eduard Weber nasceu em 1804 em Wittenberg, Alemanha, e se tornou professor na Universidade de Leipzig onde escreveu seu primeiro trabalho científico o qual foi realizado em parceria com seu irmão e publicado em 1825, ano em que Weber começou a lecionar na Universidade de Halle. Em 1828 foi a um congresso em Berlin para apresentar seu trabalho de tese que atraiu a atenção de Humboldt e Gauss. Nove anos mais tarde, deixou a Universidade por questões políticas, mas continuou a trabalhar com Gauss. Weber prosseguiu em seus estudos acerca da eletrodinâmica e estrutura da matéria até se aposentar na década de 1870/80.

A princípio, equipe Maxwell apontou seu nascimento no dia 13 de junho 1831 em Edimburgo, Escócia. Tendo também ressaltado seu precoce interesse pelos estudos de Faraday acerca do magnetismo, além de sua facilidade com matemática. Maxwell publicou seu primeiro trabalho científico muito jovem, aos 14 anos, titulado "Descrição das Curvas Elípticas", na Royal Society de Edimburgo. Começou a trabalhar na Universidade de Edimburgo no ano de 1847 e, mais tarde, estudou matemática no Trinity College, em Cambridge. Em 1855 escreveu um artigo propondo elaborar uma teoria matemática para os estudos sobre eletricidade e magnetismo de Faraday. Em 1858 se casou com Katherine Dewar e, dois anos depois assumiu o cargo de professor do King's College, na Universidade de Londres, onde foi o primeiro cientista a utilizar a teoria das probabilidades no estudo das propriedades dos gases. Em 1865

voltou a Escócia e se tornou professor de Filosofia Natural na Universidade de Aberdeen, onde obteve feitos significativos produzindo a primeira fotografia colorida, estudando a teoria dos campos magnéticos, além de contribuir para a padronização das unidades de medida. Em 1866 apresentou trabalho sobre as propriedades dos gases na Real Society. Posteriormente, em 1871 se tornou o primeiro professor de física experimental da Universidade de Cambridge, construindo o Laboratório Cavendish. Maxwell faleceu devido a um câncer em 1879 (TORT, 2004).

3. EXECUÇÃO DO DEBATE

Na sequência a aluna representante da equipe do Maxwell (A1), apresentou as ideias de Faraday utilizadas por Maxwell para compreender as interações magnéticas, citou a indução e os princípios dos conceitos de campos.

Foi possível perceber que o professor da disciplina (P1), juntamente com um professor convidado (P2) fizeram perguntas tentando direcionar o debate, citando alguns pontos importantes como interações magnéticas, relação das forças de campo com a Lei de Coulomb, temas que ainda não haviam sido abordados.

O aluno representante da equipe de Weber (A2), comentou que a teoria do mesmo, quando se trata de forças, respeita a terceira lei de Newton na forma forte, quando fixado um referencial linear. Nesse contexto as equações de Maxwell são mais sensíveis que as de Weber. Ocorreram alguns equívocos conceituais em relação a esse tópico, confundindo o que as teorias diziam sobre interação entre cargas, sendo questionado por P2.

A equipe Maxwell, através de outro de seus representantes (A3), expôs a questão do éter adotada por ele. Maxwell acreditava que o éter servia como meio hipotético para a propagação de energias e forças elétricas e magnéticas. Ele usou a ideia da existência do éter para explicar a presença das linhas de força e o conceito de campo. Este ponto de vista foi em grande parte aceito por seus contemporâneos, e solidificou-se perante a comunidade científica. Partindo da ideia de linhas de força elétrica e magnética, Maxwell chegou à compreensão e à descrição matemática do eletromagnetismo.

A1 cita que antes das teorias de Maxwell o eletromagnetismo era comparado com o escoamento de fluidos, tendo ele desenvolvido um modelo dos fenômenos eletromagnéticos a partir de vórtices análogos aos observados nesses e do conceito de campo, representando a intensidade magnética e a corrente elétrica. Durante a descrição desses eventos a equipe cita

que foi Maxwell quem criou a ideia de éter, que isso foi uma evolução de suas equações. Porém sabe-se que foram os gregos os primeiros a imaginar a existência de espaço vazio chamado por eles de éter, posteriormente vários outros físicos e matemáticos adotaram esse conceito. A equipe citou que para Maxwell, era necessário associar o eletromagnetismo com uma teoria de éter, pois ele acreditava que eram precisos modelos mecânicos para explicar os fenômenos físicos e facilitar a formação de uma imagem mental destes acontecimentos.

A equipe de Weber tentou argumentar quanto à existência do éter, tentando torná-la irrelevante, porém de forma inconsistente, as equipes não chegaram a uma conclusão clara sobre essa questão. O P2 abriu um parêntese comentando sobre o surgimento do éter e o fato de outros pesquisadores terem adotado essa ideia, esclarecendo que não foi uma criação de Maxwell e que seus cálculos indicavam fortemente a não existência desse meio hipotético, dando argumentos suficientes para que ele eliminasse essa utilização. Acredita-se que Maxwell não eliminou a ideia de éter por ser complexo tentar mostrar uma hipótese totalmente nova e oposta a utilizada na época.

P2 citou a importância e tentou direcionar o debate para a questão da diferença na força das equações de Maxwell e Weber, questionando o porquê a força de Weber ser “melhor” que a força de Maxwell, ponto que ele considera importante. As equipes discutiram sobre o tema, falando sobre linhas de campo e outras questões. A equipe de Weber citou dois diferenciais; o primeiro, suas equações exigem que se tenha valores da velocidade de duas cargas e não apenas de uma; o segundo, quando se trata da questão da força, suas equações são mais completas, pois dentro da equação de força está a equação de Coulomb, a equação de força magnética e a equação de radiação. A equipe de Weber questionou o que são as linhas de campo e sua importância, a equipe de Maxwell definiu linhas de campo como as diferenças de energia potencial em torno de uma carga. Outros comentários surgiram com relação a essa questão, porém sem citar o ponto esperado pelos professores.

Algumas questões encontradas em artigos foram citadas, entre elas sobre o comportamento da carga dentro de uma esfera. A cerca deste assunto um aluno que representava o grupo de Weber (A4) citou uma experiência encontrada no artigo *Comparação entre as eletrodinâmicas de Weber e de Maxwell-Lorentz*. O artigo traz as considerações de como a carga se comporta dentro de uma casca esférica carregada e como Weber e Maxwell explicam este comportamento. De acordo com o texto, na eletrodinâmica de Weber, a partícula teste vai se comportar como se estivesse uma massa inercial efetiva que depende de sua carga, da carga em volta da esfera e do raio da casca, já de acordo com a força de Lorentz-Maxwell, se

cercarmos este sistema com a casca esférica carregada mencionada anteriormente nada deve ser alterado. (ASSIS, 1998).

Ainda sobre esta questão, o físico André K. T. Assis traz em seus estudos, na parte onde cita a *Distinção experimental entre as forças de Weber e Lorentz*, uma análise do ponto de vista dos estudos dos fundamentos da física, na qual propõe uma experiência, (Assis, 1998), a qual acredita que, ao ser realizada, teria resultados favoráveis a eletrodinâmica de Weber, o que colocaria as ideias e o eletromagnetismo em risco e representaria um retorno as ideias de Weber.

A questão levantada por André K. T. Assis e citada pela equipe de Weber é interessante, afinal se estivesse correta mudaria o posicionamento da comunidade científica. Porém, os estudos realizados por Johann E. Junginger e Zoran D. Popovic conseguiram identificar a falha no experimento e mostrar que de fato a massa de uma carga elétrica não depende da distribuição de outras cargas ao seu redor. Além disso, E. G. Cavalleri e colaboradores já haviam publicado na *Physical Review*, estudos demonstrando que a força eletrodinâmica de Weber dá a direção errada da radiação que é gerada por uma carga acelerada e que Weber também não consegue explicar o fenômeno da luz síncrotron, o qual é utilizado em aceleradores de partículas de várias partes do mundo.

Nesse ponto pode-se dizer que ocorreu um engano por parte de A4 quando buscou evidenciar tal experimento como ponto positivo da eletrodinâmica de Weber, já que ao se realizar este teste experimentalmente, como citado acima, comprovou-se que a carga dentro da esfera não tem sua massa inercial alterada, desta forma evidencia-se uma falha na teoria de Weber, a qual estava sendo defendida por ele.

Durante o debate foram citadas algumas questões sobre linhas de campo, diferença na força, cargas entre outras. P2 questionou sobre esses temas e também sobre a radiação na equação de Weber. A3 citou que a equação de Weber é mais completa porque nela constam todas as relações de força de Coulomb e radiação, além disso, ele não considera a necessidade da existência de campo para se chegar a resultados. Vários alunos fizeram comentários, porém sem informações consistentes sobre os temas abordados.

P1 questionou quanto a real diferença entre os dois físicos fazendo comparações: “Weber explica a eletricidade, Maxwell explica a eletricidade; Weber explica o magnetismo, Maxwell explica o magnetismo; Weber explica ondas eletromagnéticas, Maxwell explica ondas eletromagnéticas; afinal de contas, por que eu deveria acreditar que a teoria de campo se sobressai à teoria de Weber”? Várias suposições foram citadas como resposta, entre elas, aperfeiçoamento e evolução de outras teorias, o fato de não haver necessidade de interação entre

duas cargas. Também foram mencionadas questões teóricas, filosóficas, influências pessoais, amizades, porém sem conclusões definitivas.

A equipe de Maxwell destacou que ele, através das teorias de Faraday, estabeleceu conexões entre os fenômenos elétricos e magnéticos, suas equações para o eletromagnetismo constam da unificação entre as Leis de Gauss, para a eletricidade e para o magnetismo, a “Lei de Ampère” generalizada e a Lei de Faraday para a Indução eletromagnética.

A equipe de Weber destacou que a equação de Weber é mais completa em relação à força, pois aborda três temas em apenas uma equação, além disso, não é necessária a ideia de campo nem de referencial. Não há necessidade de 20 equações para isso.

Para finalizar, os professores fizeram suas considerações, iniciando com P2. Ele diz que levando em consideração apenas os tópicos discutidos durante o debate, a teoria de Weber é mais completa, pois, como foi citado, através de uma única equação existe a possibilidade de obter todas as leis clássicas do eletromagnetismo a partir da teoria de força de Weber. Além disso, nesse contexto o conceito de referencial não é uma questão tão importante, já que para Weber as forças elétricas não dependiam do mesmo. Se for analisado apenas esse ponto de vista, a eletrodinâmica de Weber é mais completa e eficiente que a de Maxwell. O tema que deveria ter sido levado em consideração são as ondas eletromagnéticas sem fonte. Esse é um dos pontos em que a visão de campo de Maxwell é superior à visão de interação efetiva de Weber. É extremamente relevante o fato de haver ondas eletromagnéticas vagando por aí sem fonte, as equações de Maxwell descrevem essas ondas enquanto o eletromagnetismo de Weber não. Podemos citar como exemplo, as ondas de rádio que são descritas no eletromagnetismo de Maxwell e não por Weber. Segundo P2, essa era a questão que a equipe de Maxwell deveria ter centrado.

P1 citou outro ponto importante dentro da história da ciência, segundo ele, a forma como foi apresentado durante o debate deu-se a entender que as teorias de Maxwell foram logo aceitas pela comunidade científica, porém isso não ocorreu, ao contrário, Maxwell e Weber mantiveram esse embate durante muito tempo. Apenas foi possível se chegar a uma conclusão após experimentos realizados por Hertz, nos quais foi capaz de demonstrar que o conceito teórico de onda eletromagnética de Maxwell correspondia aos resultados experimentais enquanto que os conceitos de Weber não.

P1 também mencionou outros conceitos que ele considerou importante reforçar, entre eles, quem trabalha com eletromagnetismo é Maxwell, Weber trabalha apenas com eletricidade, não dependendo do magnetismo, ele explica tudo pela eletricidade e interação entre cargas. Comentou que Maxwell dedicou um capítulo inteiro a respeito da eletricidade de Weber, foi

uma forma de respeito por seus descobrimentos, afinal suas equações também foram usadas como base para seu trabalho.

P2 citou o experimento comentado durante o debate pela equipe de Weber a respeito da casca esférica, com uma carga em seu centro. Sobre isso ele explicou que a eletrodinâmica de Maxwell nos diz que a massa efetiva dessa carga não muda independentemente da distribuição de cargas em torno dela. Já a teoria da eletricidade de Weber nos diz que a massa efetiva dessa partícula no centro da casca esférica muda, porque a massa da partícula vai depender de toda a distribuição e carga que está à volta dela. Experimentalmente consegue-se mostrar, apesar de contestações entre alguns físicos, que a massa realmente não muda, portanto, como citado acima neste relatório, experimentalmente comprova-se as equações do eletromagnetismo de Maxwell.

P2 continuou suas considerações destacando que a força de Weber é interessante, pois abraça a lei de Coulomb, considerando carga parada, também a força de Lorentz, com carga em movimento, e ainda a radiação, tudo em uma equação só. No entanto, a equação de Weber possui falhas, ela fornece a direção errada da radiação. Já as equações de Maxwell indica o sentido correto. Esse é outro grande ponto que as equipes deveriam ter levado em consideração. Continuando, alguns conceitos foram citados, para não haver confusões nas definições conhecidas pelos alunos. Foi mencionado a massa efetiva, afinal é uma questão fácil de confundir, muitos acreditam que seja a massa em si, associada a quantidade de matéria, porém essa definição é errônea, na verdade massa efetiva leva-se em consideração as interações de um objeto movendo-se em um meio, está relacionada a como você trata as interações entre as partículas de um corpo.

P1 também comentou que é comum serem esperados comportamentos simétricos na natureza, porém dentro do eletromagnetismo de Maxwell ocorre uma quebra de simetria. Fisicamente falando há um conflito conceitual, afinal uma corrente que gera um campo e esse campo gira através dessa própria corrente é uma quebra de simetria. Isso acabou gerando uma discussão sobre a simetria rotacional, chegando à conclusão justificada de que o campo magnético girando ao redor da corrente é uma forma diferente de simetria no sistema, o que torna aceitável que o movimento da carga gere um campo magnético. Um ponto interessante para se considerar na equação de Maxwell é o fato dela mostrar variações de campo elétrico diretamente relacionadas a variação de campos magnéticos, hoje em dia isso é um dos grandes trunfos do eletromagnetismo.

Sobre o éter, assunto amplamente citado durante o debate, os professores reforçaram informações esclarecendo que era quase uma unanimidade para a época, era tido como referencial absoluto da física, quase todos os físicos e estudiosos consideravam sua existência.

O éter tinha o desafio de ser o meio mais duro e ao mesmo tempo o mais flexível do universo, e surgiu da necessidade de um ambiente inerte para poder aplicar e justificar o restante da física. As equações de Maxwell mostravam que não havia necessidade da sua existência, mas abandonar esse conceito significava destruir um dos alicerces que a física tinha nos últimos 300 anos, o éter era como uma crença na época. Quebrar esse paradigma se mostrou extremamente complicado mesmo frente a ideia de um campo magnético oscilando gerando um campo elétrico também oscilando.

Após todas essas considerações, P1 lançou a seguinte pergunta, dizendo ser a questão chave no debate: O que podemos concluir no processo de construção da ciência? A resposta encontrada foi o fato de ela ser flexível e mutável; o que consideramos como lei hoje amanhã pode mudar. Novas visões e novas descobertas estão sempre ocorrendo. Sem falar que a ciência não é neutra, ela depende da política, do contexto histórico, do contexto social ao seu redor. A medida que a humanidade vai evoluindo, a ciência vai mudando, se adaptando junto à sociedade.

4. CONCLUSÃO

Como citado na introdução, as equipes deveriam ter argumentado sobre as principais diferenças entre as teorias de Maxwell e Weber, no entanto, ao final da discussão percebeu-se que a turma não chegou aos temas esperados pelos professores que organizaram o evento, concluindo que não houve uma definição de qual equipe se sobressaiu, ou seja, qual equipe “venceu” o debate.

Ao final, foi possível observar que cada grupo se concentrou mais nos pontos fortes e informações sobre sua teoria, negligenciando os pontos fracos e informações da teoria adversária. Dessa forma as argumentações ficaram inconsistentes, já que apenas evidenciar os pontos fortes não é suficiente quando se trata de um debate entre as teorias de Weber e Maxwell.

Uma das maiores dificuldades encontradas pelos alunos durante o debate foi o fato das duas teorias serem parecidas em muitos aspectos e explicarem basicamente os mesmos pontos da eletrodinâmica. Dessa forma se torna mais difícil a discussão para ambos os lados, necessitando de uma compreensão ampla e detalhada de cada uma das teorias, para assim se criar argumentações mais consistentes. É necessário observar os detalhes para achar pontos fracos em cada uma delas, fato que não foi efetivado pelos alunos.

Ao observarmos a teoria de Weber, quando se fala em conservação de energia, aparenta ser mais consistente do que a Maxwell, é mais completa e eficiente. Porém, para Weber toda interação está ligada a cargas, dessa forma ele não consegue explicar a existência de ondas eletromagnéticas presentes no espaço sem que estas precisem de uma fonte geradora. Esse é um dos pontos em que a visão de campo de Maxwell é superior à visão de interação efetiva de Weber. Essa é a questão principal que deveria ter sido considerada pelas equipes durante o debate. Afinal esse é o ponto de maior relevância da teoria de Maxwell.

Concluimos que infelizmente não foi possível obter um resultado satisfatório no debate, acreditamos que este poderia ter atingido o objetivo esperado se algumas medidas tivessem sido adotadas pelos alunos antes do confronto das teorias. Mesmo a turma recebendo orientações de P1, que abordou conteúdos sobre o tema em sala de aula, enviou artigos iniciais além de referências adicionais quando procurado por alunos, inclusive mencionando a necessidade de se conhecer as duas teorias para um melhor resultado, os alunos ainda encontraram dificuldades. Acreditamos que orientações mais direcionadas, tendo um professor para cada grupo, seriam mais eficazes para estimular o interesse dos alunos, bem como direcioná-los para tópicos importantes sobre o tema. Notou-se que a turma encontrou muita dificuldade, já que não tinha experiência em debates, não sabendo como montar a defesa de cada uma dessas teorias.

É importante ressaltar que todos os alunos já tinham conhecimento que a teoria de Maxwell se sobressai a de Weber até os dias atuais, dessa forma, a equipe de Weber considerou ainda mais complicado defender a sua teoria, pois já era de conhecimento que está tinha falhas, sendo considerada “inferior” à do adversário.

Entretanto o conhecimento adquirido foi de grande valia, tendo em vista que após o debate os professores realizaram comentários e explicações sobre o tema, além de esclarecimento de nossas dúvidas em relação às teorias. Acreditamos que nos próximos eventos como esse, a turma conseguirá direcionar melhor o debate, levando em consideração a experiência adquirida.

Vale também parabenizar a iniciativa dos professores responsáveis e ressaltar a importância de processos de aprendizagem como este, pois nos instigam a buscar mais conhecimento por nós mesmos. Sem dúvidas foi possível enriquecer significativamente o conhecimento acerca do eletromagnetismo e suas vertentes bem como as teorias de Maxwell e Weber.

REFERÊNCIAS

ASSIS, André K. T. Comparação entre as eletrodinâmicas de Weber e de Maxwell-Lorentz. **Episteme**. Porto Alegre. v. 3, n. 6, p.7-15, 1998. Disponível em: <[http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Episteme-V3-p7-15\(1998\).pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Episteme-V3-p7-15(1998).pdf)>. Acesso em: 10 de maio de 2017.

_____. Wilhelm Eduard Weber (1804-1891), sua vida e sua obra. **Revista da SBHC**, V. 5, p. 53-59, 1991. Disponível em: <[http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V5-p53-59\(1991\).pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V5-p53-59(1991).pdf)>. Acesso em: 13 de maio de 2017.

TORT, Alexandre C. et al. Uma tradução comentada de um texto de Maxwell sobre a ação a distancia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 273 - 282, (2004). Disponível em: <[http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-Bras-Ens-Fis-V26-p273-282\(2004\).pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-Bras-Ens-Fis-V26-p273-282(2004).pdf)>. Acesso em 10 de maio de 2017.

BATISTA, Irinéa de Lourdes; ARAMAN, Eliane Maria de Oliveira. Uma abordagem histórico-pedagógica para o ensino de ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.8, n.2, p.466-489. 2009.

MATTHEWS, Michael R.; História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. Tradução de: Claudia Mesquita de Andrade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n.3, p.164-214. 1995.

MOREIRA, Marco Antonio; MASSONI, Neusa Terezinha; OSTERMANN, Fernanda. “História e Epistemologia da Física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p.127-134. 2007.

SHULMAN, Lee S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.