

Um Estudo de Caso sobre Aprendizagem de Conceitos de Eletromagnetismo: A influência da Hipercultura e Mediação Digital.

A Case Study on Understanding of Electromagnetism Concepts: The influence of hyperculture and Digital Mediation.

Fernando Colomby Pieper, Agostinho Serrano de Andrade Neto

Universidade Luterana do Brasil

fernando.pieper@camagua.ifsul.edu.br, asandraden@gmail.com

Resumo

O presente trabalho busca trazer evidências do impacto das tecnologias de informação em termos das mudanças cognitivas resultantes de seu uso, dentro do ensino de Eletromagnetismo, tópico pouco investigado dentro da temática de utilização das TIC no aprendizado de conceitos científicos. Para esse fim trabalhamos sob a luz de uma teoria cognitiva baseada na ideia de que a inteligência humana não resulta apenas do funcionamento cerebral, mas também da complementação desse funcionamento pelo processamento auxiliar realizado por estruturas externas ao indivíduo (Teoria da Mediação Cognitiva). Como foco da investigação se tomou a compreensão do conceito da lei de Faraday e da lei de Lenz, o grupo observado foi submetido a uma intervenção com a utilização de simuladores computacionais e da técnica instrucional P.O.E (Predizer-Observar-Explicar).

Palavras-chave: Simulações Computacionais, Teoria da Mediação Cognitiva, Hipercultura, Lei de Faraday, Lei de Lenz.

Abstract

This study aims to bring evidence on the impact of information technologies in terms of cognitive changes resulting from its use within the teaching of electromagnetic, subject that is often neglected within the field of using ICT in learning scientific concepts. We work within the light of a cognitive theory based on the idea that human intelligence is not only the result of brain function, but also the complementation of this operation by auxiliary processing performed by external structures to the individual (the Cognitive Mediation Network Theory). As the focus of research has made the understanding of the concept of Faraday's law and Lenz's law, the observed group was subjected to an intervention with the use of computer simulators and the P.O.E. technique (Predict-Observe-Explain).

Keywords: Computer Simulations, Theory of Cognitive Mediation, Hyperculture, Faraday's law, Lenz's law.

Introdução

Simulações computacionais de eventos científicos são utilizadas na pesquisa científica básica e no ensino das ciências (ARAUJO e VEIT, 2004). Como recurso didático, argumenta-se que apresentam vantagens sobre o uso de texto ou da fala unicamente, pois pode oferecer a oportunidade de tornar certos aspectos de processos ou fenômenos físicos mais acessíveis cognitivamente (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002). A distribuição e a interação das variáveis em um simulador de fenômenos magnéticos e eletromagnéticos é um destes aspectos, pois estas interações, em um espaço tridimensional, são as maiores dificuldades apresentadas pelos alunos na compreensão dos conceitos de Eletromagnetismo (PAZ, 2007). Fenômenos eletromagnéticos estão presentes no mundo tecnológico, em um número grande de aparelhos e equipamentos de nosso cotidiano tais como celulares, computadores, televisores, geladeiras, motores elétricos e muitos outros. Dessa forma, a compreensão do Eletromagnetismo é importante para o entendimento do mundo cotidiano. Contudo, para alunos das carreiras técnicas, estes conceitos são de fundamental importância, pois são necessários como conhecimento prévio para vários outros componentes curriculares. Sendo assim pode-se esperar que o tema tenha sido alvo de investigação dentro do ensino de física. A verdade é que existem poucas pesquisas realizadas sobre o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de Eletromagnetismo, e pode-se afirmar que os alunos apresentam de forma geral dificuldades no entendimento destes conceitos (GUISASOLA, ALMUDÍ e ZUBIMENDI, 2003). Os cursos técnicos da área de Controle e Processos Industriais, segundo o parecer do conselho nacional da educação 11/2008¹, devem compreender tecnologias associadas aos processos Eletroeletrônicos o que se faz necessário o conhecimento de princípios básicos de Eletromagnetismo e de seus conceitos, e portanto optamos por escolher como amostra estudantes com este perfil curricular. Para este estudo de caso foram investigados alunos do curso técnico em Automação Industrial do campus Camaquã/RS ligado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-RioGrandense. A área de eletromagnetismo é ampla e engloba vários assuntos como o campo magnético da corrente elétrica, os circuitos magnéticos, a indução, a auto indução e outros (TAVARES, 2011). Neste estudo de caso foi dada ênfase a lei da de Faraday-Lenz, que são conhecimentos que normalmente em cursos técnicos, são trabalhados em sala de aula no início dos currículos. Com isso, este trabalho tem como objetivo discutir como o uso de softwares de simulação no ensino de Física, mais especificamente no ensino da lei de Faraday e da lei de Lenz, podem auxiliar no aprendizado conceitual desta área da física. Nossa pergunta-chave é: “Existem evidências de aquisição ou modificação de drivers relacionados com as leis de Faraday e Lenz com a utilização de um simulador computacional?”. Para tanto, utilizaremos um aporte teórico que considera que o aprendizado ocorre predominantemente pela mediação de estruturas externas, consideradas pelo cérebro como “ferramentas de processamento extra cerebral”.

Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (TMC)

Em um artigo publicado na revista *Computers in Human Behavior*, Souza et al. (2004) procura explicar o processamento da informação pelo cérebro, propiciando uma abordagem ampla para a cognição humana. A TMC é uma teoria contextualista e construtivista. Os autores apresentam o desafio de "fornecer uma síntese teórica coerente de teorias psicológicas e estruturais que são geralmente vistas como separadas, ou mesmo em conflito umas com as outras, de modo a produzir um modelo unificado" (SOUZA et al., 2004, p. 2321). A TMC é fundamentada e referenciada em cinco premissas relativas à cognição humana e ao processamento de dados:

¹ Disponível em: http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/pceb011_08.pdf. Acesso em 13 de maio de 2015.

(...) 1) A espécie humana tem como maior vantagem evolutiva a capacidade de gerar, armazenar, recuperar, manipular e aplicar o conhecimento de várias maneiras; 2) A cognição humana é efetivamente o resultado de algum tipo de processamento de informação; 3) Sozinho, o cérebro humano constitui um finito e, em última instância, seu recurso de processamento de informação é limitado; 4) Praticamente qualquer sistema físico organizado é capaz de executar operações lógicas em algum grau; 5) Seres humanos complementam o processamento da informação cerebral por interação com os sistemas físicos externos organizados. (SOUZA et al., 2004. p.2321. tradução nossa).

A capacidade do cérebro humano de complementar o processamento de informações com o uso de sistemas físicos organizados é para os autores desta contribuição, uma das suas melhores características, e culmina com a invenção dos computadores. Com o surgimento da Revolução Digital, houve mudanças importantes nas sociedades e culturas de todo o mundo, influenciando o homem em níveis individuais e coletivos pelo impacto das tecnologias digitais sobre o pensamento, surgindo desse contexto uma nova cultura, a hipercultura (SOUZA et al. 2004). Os autores salientam também que mesmo antes dos adventos computacionais o cérebro humano já se utilizava de mediações externas auxiliares, porém essas eram mediações físicas do ambiente, objetos, sistemas simbólicos e artefatos. Essa mediação, para os autores, era denominada de mediação psicofísica cultural. Um exemplo dessa mediação é utilizar as formas criadas por limalha de ferro quando expostas a um campo magnético para descrever o campo elétrico. A cognição humana é o resultado de processamento de informações e uma parte importante desse processamento é realizado fora do cérebro. Nesse sentido, utilizamos o processamento externo através da interação com estruturas do ambiente para aumentar a capacidade de processamento de informações feitas pelo cérebro. Por exemplo, quando utilizamos um computador para processar informações, ou mesmo realizar um cálculo mais complexo, estamos utilizando-o como um mecanismo externo de mediação. Para tanto, precisamos construir alguns mecanismos internos que nos possibilite manusear este computador e compreender não somente o seu processamento, mas também as informações que ele está nos oferecendo. Estes mecanismos internos é que tomam possível a utilização dos mecanismos externos e são chamados pelos autores de drivers, tecendo uma analogia à computação, própria a linha de abordagem baseada na metáfora computador-cérebro da psicologia cognitiva.

Os Drivers

A TMC interpreta os drivers como os dispositivos que trabalham como "máquinas virtuais" internas, que possuem um papel importante na definição do pensamento humano no contexto da mediação e vão para além da "conexão" com o mecanismo externo: Isto significa que para garantir o processo de mediação cognitiva com um mecanismo externo, nosso cérebro cria competências específicas para se comunicar com este mecanismo, que é um auxiliar no processamento de informação, e a partir dessa mediação, adquire um ganho de processamento de informações que se mantém mesmo que a conexão com o mecanismo externo seja interrompida. E esse ganho de processamento de informações é considerado pelo autor como aquisição de conhecimentos. Souza et al. (2004) resume este processo da seguinte forma:

A fim de integrar o processamento de informação feito pelo cérebro com um executado por mecanismos externos, é necessário que haja uma ligação lógica entre estes dispositivos. Por outras palavras, alguma forma de traduzir entradas, saídas e processamento entre eles. Isto é muito semelhante ao ter de instalar "controladores de dispositivos" de software num sistema de computador, de modo que este seja capaz de reconhecer e fazer funcionar

um equipamento externo específico, tal como uma impressora, um scanner ou outro dispositivo de armazenamento. Nos seres humanos, isto pode ser conseguido por meio de uma representação mental de um sistema físico que é constituído de um conjunto de "teoremas-em-ação", no sentido estabelecido pela teoria dos campos conceituais de Vergnaud (Vergnaud, 1997), que são análogos ao funcionamento dinâmico do referido mecanismo externo, por conseguinte, tomando possível a um indivíduo interagir com este mecanismo externo para fins de processamento de informação. Como tal, o desenvolvimento deste "mecanismo interno" ocorre por meio da interação entre o indivíduo e o sistema físico correspondente, isto é, através do processo descrito na Epistemologia Genética de Piaget como "equilibração". (SOUZA et al., 2012, p. 2321-2322, tradução nossa)

O mecanismo externo de processamento de informações-computador interage com a estrutura cognitiva dos estudantes por mediação em função de que há a internalização de um conjunto de sistemas de signos (VYGOTSKY, 1984) capazes de fazer com que o estudante compreenda e internalize, mesmo que em parte, a informação que está sendo apresentada na tela. Esta contribuição vygotskiana é incorporada na TMC.

Importância da Lei de Faraday-Lenz no curso técnico de Automação Industrial

Os alunos tiveram contato com a lei de Faraday e com a lei de Lenz durante a disciplina de Circuitos Elétricos que é ministrada no primeiro ano do curso. Esta disciplina não utilizou nenhum programa computacional, somente situações-problemas convencionais de livros textos, e com a realização e explicação destes no quadro negro. No segundo ano os alunos do curso tem uma disciplina anual que se chama Máquinas Elétricas, que trata do funcionamento das máquinas elétricas em geral. Nesta disciplina se percebeu algumas dificuldades que os alunos apresentaram no entendimento das interações e no comportamento das grandezas relacionadas com o eletromagnetismo, ainda na Unidade I da disciplina, o que motivou a utilização de uma simulação computacional. Segundo Tavares (2011), a lei de Faraday pode ser descrita como: “Um circuito elétrico fechado, sujeito a uma variação de fluxo magnético (grifo nosso) no seu interior, gera uma f.e.m. cujo valor é proporcional ao número de espiras e à taxa da variação do fluxo.” E a lei de Lenz definida como: “O fluxo criado pela corrente induzida tem sempre sentido tal a se opor à variação do fluxo original do circuito, ou seja, tende a manter o fluxo constante.” A lei de Faraday é a variação do fluxo pelo tempo e a lei de Lenz, matematicamente é expresso pelo sinal negativo da lei de Faraday como pode ser visto na Equação 1.

$$e = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Equação 1 – Lei de Faraday-Lenz

Esta lei rege o funcionamento básico de várias máquinas presentes no curso de Automação Industrial, e com isso percebe-se a importância destes conceitos básicos para que os alunos tenham um melhor aproveitamento do curso. Para esta pesquisa foram aplicados dois roteiros de atividades utilizando dois programas computacionais diferentes e simulando situações que abordam a lei de Faraday-Lenz. As atividades foram aplicadas a uma amostra formada por seis estudantes do segundo ano do curso técnico em Automação Industrial do IFSul-Rio-grandense campus Camaquã/RS.

Roteiro I

A primeira atividade de pesquisa consistiu na aplicação de um roteiro de atividadesⁱ que compõe a simulação de uma situação que envolveu a queda de um ímã sobre um anel feito de material não magnético, para que o aluno pudesse analisar as variações do movimento do ímã em relação ao anel, e assim observar o comportamento da corrente induzida no mesmo segundo a Equação 1, acima descrita. O programa computacional desta simulação foi o *fallingmagnet*ⁱⁱ (queda de um ímã) que é disponibilizado por uma rede de curso aberto (Open Course Ware) do MIT (Massachusetts Institute of Technology). Na Figura 1 pode-se observar a tela deste Simulador Computacional.

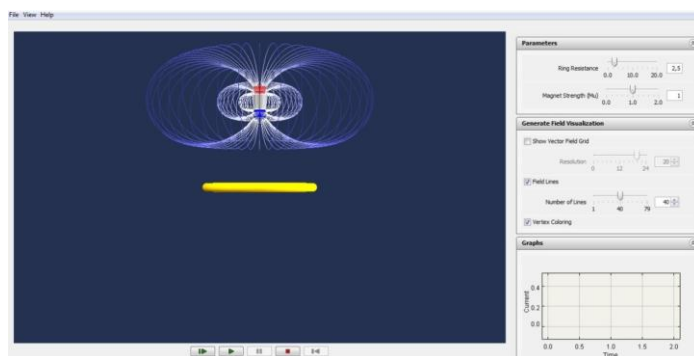


Figura 1 – Tela do simulador “*fallingmagnet*” (Queda de um ímã).

Nesta primeira atividade quatro simulações diferentes foram feitas. Os alunos foram orientados a utilizar a técnica descrita como P.O.E. (Predizer-Observar-Explicar). Esta é bem conhecida e utilizada em simulações computacionais como estratégia para promover o conflito cognitivo estabelecido durante a simulação em programas de simulação (TAO e GUNSTONE, 1999).

Roteiro II

A segunda atividadeⁱⁱⁱ de pesquisa consistiu na aplicação de um roteiro aos mesmos alunos, e o programa computacional desta simulação foi o *faradayslaw*^{iv} (lei de Faraday) que é disponibilizado também pela rede de curso aberto do MIT. Na Figura 2, pode-se observar a tela deste Simulador Computacional. Este roteiro de atividades consiste em duas simulações diferentes. Esta simulação se diferencia da primeira, pois a primeira mostra a queda de um ímã, e esta mostra a variação constante do ímã sob o anel, como um modo gerador.

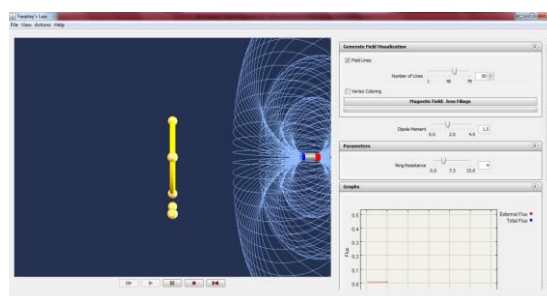


Figura 2 – Tela do simulador “*faradayslaw*” (Lei de Faraday).

Análise da Roteiro I

Durante as cinco atividades do Roteiro I foi utilizada a seguinte pergunta para a previsão: O que você acha que irá acontecer no caso exposto pelo simulador durante a queda do ímã? O objetivo desta atividade foi verificar se o aluno tinha a ideia de que é necessária a variação do fluxo magnético para induzir uma corrente elétrica. Foi pedido aos alunos que colocasse a

força magnética do ímã em zero, e que eles respondessem a pergunta da previsão: Abaixo é mostrado (tabela 1) as respostas de cada um deles a esta pergunta.

Aluno	Respostas da previsão
A	"Nada"
B	"As linhas não vão entrar em contato com o anel"
C	"O anel não vai sofrer nada"
D	"Não acontece nada, pois não tem a interação do campo magnético"
E	"Não ocorrerá nenhuma interação no anel"
F	"Nada"

Tabela 1 – Respostas dos alunos a primeira atividade do Roteiro 1.

Podemos verificar que os estudantes já possuem um conhecimento sobre o assunto, pois sabem que se o ímã não tiver o campo magnético, o mesmo não irá induzir nenhuma corrente no anel. Lembrando que os alunos já tinham estudado este assunto em uma disciplina do primeiro ano do curso sem a intervenção de um software. Neste caso a maioria das explicações deles vão no correto sentido da lei de Faraday-Lenz, que mostra que se não tivermos o campo magnético (fluxo) não teremos corrente induzida. Podemos aqui perceber que os alunos possuem alguns drivers que são internos a eles, pois eles têm certo o que vai acontecer sem mesmo utilizar o simulador. Na segunda atividade do Roteiro I foi pedido que os alunos colocassem os valores da resistência do anel e da intensidade do campo em 50% do seu valor máximo. Neste caso o objetivo era de verificar que será induzida uma corrente no anel (Faraday) e que o sentido desta depende da variação do fluxo (Lenz). Será induzida um ciclo de onda de corrente alternada durante a queda do ímã. Abaixo podemos ver as respostas a pergunta da previsão (Tabela 2).

	Respostas da previsão
A	"Irá gerar uma corrente alternada"
B	"As linhas vão envolver o anel."
C	"Acho que o ímã ao passar no anel vai direcionar os ímãs elementares numa direção formando os polos norte e sul."
D	"As linhas de campo passarão por dentro do anel, logo surgirá uma corrente neste anel."
E	"Vai gerar uma corrente quando o anel passar pelo ímã e quando se afastar não vai gerar uma corrente."
F	"Acho que vai gerar por algum tempo um campo em volta do anel, gerando um campo contrário ao ímã."

Tabela 2 – Respostas dos alunos a segunda atividade do Roteiro 1.

Nesta segunda atividade os alunos se mostraram com alguns drivers que não corresponderam corretamente com relação a simulação, pois podemos ver situações que utilizam de forma inadequada a lei de Faraday-Lenz. Os estudante C, D, e E não demonstram um domínio conceitual desta situação, que é um pouco mais complexa que a primeira. Após foi desenvolvida a terceira atividade do Roteiro I. Esta atividade tinha por objetivo mostrar que a corrente induzida no anel é maior durante um tempo também maior do que no caso da atividade anterior, pois o parâmetro da intensidade de campo foi aumentado ao máximo. Abaixo podemos ver as respostas a pergunta da previsão (Tabela 3).

	Respostas da previsão
A	"Irá gerar uma corrente alternada."
B	"Quando o ímã chegar perto do anel as linhas vão envolver o anel, e a corrente vai cair e quando afastar a corrente sobe."
C	"O anel irá criar um fluxo e uma corrente alternada."
D	"As linhas de campo passam por dentro do anel, magnetizando-o por alguns segundos, e logo surgirá uma corrente neste anel."
E	"Vai gerar uma corrente mais alta do que na simulação anterior."
F	"Vai gerar um campo no anel por alguns segundos gerando uma corrente alternada."

Tabela 3 – Respostas dos alunos a terceira atividade do Roteiro 1.

Neste momento percebe-se uma mudança conceitual nos estudantes C, D e E, pois eles tiveram um tempo para explicar a Previsão e a Observação na atividade anterior. O conflito cognitivo deste método (P.O.E.) causou esta clara mudança conceitual através da intervenção do software (mecanismo de processamento externo), o que evidencia de forma preliminar uma mudança cognitiva devido a este processo, caracterizada pela aquisição de drivers hiperculturais, tais quais gerados pela mediação da simulação computacional. Abaixo na Tabela 4, é mostrado as respostas da previsão da atividade quatro que tinha por objetivo mostrar que com a resistência maior do anel a corrente induzida será menor em um tempo menor que as atividades anteriores.

	Respostas da previsão
A	"Irá aparecer uma corrente alternada."
B	"O tempo vai ser maior."
C	"Vai ter corrente alternada mas menor. E o anel vai criar um fluxo por pouco tempo."
D	"As linhas de campo passam por dentro do anel, magnetizando este, onde surgirá uma corrente."
E	"Vai gerar uma pequena corrente."
F	"Acho que vai gerar um campo no anel, e vai ter corrente alternada."

Tabela 4 – Respostas dos alunos a quarta atividade do Roteiro 1.

Esta atividade requer um bom conhecimento da lei de Faraday-Lenz, pois deve-se perceber que a resistência do anel altera a corrente induzida. Observamos que os alunos A, B e F não responderam de forma adequada, já os estudantes C e E conseguiram evidenciar que a resistência do anel tem influência na corrente nele induzida.

Analise da Roteiro II

Neste roteiro foram propostas duas atividades com o objetivo de explanar o conhecimento dos alunos com relação especificamente a lei de Lenz, pois neste simulador é possível ver o gráfico gerado da corrente no anel, e o gráfico no fluxo nele (que são opostos). A primeira atividade pede para que o parâmetro da resistência do anel seja muito baixa, e a segunda atividade pede-se o contrário. Os alunos todos previram que a corrente induzida seria alternada, e teria um valor alto no primeiro caso e um valor baixo no segundo caso, porém percebemos pelos roteiros que nenhum dos alunos conseguiu prever o que iria acontecer com relação ao fluxo no anel, e ninguém conseguiu explicar porque o gráfico do fluxo é inverso ao da corrente.

Conclusões.

Iniciamos esse trabalho com o objetivo de investigar se o uso de softwares de simulação auxiliaria o aprendizado de conceitos de Eletromagnetismo, em especial a lei de Faraday-Lenz, servindo como ferramentas de processamento extra cerebral, para a evolução destes conceitos. Percebeu-se, no segundo ano do curso, que os estudantes apresentavam dificuldades no entendimento das interações e comportamento das variáveis eletromagnéticas no espaço, mesmo já tendo um contato com o assunto da lei de Faraday-Lenz, resolvendo questões de livros didáticos no primeiro ano do curso. Através do contato com o mecanismo de processamento externo (software de simulação) parte de seu conteúdo foi internalizado e as informações confrontadas com os drivers existentes na estrutura cognitiva do estudante, através dos roteiros que utilizaram o método de conflito cognitivo determinado de P.O.E., o que possivelmente causou a criação de novos drivers em alguns estudantes. Devido a interação hipercultural novos drivers também foram possivelmente criados. Percebemos que as atividades de simulação contribuem para o processo de ensino/aprendizagem, mas não

devem ser utilizadas sozinhas pois certos conteúdos, como a lei de Lenz do segundo Roteiro, não são fáceis de se compreender mesmo com simuladores computacionais. As simulações funcionaram como mediadoras, criando novos drivers nos alunos, mas foram são autossuficientes. Uma característica importante desta atividade computacional foi a possibilidade da visualização das linhas de campo magnético em três dimensões pelos alunos, o que não é possível sem a utilização destes. A nosso ver a complementação do processamento de informações através deste mecanismo externo, que são os computadores, e o surgimento de novos mecanismos internos, drivers de assimilação, é uma das grandes perspectivas oferecidas pela hipercultura no aprendizado de conceitos científicos. Além desta condição, alguns fatores podem contribuir também para o processo: a existência de uma didática centrada na resolução de problemas e a escolha de situações adequadas que possam desencadear o processo de conflito cognitivo capaz de mobilizar os estudantes ao aprendizado.

ⁱ Disponibilizado em: <http://www.4shared.com/office/Lls6I2iHce/I - Roteiro - Eletromagnetismo.html?>

ⁱⁱ Disponibilizado em: <http://ocw.mit.edu/ans7870/8/8.02T/f04/visualizations/faraday/14-fallingmagnetapp/14-fallingmagapp320.html>

ⁱⁱⁱ Disponibilizado em: <http://www.4shared.com/office/gGbrwIoEba/II - Roteiro - Eletromagnetism.html?>

^{iv} Disponibilizado em: <http://ocw.mit.edu/ans7870/8/8.02T/f04/visualizations/faraday/12-faradayapp/12-faradayslaw320.html>

Referências Bibliográficas

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, p. 5-18, 2004. ISSN 3.

GUISASOLA, J.; ALMUDÍ, J. M.; ZUBIMENDI, J. L. Dificultades de Aprendizaje de los Estudiantes Universitarios em La Teoría del Campo Magnético y Eleccion de Los Objetivos de Enseñanza. **Enseñanza de las ciencias**, Vasco, p. 79-94, 2003.

PAZ, A. M. **Atividades Experimentais e Informatizadas: Contribuições para o Ensino de Eletromagnetismo**. 2007. 228 f. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SOUZA, B. C. DE. **A Teoria da Mediação Cognitiva: Os impactos cognitivos da Hipercultura e da Mediação Digital**. 2004. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Disponível em: <<http://www.liber.ufpe.br/teses/arquivo/20040617095205.pdf>>. Acesso em: 13 de maio de 2015.

SOUZA, B. C.; SILVA, A. S.; SILVA, A. M.; ROAZZI, A.; SILVA, S. L. C. Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 6, p. 2320–2330, 2012. Elsevier Ltd. Disponível em:

<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563212002026>>. Acesso em: 13 maio. 2015.

Tao, P.K., Gunstone, R.F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer. **International Journal of Science Education**, v. 21(1), pp.39-57,1999.

VYGOTSKY, L. S. **A formação Social da Mente**. São Paulo, SP: Martins Fontes Editora LTDA, 1984.