

## **SIMULAÇÕES INTERATIVAS NO ENSINO DE CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO**

### **INTERACTIVE SIMULATIONS IN TEACHING CONCEPTS ELECTROMAGNETISM**

Luciano Soares Pedroso  
Mauro Sérgio Teixeira de Araújo  
*Universidade Cruzeiro do Sul*

#### **Resumo**

Neste trabalho desenvolve-se um hiperdocumento construído com software livre com a finalidade de apoiar o ensino e a aprendizagem de conceitos de Eletromagnetismo no Ensino Médio. A pesquisa envolveu a elaboração, produção e validação de um hiperdocumento que contém simulações interativas produzidas com o software EASY JAVA SIMULATIONS, fundamentadas nas concepções de aprendizagem significativa de David Ausubel. Foram considerados também os princípios fundamentais que caracterizam a hipermídia enquanto linguagem que permite o acesso não-linear à informação e a apresentação desta com a utilização dos recursos gráficos, sonoros, interativos e de animação do computador. Buscou-se ainda destacar as implicações do uso desses recursos instrucionais para as práticas de ensino, na medida em que eles podem oferecer expressivas contribuições para as atividades docentes e para a aprendizagem dos estudantes. Nesse sentido, foram encontradas evidências de que a diversidade de elementos de mídia auxiliou os alunos na compreensão dos conceitos físicos, na fixação do conteúdo e interpretação dos fenômenos eletromagnéticos abordados. Observamos ainda que o hiperdocumento estruturado nas concepções de aprendizagem significativa de Ausubel ajudou no desenvolvimento de subsunçores para apoiar a aprendizagem, tornando esses alunos participantes ativos na aquisição de informações e construção de novos conhecimentos.

**Palavras-chave:** Simulações, Software EJS, Ensino de Eletromagnetismo, Hiperdocumento.

#### **Abstract**

This paper develops a hyperdocument built with free software in order to support the teaching and learning of concepts of electromagnetism in high school. The research involved the development, production and validation of a hyperdocument that contains interactive simulations produced with the

software Easy Java Simulations, based on the conceptions of meaningful learning of David Ausubel. We also considered the fundamental principles that characterize hypermedia language while allowing access to non-linear presentation of this information and with the use of graphics, sound, animation and interactive computer. We sought to further highlight the implications of using these resources for instructional teaching practices, in that they can offer significant contributions to the teaching activities and student learning. Accordingly, evidence was found that the diversity of media elements helped the students in understanding the physical concepts, in fixing the content and interpretation of electromagnetic phenomena addressed. We further note that the structured hyperdocument conceptions of meaningful learning Ausubel helped to develop subsumers to support learning, these students becoming active participants in the information acquisition and construction of new knowledge.

**Keywords:** Simulation, Software EJS, Teaching Electromagnetism, hyperdocument.

### **Introdução**

A educação em Ciências e, em especial, em Física nas escolas de educação básica apresenta características que ao longo do tempo pouco tem mudado. Predomina ainda o ensino desvinculado da realidade das pessoas, descontextualizado historicamente, pautado na memorização e ministrado em uma concepção tradicional, na qual o professor, na condição de “sujeito do processo”, em aulas expositivas apresenta e explica os conteúdos. Geralmente o aluno não consegue resolver situações que lhe são apresentadas, utilizando-se de conteúdos trabalhados na escola. Como consequência constata-se o desencanto pela Ciência, a sensação de inutilidade daquilo que fora estudado, o desinteresse e a decepção em perceber que a Ciência estudada nas aulas é divorciada da sua realidade.

Nesse contexto, aproximadamente nas duas últimas décadas, verifica-se no Brasil um avanço do uso da *internet* e dos microcomputadores no ambiente educacional (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002).

Esses recursos apontaram inovadoras possibilidades aos processos de ensino e aprendizagem, propiciando aos professores a oportunidade de buscarem um novo modo de ensinar e às escolas de inovarem-se, rompendo velhas estruturas. Em relação ao ensino de Física, a Informática tem uma aplicação muito diversificada, sendo utilizada em processo de medidas, elaboração de gráficos, avaliações, apresentações, modelagens, animações, vídeos e simulações. (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002a)

Nossa compreensão sobre o processo de aprendizagem do aluno fundamenta-se nas ideias de Ausubel (1980) que têm sido referenciadas em

muitos trabalhos que consideram a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) no ensino e aprendizagem, sobretudo no ensino de Física. Essa teoria é associada por vários autores com as teorias construtivistas cognitivistas. Moreira (1999, p. 152), por exemplo, considera que Ausubel é:

[...] um representante do cognitivismo e, como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, segundo o ponto de vista cognitivo, embora reconheça a importância da experiência afetiva. Para ele, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva. Como outros teóricos do cognitivismo, ele se baseia na premissa de que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam (Moreira, 1999, p. 152).

De fato, para Ausubel (1980), o envolvimento do aluno no processo de aprendizagem demanda que este assuma um papel ativo, sua motivação para a investigação, exploração e compartilhamento de suas descobertas, procurando assim a construção significativa de seu conhecimento. Portanto, para o autor, aprendizagem significativa é um processo no qual uma nova informação é entrelaçada a um ponto relevante na estrutura cognitiva do aluno.

A estrutura cognitiva para Ausubel (1980) é o conteúdo informacional organizado e armazenado por um aluno. Nesse sentido, supõe-se que certo conteúdo previamente armazenado sobre o conceito de Eletromagnetismo, conteúdo abordado em nossa proposta, representará uma forte influência no processo de aprendizagem de um aluno, sendo necessárias três condições para objetivação da aprendizagem significativa, apresentadas em seguida:

- a) A predisposição do aprendiz para se relacionar com o conteúdo apresentado. Nesse ponto cabe ao professor buscar novas alternativas ao seu método de ensino, levando para a sala de aula atividades, exercícios e avaliações relevantes e que contemplem habilidades e competências interligadas ao mundo real, despertando, assim, o interesse do aluno;
- b) A ocorrência de um conteúdo mínimo na estrutura cognitiva do aluno. Nesse caso, o professor deve identificar os organizadores prévios faltantes para a compreensão de determinado assunto e disponibilizá-los, para que o aluno consiga fazer todas as relações necessárias ao entendimento do novo conteúdo;
- c) O material a ser utilizado deve ser potencialmente significativo.

Aqui, cabe ao professor organizar o material de modo a torná-lo significativo e incluir materiais e informações anteriores que sirvam de organizadores prévios.

Acredita-se, contudo, que outros recursos mediadores da aprendizagem são fundamentais no processo de aquisição de conceitos, destacando-se aqui o uso da experimentação no ensino de Física (HOSOUME, 1997; ARAÚJO e ABIB, 2003), com seus diferentes enfoques e finalidades.

A partir da década de 90, com a popularização do uso do computador nos ambientes de trabalho, residências e também no ambiente escolar, diversos

estudos têm sido feitos sobre a importância da informática no ensino em geral e, principalmente, o uso de simulações no ensino de Física. Para Tavares e Santos (2003, p.134):

As animações interativas, construídas a partir da modelagem de situações físicas de interesse pedagógico, têm se mostrado adequadas para introduzir o estudante em conteúdos nos quais ele não está familiarizado. Pode-se criar uma representação real ou ideacional de um fenômeno físico, apresentar aos estudantes as características do fenômeno para a observação, além de serem sensíveis aos critérios individuais, onde o aprendiz pode agir na modificação das condições iniciais e observar as respostas, relacionar grandezas e outros atributos pertinentes ao fenômeno físico. (Tavares e Santos, 2003, p.134)

Por sua vez, Araújo e Veit (2004, p. 9) asseveram que:

...as simulações computacionais com objetivos pedagógicos dão suporte a atividades exploratórias caracterizadas pela observação, análise e interação do sujeito com modelos já construídos. A modelagem computacional aplicada ao ensino de Física é desenvolvida em atividades expressivas, caracterizadas pelo processo de construção do modelo desde sua estrutura matemática até a análise dos resultados gerados por ele. (Araújo e Veit, 2004, p. 9)

Nessa proposta, desenvolve-se um **Hiperdocumento** com simulações envolvendo conceitos de **Eletromagnetismo (HE)**, que pode ser utilizado em sala de aula como complementação pedagógica à prática do professor, visando proporcionar uma aprendizagem significativa. Partindo da hipótese que as simulações podem provocar mudanças conceituais no aluno, possibilitando-lhe a evolução do senso comum para um conhecimento mais estruturado, construindo quatro simulações sobre a lei de Faraday e a lei de Lenz. Entende-se que os resultados encontrados possam servir de referência para a utilização de outras simulações, outros softwares e outros temas da Física. Ainda, em relação às simulações, Medeiros & Medeiros (2002b, p. 79) propõem que:

Qualquer simulação está baseada em um modelo de uma situação real, modelo este, matematizado e processado pelo computador, a fim de fornecer animações de uma realidade virtual. A construção, portanto, de uma simulação computacional pressupõe, necessariamente, a existência de um modelo que lhe dá suporte e que lhe confere significado. As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginários, de sistemas ou fenômenos. (Medeiros & Medeiros, 2002b, p. 79)

Para esta pesquisa, convidou-se um grupo de 32 alunos da 3ª série do Ensino Médio do Colégio Paula Frassinetti de São Sebastião do Paraíso/MG, que ainda não tinham estudado curricularmente os conceitos de Eletromagnetismo e, também não conheciam os testes e as simulações propostas. Estes alunos estudam no período matutino, são em sua maioria de classe média e possuem uma carga horária de quatro aulas semanais de Física.

Na fase inicial da intervenção, verificou-se que colocar os alunos frente a uma simulação, sem um roteiro de orientação, não gerava resultado significativo na maioria, pois eles rapidamente se cansavam ou ficavam dispersos. Esta observação fortaleceu a visão de que o uso das simulações não pode ser livre, o que induz o aluno a percebê-la como um jogo, com tentativas e erros aleatórios. Esse motivo levou a caracterizar o uso das simulações acompanhadas de um roteiro ou guia que direcione o uso da simulação, esclareça a concepção de educação adotada e, ainda, indique qual relação o aluno estabelecerá com o recurso da informática. Assim, sugere-se a elaboração de guias de simulação para uso didático de software.

O ensino do conteúdo referente ao Eletromagnetismo apresenta um grau de dificuldade muito grande, já que os alunos costumam misturar conceitos, associando grandezas mesmo quando uma não interfere na outra, usando uma grandeza no lugar de outra e, também, porque as situações que envolvem esse tema são muitas vezes difíceis de serem demonstradas em aulas experimentais.

Desse modo, o estudo realizado tem como objetivo determinar se o uso de simulações que envolvem o estudo de Eletromagnetismo é capaz de provocar mudanças conceituais nos alunos, permitindo-lhes a construção de novos conhecimentos em uma perspectiva de aprendizagem significativa.

## **Descrição do trabalho desenvolvido**

### *1. O Software, as Simulações e o Modelo Inspirador*

Utilizou-se o *software* Easy Java Simulations (ESQUEMBRE, 2004) em função de seus inúmeros recursos que permitem construir simulações que se aproximam de um fenômeno físico e com alto grau de interatividade.

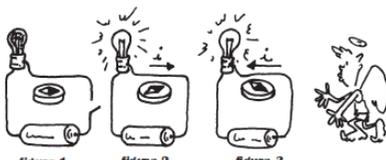
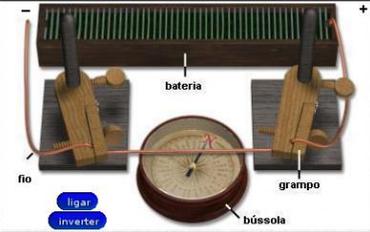
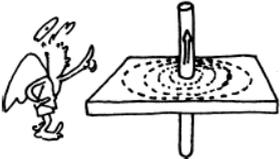
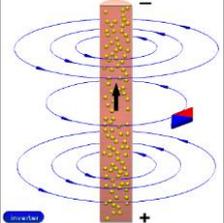
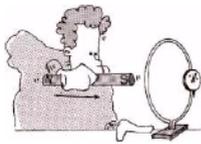
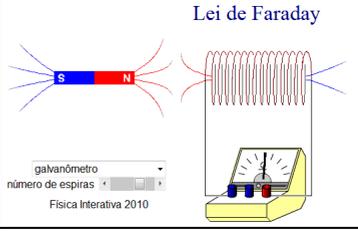
Embora o usuário possa criar suas simulações com esse software, optou-se por solicitar aos alunos que interagissem com simulações previamente elaboradas e com roteiro adequado ao conteúdo em questão.

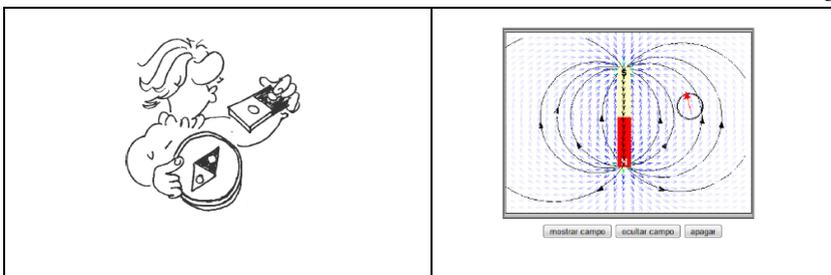
Isto porque o intuito da pesquisa é avaliar a capacidade que essas simulações têm de provocar mudanças conceituais no aluno e, nesse sentido, os estudantes escolhidos não haviam tido, até então, contato com o conhecimento formal a respeito do Eletromagnetismo e de suas leis. Uma utilização mais ampla do software exigiria este domínio prévio, podendo fazer parte de outra pesquisa sobre a utilização de softwares no ensino de Física.

Optou-se pelo Eletromagnetismo pela necessidade de delimitar um conteúdo e pela facilidade de encontrar situações do cotidiano que poderiam

servir de estímulo a este estudo. Para a elaboração das simulações, em função da análise realizada sobre o livro do GREF (1998), optou-se pela sua utilização exaustiva como modelo inspirador de proposta de ensino-aprendizagem complementada com recursos pedagógicos alternativos. Os recursos de texto e simulações foram inspirados no livro do aluno sobre Eletromagnetismo (GREF – Leituras de Física – 2005, páginas 53 a 76) conforme ilustrados no quadro a seguir:

Quadro 01: Figuras do GREF inspiradoras das simulações.

Figuras do GREF	Simulações
 <p>figura 1      figura 2      figura 3</p>	
	
	<p>Lei de Faraday</p> 



Durante o uso das simulações elaboradas neste trabalho, o aluno se deparava com telas do seguinte tipo:

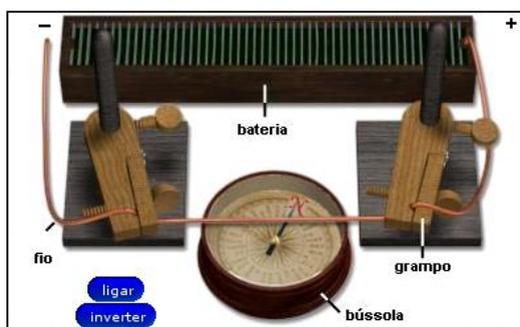


Figura 1 - Experimento de Oersted.

A simulação representada pela figura 1 possui um alto grau de iconicidade e possibilita a verificação do sentido do campo magnético gerado ao redor do fio. Ao inverter o sentido da corrente gerada pela pilha, o aluno observa a bússola indicando a inversão do sentido do campo magnético. Já na figura 2 apresenta-se a lei de Faraday e Lenz onde o aluno pode aproximar o ímã da bobina e verificar a proporcionalidade quanto ao número de espiras, velocidade de aproximação ou afastamento do ímã e a indicação do amperímetro. O aluno pode observar também o surgimento de linhas de indução do campo magnético opondo-se ao campo magnético do ímã, além da possibilidade de variação do número de espiras e a troca do galvanômetro por uma lâmpada.

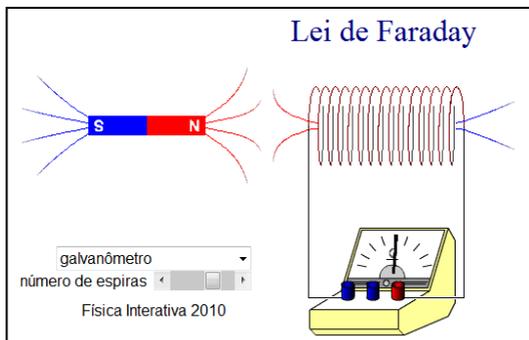


Figura 2 – Lei de Faraday-Lenz.

## 2. Roteiro de utilização do software

No roteiro de utilização da simulação, reservaram-se alguns minutos para que o aluno explorasse livremente as simulações e se familiarize com os principais comandos.

A estrutura dos roteiros de exploração é composta por um conjunto de “dicas” de natureza operacional (muitas vezes acompanhadas por imagens que ajudem na transição entre o recurso educativo e o roteiro de exploração), entremeadas com questões de caráter interpretativo e outras explorando mais o aspecto reflexivo. Um dos pontos importantes associados à construção dos roteiros passa pelo equilíbrio entre a liberdade construtivista e a mínima orientação, permitindo aos alunos uma exploração mais enriquecedora dos recursos educativos disponíveis no HE.

Durante a interação dos alunos com o HE, mediada pela utilização de um roteiro de exploração, procura-se explicar claramente o objetivo e a estrutura geral deste instrumento procurando:

- Ser o menos interventivo possível, embora sempre presente e, quando solicitado, ajudando os alunos;
- Estar atento a alunos menos ativos, oferecendo algum estímulo ou questão que impulse o trabalho;
- Observando o tempo de exploração de cada simulação;
- Solicitar aos alunos que tomem nota das respostas e dos registros pedidos ao longo do roteiro de exploração, em uma folha de papel ou no processador de texto.

## 3 Desenvolvimento da proposta metodológica

O desenvolvimento da proposta deu-se, aplicando-se inicialmente ao grupo de alunos selecionados um pré-teste (L1) em sala de aula, durante 50 minutos. A seguir, no laboratório de informática, com a ajuda de um roteiro

previamente elaborado, durante 100 minutos, os alunos trabalharam individualmente e puderam interagir com as simulações. A terceira etapa ocorreu na semana seguinte e contemplou a aplicação do pós-teste (L2) e também teve a duração de 50 minutos.

Como as respostas dadas ao pré-teste e ao pós-teste continham justificativas, julga-se importante, ao invés de, simplesmente classificá-las como corretas ou incorretas, proceder a uma análise de conteúdo conforme pressupõe Bardin (2000). Segundo a autora, há três etapas básicas nos trabalhos com a análise de conteúdo:

*A pré-análise:* organização de todos os materiais que serão utilizados para a coleta dos dados, assim como outros materiais que podem ajudar a entender melhor o fenômeno e fixar o que a autora define como *corpus* da investigação, entendido como a especificação do campo que o pesquisador deve centrar a atenção.

*A descrição analítica:* nesta etapa o material reunido que constitui o *corpus* da pesquisa é mais aprofundado, sendo orientado em princípio pelas hipóteses e pelo referencial teórico, surgindo desta análise quadros de referências, buscando sínteses coincidentes e divergentes de idéias.

*Interpretação referencial:* é a fase de análise propriamente dita. A reflexão e a intuição, com embasamento em materiais empíricos, estabelecem relações com a realidade, aprofundando as conexões das ideias, chegando se possível à proposta básica de transformações nos limites das estruturas específicas e gerais. É onde o pesquisador apoiado nos resultados brutos procura torná-los significativos e válidos.

Em Bardin (2000), encontra-se a descrição em que a definição de análise de conteúdo surge no final dos anos 40-50, com Berelson, auxiliado por Lazarsfeld, afirmando que esse método é uma técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação. Segundo a autora, a análise de conteúdo é definida como:

[...] um conjunto de técnicas de análise de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2000. p. 21).

Diante do elucidado, pode-se afirmar que a análise de conteúdo utilizada na pesquisa e representada no quadro 2, é um método que pode ser aplicado tanto na pesquisa quantitativa como na investigação qualitativa, mas com

aplicações diferentes, sendo que na primeira, o que serve de informação é a frequência com que surgem certas características do conteúdo, enquanto na segunda é a presença ou a ausência de uma dada característica de conteúdo ou de um conjunto de características num determinado fragmento de mensagem que é levado em consideração.

### Resultados obtidos

Na apresentação dos resultados, faz-se uma análise comparativa dos levantamentos conceituais, realizados antes e depois da manipulação das simulações pelo aluno, procurando articular os resultados com o referencial teórico.

Embora a proposta não se restrinja à investigação quantitativa da aprendizagem, consideram-se os resultados dos escores para perceber se as simulações produzidas com o software EJS possibilitaram uma evolução conceitual de Eletromagnetismo segundo os preceitos da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Neste relato procede-se a um estudo pormenorizado das respostas dos alunos em apenas cinco das nove questões propostas, buscando inferir a partir de suas considerações dimensões e categorias de análise.

As respostas foram classificadas em duas dimensões: na primeira, foca-se a relação entre as grandezas físicas, enquanto a segunda dimensão concentra-se na análise conceitual das respostas.

As respostas dos alunos foram agrupadas em categorias de síntese sendo que a identificação “L1Q2A3” significa a resposta do aluno 3 à questão 2 no pré-teste e “L2Q2A3” significa a resposta do aluno 3 à questão 2 no pós-teste.

#### *1 Análise dos gráficos com respostas dos alunos*

Questão 1: Um ímã foi fixado em uma folha de papel sobre uma mesa conforme mostra a figura a seguir. Imagine que foi solicitado que você aproximasse uma bússola apoiada na folha de papel em várias posições em torno do ímã, tracejadas na figura. Desenhe a agulha da bússola nas várias posições indicadas na figura.



Figura 3. Questão proposta pelo GREF.  
Fonte: GREF: Eletromagnetismo. (2005, p. 158)

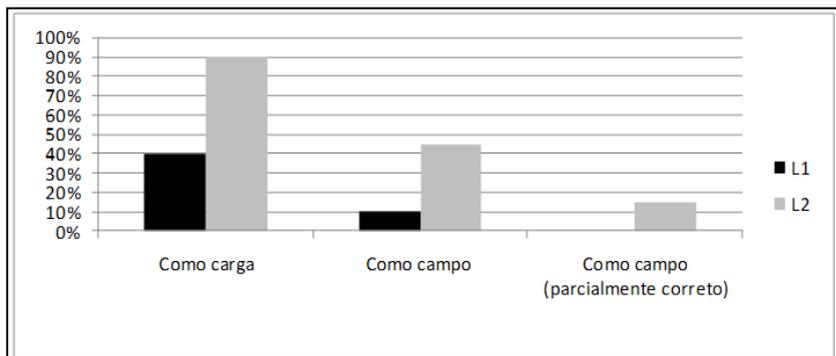


Figura 4. Direção e sentido do campo magnético criado ao redor de um ímã.

Nota-se, pela figura 4, que houve uma melhora substancial nas respostas dos alunos, pois no L1 90% desses alunos analisaram a questão proposta levando em consideração o campo elétrico gerado ao redor de uma carga, percentual que caiu para 40 % no pós-teste.

Na figura 6 do L2Q6A8, percebe-se que o aluno, para responder a questão, traçou as linhas de campo magnético do ímã e depois posicionou corretamente a bússola. A melhora significativa observada nessa resposta deve-se à simulação demonstrada na figura 7. As figuras 5 e 6 representam o desenho de um aluno nos dois levantamentos bem como uma das simulações disponíveis durante a aplicação do material. Observa-se claramente que o aluno desenhou, em L1, considerando o conceito de campo elétrico e que em L2 passou a observar corretamente o campo magnético!

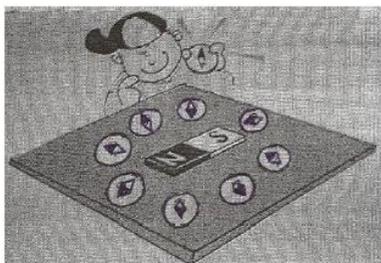


Figura 5. L1Q6A8

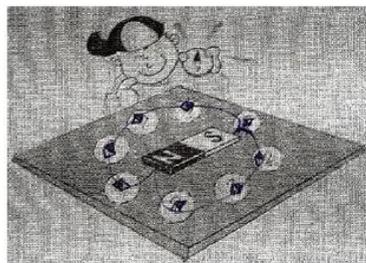


Figura 6. L2Q6A8

Na simulação representada pela figura 7, a seguir, realizada após o L1, o aluno pode manipular virtualmente uma bússola nas proximidades do ímã, verificando o sentido e a direção do campo magnético.

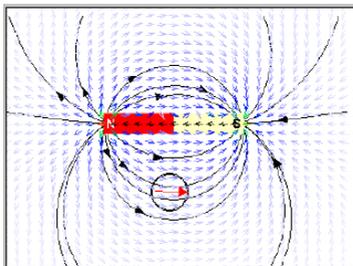


Figura 7. Simulação que demonstra as linhas de indução do ímã.

Questão 2: Na experiência montada a seguir, o fio de um circuito passa sobre a agulha de uma bússola. Com a chave C aberta, a agulha alinha-se como mostra a figura 1. Fechando-se a chave C, a agulha da bússola assume nova posição (figura 2).

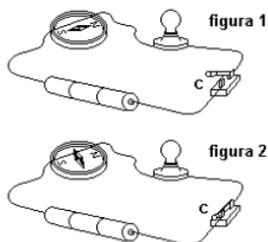


Figura 8. Fio e bússola: figura 1 com chave aberta e figura 2 com chave fechada.

Como você explicaria esse movimento da agulha da bússola a partir da corrente elétrica estabelecida no circuito?

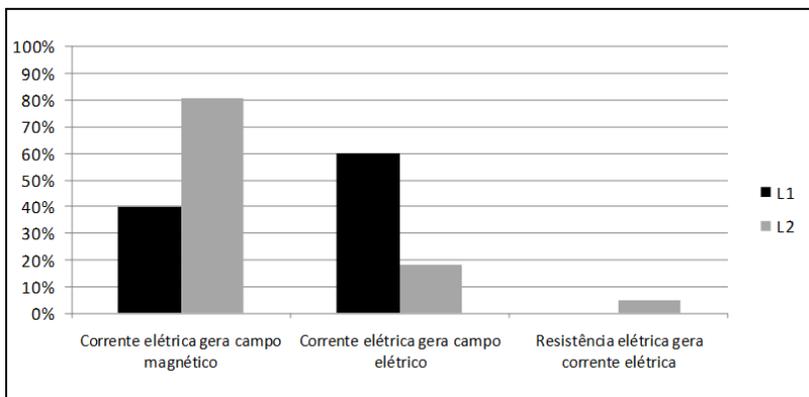


Figura 9. Corrente elétrica gerando campo magnético.

Infere-se, das respostas dos alunos, que a utilização das simulações trouxe benefícios para o entendimento sobre a descoberta feita por Oersted em 1820. Ao serem empregados para melhorar a atenção, apoiar o raciocínio e auxiliar a visualização e interpretação de fenômenos, os elementos desse tipo de mídia colaboram para a ocorrência de aprendizagem significativa por tenderem a estimular o estabelecimento de relações intencionais entre os conceitos a serem assimilados e a estrutura cognitiva do aluno. Algumas respostas dadas pelos alunos são reproduzidas a seguir:

“Quando a chave C está aberta passa por ela uma corrente elétrica onde os elétrons se alinham, já com a chave fechada os e- (elétrons) vão se movimentar.” (L1Q7A12)

“A agulha se movimenta porque com a chave C fechada haverá uma passagem de corrente elétrica gerando um campo magnético e a agulha ficará de acordo com os vetores desse campo.” (L2Q7A12)

“A agulha se movimenta de acordo com o campo magnético quando se fecha a chave.” (L2Q7A13)

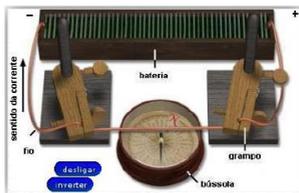


Figura 10. Simulação da primeira experiência de Oersted.

Nesta simulação o aluno pode verificar com facilidade o sentido do campo magnético gerado pela corrente que percorre o fio condutor. Quando o sentido da corrente gerada pela pilha é invertido, ocorre uma consequente inversão no sentido do campo magnético que pode ser constatada pelo aluno por meio da bússola. A qualidade das respostas fornecidas pelos alunos para essa questão no L2, destacadas acima, demonstra que a iconicidade e a interatividade conduzem os alunos a uma aprendizagem significativa.

Questão 3: Um dispositivo usado para medir velocidade de bicicletas é composto por um pequeno ímã preso a um dos raios da roda e uma bobina fixa no garfo. A bobina é ligada por fios condutores a um mostrador preso ao guidom, conforme representado na figura a seguir. A cada giro da roda, o ímã passa próximo à bobina, gerando um pulso de corrente que é detectado e processado pelo mostrador. Como você explicaria esse fato?



Figura 11. Velocímetro digital.

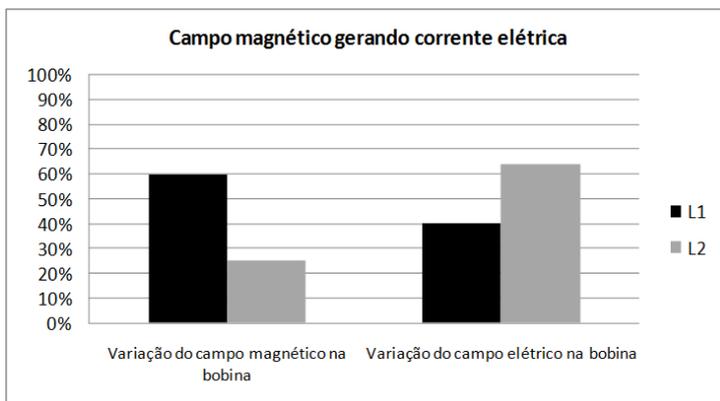


Figura 12. Campo magnético gerando corrente elétrica

O depoimento feito pelo aluno 21 a essa questão, no L2, indica que a utilização da derivação progressiva, da organização sequencial e da reconciliação integradora na estruturação do HE orientadoras na redação dos textos, na configuração dos links e nas escolhas das trilhas do hiperdocumento, teve um efeito benéfico para sua aprendizagem.

“O ímã interage com os elétrons que estão no fio da bobina e esses vão movimentar-se gerando um pulso de corrente.” (L2Q8A21)

A qualidade das respostas dos alunos no L2, quando comparadas às respostas no L1, indica que o HE auxiliou no desenvolvimento de subsunçores apropriados para a assimilação da indução eletromagnética. O estabelecimento de relações relevantes pelos alunos entre as ideias estudadas podem ser entendidas como evidência de ocorrência de aprendizagem significativa.

“O ímã quando passar pela bobina fornecerá energia para ela e, esta passa pelos fios até chegar ao mostrador.” (L1Q8A14)

“O ímã perto da bobina faz com que seus elétrons entrem em movimento...” (L2Q8A14)

“A bobina percebe a existência de um objeto carregado com carga oposta a que ela é.” (L1Q8A15)

“Os elétrons livres vão entrar em movimento porque há um campo magnético aproximando-se da bobina.” (L2Q8A15)

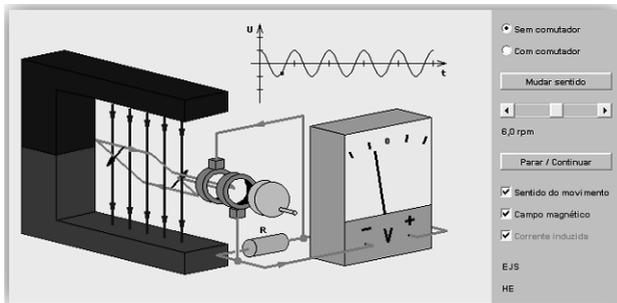


Figura 13. Gerador.

Na simulação representada pela figura 13, o aluno observa o sentido do campo magnético gerado pelo ímã e o sentido da corrente elétrica induzida na espira do gerador. Durante a manipulação virtual dessa simulação o aluno comprova a lei de Lenz, responsável por ajudá-lo na resposta da questão 2.

Questão 4: Na figura ao lado você observa a distorção na imagem provocada por um ímã nas proximidades da tela de um monitor. Explique como isso ocorreu.



Figura 14. Ímã próximo à tela do monitor.

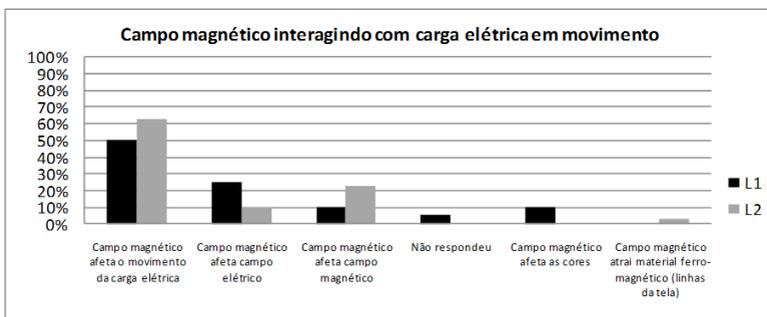


Figura 15. Campo magnético interagindo com carga elétrica em movimento.

A compreensão do assunto tratado na questão 4 está evidenciada pelo relato dos alunos 1 e 12 frente ao levantamento 2, demonstrando que durante a manipulação virtual do HE foram desenvolvidos conceitos subsunçores capazes de auxiliar a aprendizagem subsequente, passando de 50,0% no L1 para 63,6% no L2.

“O ímã, com seu campo magnético, ao passar próximo da tela faz com que os elétrons interajam com o campo distorcendo a imagem.”  
(L2Q9A12)

“O campo magnético altera o campo elétrico da tela que será distorcida.”  
(L2Q9A1)

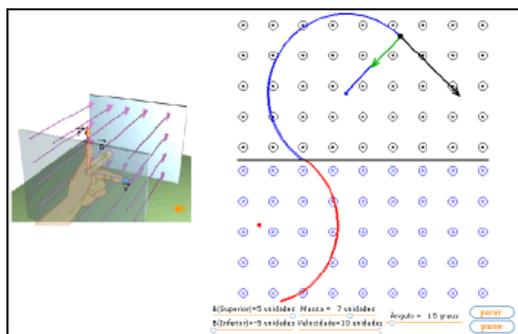


Figura 16. Campo magnético interagindo com cargas elétricas em movimento.

Na simulação da figura 16, uma partícula carregada penetra em um campo magnético, quando essa partícula interage com esse campo, o aluno percebe que uma força passa a atuar desviando-a de sua trajetória retilínea. Essa comprovação é importante para o aluno descrever o que ocorre com a tela do monitor quando aproximamos dele um ímã.

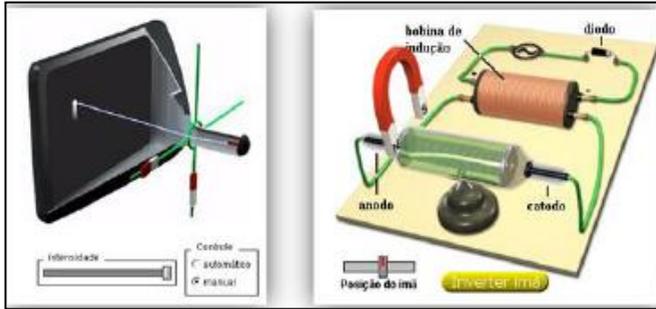


Figura 17. Ímã desviando cargas elétricas.

Nas simulações da figura 17, o aluno pode manipular os ímãs e verificar o que ocorre com a trajetória das cargas elétricas. Ao compararmos as simulações das figuras 16 e 17, percebemos o ganho conceitual dos alunos nessa questão, demonstrando a ocorrência de reconciliação integradora.

Questão 5: Descreva o que você mais gostou no HE.



Figura 18. O que mais gostou no HE.

Descrevem-se, no quadro 2, alguns posicionamentos dos alunos sobre o que mais gostaram no HE. Como pontos positivos do material desenvolvido e sobre a interatividade proporcionada pelo HE no entendimento do conteúdo de Eletromagnetismo destacam-se: a linguagem usada na descrição dos fenômenos, os vídeos produzidos a partir da bancada de experimentos, a sonorização dos aplicativos, a praticidade de acesso ao conteúdo e a dedicação do professor.

Percebe-se que a dedicação e orientação do professor foram necessárias para otimizar a utilização do HE, através do esclarecimento dos pontos mais difíceis, da proposição de atividades para explicar as concepções dos alunos e

da introdução de organizadores prévios, adequando-os a cada aluno, direcionando apropriadamente as etapas futuras da aprendizagem.

O valor atribuído pelos alunos aos exercícios são indicações de que tiveram efeito benéfico na assimilação e consolidação dos conceitos de Eletromagnetismo propostos pelo HE.

<b>Característica positiva do HE</b>	<b>Relação de alunos</b>	<b>Citações dos alunos</b>
Linguagem	A1, A5, A16 e A27	O hiperdocumento foi muito bem elaborado, com uma linguagem de fácil compreensão e com os vídeos esse esclarecimento foi ainda maior. (A1) Os textos usados no CD são de uma leitura agradável. (A16)
Visual	A15, A19, A7 e A32	O visual das simulações é muito legal e convincente. (A15) O CD é superinteressante e completo e, os vídeos e as figuras com a explicação falada ajudam muito no entendimento e compreensão do material, pois não fica uma coisa monótona, só lendo e sim uma aula diversificada. (A32)
Ciência, Tecnologia e Sociedade	A12, A20, A22, A29 e A30	Adorei ver que o magnetismo e eletromagnetismo estão em várias coisas do nosso cotidiano e às vezes nem percebemos ou sabemos. (A22) O texto sobre biotecnologia me chamou muito atenção (A29) Conhecer o funcionamento do MAGLEV foi muito legal. (A12)
Sonorização dos aplicativos	A8, A2, A23, A17, A10, A14, A11 e A25	Achei muito bom os aplicativos que simulavam cada conteúdo e aqueles que tinham sons; as explicações foram bem precisas. Assim consegui entender muito bem com este hiperdocumento. (A14) Mas o que mais me agradou foi poder observar os vídeos e os aplicativos ouvindo as explicações. (A1) Gostei do modo diferente de aprender Física fazendo aulas com o CD tendo os experimentos explicados através de som. (A23)
Usabilidade/Interação	A3, A6, A13, A21, A26 e A31	Gostei muito da objetividade e clareza dos aplicativos, da facilidade de manuseio e da abordagem dos

		exercícios. (A21) O CD do aplicativo é bem completo e fácil de usar. (A3) O HE estimulou a minha criatividade, principalmente quando interagi com os aplicativos fazendo analogias. (A20)
Conteúdo/Exercícios	A4, A9, A18, A24 e A28	O eletromagnetismo é um assunto que me chamou atenção. Ao resolver os exercícios senti muita facilidade. (A18) As aulas sonorizadas e os vídeos produzidos através dos experimentos reais tornaram o assunto eletromagnetismo fácil de estudar. (A28)

Quadro 2. O que os alunos mais gostaram no HE.

Além de apontarem características do conteúdo capazes de motivá-los, esses depoimentos constituem indícios de que o HE os auxiliou na percepção das relações entre Ciência, Tecnologia e o seu cotidiano.

Esses alunos, que foram escolhidos em função da representatividade das suas respostas, demonstraram que temas científicos atuais, abordados com ênfase na tecnologia e possuindo elementos mais próximos da sua realidade, favorecem a aprendizagem significativa de conceitos de Eletromagnetismo.

Esses comentários sugerem que o uso do HE possibilitou a criação de um ambiente agradável de aprendizagem, no qual os diferentes elementos de mídia e os recursos de hipertexto apoiaram a exploração da informação e a assimilação dos conceitos, levando a uma aprendizagem significativa.

## Conclusões

Nessa proposta de ensino de Física, estratégias que possibilitaram a utilização de um software livre como ferramenta para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos de Eletromagnetismo foram empregadas.

Confirmou-se o que a literatura defende no que diz respeito à importância dos conceitos prévios do aluno para a realização do processo ensino-aprendizagem de forma significativa a partir de conjunto de situações-problema exploradas via simulação de modelos, ambientados em páginas HTM (TAVARES & SANTOS, 2003).

A utilização das simulações com alto grau de interatividade, como aquelas demonstradas no quadro 1 e ambientadas em arquivo HTML mostraram-se como um viés metodológico adequado para operacionalização das atividades de sondagem, investigação e construção de conceitos.

Nas condições em que foram realizadas as atividades, percebeu-se que o domínio conceitual e a capacidade de aplicação ou abstração dos conceitos dos REMATEC, Natal (RN), Ano 8/ n.14/ Set-Dez, 2013

alunos, em situações diversas, não coexistem no mesmo nível cognitivo, mas que são complementares, pois diante da constatação dos índices dos escores obtidos nos dois levantamentos, considerando as nove questões, tendem a refletir um baixo ganho conceitual desses alunos quando o aspecto focado é o percentual de “respostas certas” no L2 em relação ao L1.

Contudo, se o foco passar a ser a comparação qualitativa dos domínios conceituais expressos pelas qualidades das respostas antes e depois da manipulação do material, passou-se a notar uma melhora relativa mais expressiva, isto é, mais facilmente percebida.

Justifica-se o exposto devido às atividades terem demonstrado serem excelentes cenários para a sondagem de conceitos prévios, uma vez que os alunos foram solicitados a levantar hipóteses acerca de cada conceito, antes de executarem as simulações.

Ao manipularem as simulações, procuravam justificar suas hipóteses, adequando-as ao observado ou quando manifestavam seus conhecimentos prévios ao tentarem explicar uma determinada situação que ocorria na tela do computador.

Neste momento é que se faz necessário e importante destacar o papel dos recursos gráficos e sonorizados das simulações que viabilizaram a verificação e constatação de resultados, modificação de ambientes e manipulação de variáveis de maneira fácil e rápida, elementos que contribuíram para que os estudantes pudessem construir seus conhecimentos sobre Eletromagnetismo.

## Referências

ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliana Angela. Uma Revisão da literatura sobre Estudos Relativos a Tecnologias Computacionais no Ensino de Física. Revista ABRAPEC, v. 4, n.3, p. 5-18, maio/ago, 2004.

ARAÚJO, M. S. T., ABIB, M. L. V. S., - Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, 2, p. 176-194, Junho de 2003.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

BARDIN, Laurence. Análise de Conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2000.

ESQUEMBRE, Francisco Martínez. Aplicación a La Enseñanza de La Física. 1ª edição. Madrid: Espanha. Editora Pearson Educación, 2004.

GRAF. Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: EDUSP, 2005.

GRAF. Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Leituras de Física: Eletromagnetismo. Instituto de Física – USP, 1998. Disponível em:

<[http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/gref/gref\\_index.html](http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/gref/gref_index.html)>

Acesso em 25 jun. 2010.

HOSOUME, Yassuko; TOSCANO, Carlos; MARTINS, Junior. Eletromagnetismo - GREF: novas formas e conteúdos. In: XII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12. Belo Horizonte, Anais..., São Paulo: SBF, 1997.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide. Possibilidades e limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. Revista Brasileira do Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, Jun., 2002a.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide. Questões Epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de Física. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v. 1, n. 1, p. 103-117, jun. 2002b.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa. Brasília: Editora UnB, 1999.

TAVARES, Romero; SANTOS, José Nazareno. Organizador prévio e animação interativa. In: INTERNATIONAL MEETING ON MEANINGFUL LEARNING MARAGOGI, 4, 2003, Alagoas. Anais..., Alagoas: UFPB, 2003.

Luciano Soares Pedroso - Universidade Cruzeiro do Sul – São Paulo – Brasil

**E-mail:** luciano.pedroso@fespmg.edu.br

Mauro Sérgio Teixeira de Araújo - Universidade Cruzeiro do Sul – São Paulo – Brasil

**E-mail:** mstaraujo@uol.com.br