

## ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS ENVOLVENDO INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA: UMA PROPOSTA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

*José Jorge Vale Rodrigues<sup>1</sup>  
Italo Gabriel Neide*

### RESUMO

Este artigo trata de uma sugestão de atividades experimentais integradas a atividades computacionais no ensino de eletromagnetismo como recurso didático para a compreensão da indução eletromagnética com base em uma pesquisa realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), localizado na cidade de Palmas-TO, com trinta alunos de quatro turmas: uma do terceiro ano e três do quarto ano do Ensino Médio. Esta pesquisa tem parceria com a Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), localizada em Lajeado-RS. A arquitetura metodológica dessas atividades foi construída com base nas técnicas qualitativas. Seu objetivo é desenvolver atividades com alunos do 3º ano do Ensino Médio por meio da integração entre simulações e experimentos reais envolvendo o tema indução eletromagnética. O material elaborado e proposto nesta prática, os guias POE (Prever, Observar e Explicar), mostrou ser eficiente, pois possibilitou promover a interação entre os estudantes e com os recursos instrucionais. O material permitiu ainda a negociação de significados entre os alunos e com isso pôde-se avaliar sua compreensão em relação ao conceito de indução eletromagnética. No fim do processo de intervenção notou-se que os alunos avaliaram tal procedimento (por meio do questionário final) de forma positiva e que integrar experimentação real com informática para entender melhor os conceitos sobre eletromagnetismo é uma alternativa de ensino motivadora, que os instigou à curiosidade. Dessa forma, conclui-se que integrar atividades experimentais a atividades computacionais promove interação dos alunos na realização de seus estudos. Acredita-se que esse método de ensino, em que se integraram atividades experimentais e atividades computacionais desenvolvidas por alunos e professor, mostra-se adequado aos novos tempos da educação, quando se busca o entendimento do mundo pela experiência e pela tecnologia.

**Palavras-chave:** Experimentos. Simulações de computador. Eletromagnetismo. Ensino de Física.

---

<sup>1</sup> Mestrando em Ensino de Ciências Exatas na UNIVATES/RS, Especialista em Metodologia do Ensino de Física pela FIJ/RJ, graduado em Licenciatura em Física pela UNIS/MG, graduado em Licenciatura em Ciências com habilitação em Matemática pela UEMA/CESI. Atualmente é professor efetivo de Física com dedicação exclusiva no IFTO, campus Palmas-TO. Líder do grupo de pesquisa PROEC - Programa de Estudos e Pesquisas no Ensino de Ciências do IFTO. Contato: jose.rodrigues@ifto.edu.br

## **INTEGRATED EXPERIMENTAL AND COMPUTING ACTIVITIES INVOLVING ELECTROMAGNETIC INDUCTION: A PROPOSAL FOR MIDDLE SCHOOL STUDENTS**

### **ABSTRACT**

This article is a suggestion of experimental activities integrated to computational activities in the teaching of electromagnetism as a didactic resource for the understanding of electromagnetic induction based on a research carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins (IFTO), located in city of Palmas, in Tocantins, with thirty students from four classes: one from third year and three from fourth year of high school. This research has a partnership with the University of Vale do Taquari (UNIVATES), located in Lajeado-RS. The methodological architecture of these activities was built based on qualitative techniques. Its objective is to develop activities with students of the 3rd year of High School through the integration between simulations and real experiments involving the subject electromagnetic induction. The material elaborated and proposed in this practice, the POE (Predict, Observe and Explain) guides, proved to be efficient, since it made it possible to promote interaction among students and with instructional resources. The material also allowed the negotiation of meanings among the students and with that it was possible to evaluate their understanding in relation to the concept of electromagnetic induction. At the end of the intervention process it was noticed that the students evaluated this procedure (through the final questionnaire) in a positive way and that integrating real experimentation with computer science to better understand the concepts about electromagnetism is an alternative of motivational teaching, which instigated them to curiosity. In this way, it is concluded that integrating experimental activities with computational activities promotes students' interaction in the accomplishment of their studies. It is believed that this teaching method, which integrates experimental activities and computational activities developed by students and teachers, is appropriate to the new times of education, when seeking the understanding of the world through experience and technology.

**Keywords:** Experiments. Computer simulations. Electromagnetism. Teaching Physics.

## **ACTIVIDADES EXPERIMENTALES Y COMPUTACIONALES INTEGRADAS ENVOLVENDO INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA: UNA PROPUESTA PARA ALUMNOS DE LA ENSEÑANZA MEDIO**

### **RESUMEN**

Este artículo se trata de una sugerencia de actividades experimentales integradas a actividades computacionales en la enseñanza de electromagnetismo como recurso didáctico para la comprensión de la inducción electromagnética con base en una investigación realizada en el Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Tocantins (IFTO) ciudad de Palmas, en Tocantins, con treinta alumnos de cuatro grupos: uno de tercer año y tres de cuarto año de secundaria. Esta investigación tiene asociación con la Universidad del Valle del Taquari (UNIVATES), ubicada en Lajeado-RS. La arquitectura metodológica de estas actividades fue construida sobre la base de las técnicas

cualitativas. Su objetivo es desarrollar actividades con alumnos del 3º año de la Enseñanza Media por medio de la integración entre simulaciones y experimentos reales envolviendo el tema inducción electromagnética. El material elaborado y propuesto en esta práctica, las guías POE (Prever, Observar y Explicar), mostró ser eficiente, pues permitió promover la interacción entre los estudiantes y con los recursos instruccionales. El material permitió además la negociación de significados entre los alumnos y con ello se pudo evaluar su comprensión en relación al concepto de inducción electromagnética. En el final del proceso de intervención se notó que los alumnos evaluaron tal procedimiento (por medio del cuestionario final) de forma positiva y que integrar experimentación real con informática para entender mejor los conceptos sobre electromagnetismo es una alternativa de enseñanza motivadora, lo que los instigó a la curiosidad. De esta forma, se concluye que integrar actividades experimentales a actividades computacionales promueve la interacción de los alumnos en la realización de sus estudios. Se cree que este método de enseñanza, en el que se integraron actividades experimentales y actividades computacionales desarrolladas por alumnos y profesores, se muestra adecuado a los nuevos tiempos de la educación, cuando se busca el entendimiento del mundo por la experiencia y la tecnología.

**Palabras clave:** Los experimentos. Simulaciones de ordenador. Electromagnetismo. Enseñanza de Física.

## INTRODUÇÃO

As atividades computacionais podem disponibilizar para os estudantes uma grande variedade de elementos, como textos, sons, imagens, animações, vídeos e simulações. Envolver os alunos na utilização dessa variedade de ferramentas para a construção de modelos visuais, físicos e lógicos dos fenômenos pode corroborar com a compreensão de conceitos físicos e melhorar significativamente os processos de ensino e de aprendizagem ([ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004](#)). De acordo com [Pessanha, Pietrocola e Couso \(2013\)](#):

[...] o uso de recursos computacionais como as simulações, pode favorecer a percepção dos fenômenos e entidades pertencentes à Física. Tais aplicativos consistem em imagens dinâmicas e interativas que buscam representar algum fenômeno ou sistema que, por exemplo, não podem ser observados por possuírem dimensões grandes ou pequenas, ou por se manifestarem em tempos demasiadamente longos ou curtos (PESSANHA; PIETROCOLA; COUSO, 2013, p. 1).

No caso destas atividades, foram utilizados *softwares* desenvolvidos pelo projeto *Physics Education Technology (PhET)*, da Universidade do Colorado<sup>2</sup>. Segundo [Macêdo \(2009\)](#), os *softwares* do projeto *PhET* permitem que os alunos façam ligações interativas entre o mundo real e os fenômenos ocultos da Física por meio de suas simulações, tornando esses fenômenos mais compreensíveis. Essas simulações utilizam diversos recursos, tais como gráficos e controles intuitivos, barras e botões, para que, assim, os conceitos físicos possam ser compreendidos visualmente pelos alunos.

Já as atividades experimentais no ensino de Física aparecem atualmente como uma tendência viável para o entendimento de muitos conceitos físicos que se mostram abstratos

---

<sup>2</sup> Disponíveis no endereço <http://phet.colorado.edu/>.

em aulas expositivas e, portanto, difíceis de serem visualizados e compreendidos. De acordo com [Takahashi \(2013\)](#):

[...] os estudantes entendem a Física como uma ciência experimental, interdisciplinar e relacionada com os avanços tecnológicos, e esperam que as atividades experimentais, quando realizadas, tenham vínculo com o seu dia a dia, e com observações de fenômenos na natureza (TAKAHASHI, 2013, p. 1).

Dessa forma, integrar atividades experimentais e computacionais na forma de ensino e pesquisa é mais uma ferramenta que objetiva ser eficaz para o desenvolvimento do aluno como profissional e ser humano. Nesse sentido, o autor [Viamonte \(2011\)](#) faz a seguinte afirmação:

[...] é fundamental a articulação ensino/pesquisa que contribui para a formação de um pensamento científico e de uma experiência de aprendizagem ativa que proporcione ao indivíduo a compreensão dos fenômenos estudados, podendo utilizar o conhecimento construído em diversos contextos (VIAMONTE, 2011, p. 51).

Essa articulação pode ser alcançada quando se utilizam métodos pedagógicos integrados com o objetivo de melhorar as relações entre os alunos e seu próprio desenvolvimento científico, tecnológico e cultural, de acordo com seu modo de vida. Isso pode aumentar as chances de transformá-lo em um cidadão socialmente ativo.

Assim, de acordo com as análises feitas pelos estudiosos citados, percebe-se a considerável importância da utilização de atividades experimentais integradas com atividades computacionais para o entendimento de conceitos físicos. Ou seja, o uso dessas atividades integradas se apresenta como uma ferramenta potencialmente promissora no desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes.

## **METODOLOGIA**

Os participantes da pesquisa que deu origem a esta proposta de ensino foram alunos de quatro turmas do ensino técnico profissionalizante integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Câmpus Palmas, pertencentes ao curso Técnico em Eletrotécnica, Técnico em Eventos, Técnico em Agronegócios e Técnico em Informática na disciplina de Física, que iniciaram suas atividades escolares em 2012, ingressando por meio de processo seletivo público.

As turmas em questão possuem um total de 30 alunos, dentre os quais todos foram participantes do trabalho, sendo 14 (10 do gênero masculino e 4 do gênero feminino) do curso de Informática, 8 (2 do gênero masculino e 6 do gênero feminino) do curso de Agronegócios, 3 (3 do gênero feminino) do curso de Eventos e 5 (1 do gênero masculino e 4 do gênero feminino) do curso de Eletrotécnica. Esses alunos possuem faixa etária entre 16 e 20 anos.

As atividades de pesquisa foram realizadas semanalmente, durante 5 semanas, tendo 3 encontros semanais de 1 hora e 40 minutos cada um. Todas as aulas foram desenvolvidas no laboratório de Física, o qual possui espaço suficiente para até 40 alunos, quadro branco utilizado para desenvolver as aulas teóricas, quatro bancadas com um computador cada conectado a internet e com os *softwares* do *PhET* instalados. Possui ainda vários *kits* de experimentos que englobam a maior parte dos conceitos do eletromagnetismo, incluindo a indução eletromagnética.

Quanto à análise dos dados, diz-se que é um aspecto importante da pesquisa, pois é por meio dela que são mostrados os seus resultados e conclusões de forma parcial ou imparcial, permitindo abertura para novas pesquisas ([MARCONI; LAKATOS, 1996](#)).

Com a intenção de melhor transcrever e compreender as respostas apresentadas pelos alunos na análise de dados decidiu-se organizar algumas questões para orientação. Os alunos receberam os nomes A1, A2, A3, e assim por diante (total de 30 alunos). Os grupos formados por eles (24 grupos, a cada aula eram formados grupos com 3 alunos; esses alunos variavam de grupo a cada aula, permitindo assim a formação de um total de 24 grupos) durante as atividades foram chamados de G1, G2, G3, e assim sucessivamente, para que sejam representados anonimamente.

No início de cada aula, todos os materiais para a realização dos experimentos, incluindo o guia POE (Predizer, Observar e Explicar) e o computador com os *softwares* instalados, já estavam nas bancadas do Laboratório de Física do IFTO, divididos uniformemente para grupos de três ou quatro alunos. A formação desses grupos teve a finalidade de promover interação entre eles com a intenção de contribuir para uma melhor discussão do assunto abordado.

Inicialmente, foram abordados os conteúdos relacionados à indução eletromagnética de forma teórica. No Laboratório de Física do IFTO encontra-se um quadro branco que foi utilizado para esquematizar ou equacionar o que foi necessário. Na sequência, os alunos desenvolveram, sob a supervisão do professor, as atividades computacionais seguidas das atividades experimentais. Essa ordem está de acordo com o que [Jaakkola e Nurmi \(2008\)](#) propõem quando sugerem que o uso de atividades computacionais antecedentes ao uso de atividades experimentais pode contribuir para que os estudantes utilizem princípios teóricos quando interagirem com os materiais do experimento. A abordagem teórica dos assuntos continuou ocorrendo simultaneamente à medida que foram sendo realizadas as atividades computacionais e experimentais na forma de discussão sempre que foi conveniente.

O guia POE, citado anteriormente, foi construído com base no método Predizer, Observar, Explicar, já bastante disseminado no meio acadêmico e científico e utilizado em simulações computacionais como estratégia para promover o embate cognitivo estabelecido durante a simulação ([TAO; GUNSTONE, 1999](#)). Essa estratégia é constituída de três etapas: o PREDIZER, onde os alunos, divididos em grupos, discutem o problema proposto e, através da troca de experiências, predizem o resultado esperado. A seguir os alunos deverão OBSERVAR o que ocorrerá durante a realização do experimento e, por fim, tentam EXPLICAR os resultados obtidos, corroborando ou não o que foi predito no início ([OLIVEIRA, 2003](#)).

Alguns pesquisadores ([SANTOS; GRECA, 2005](#); [SCHWAHN; SILVA; MARTINS, 2007](#); [DORNELES, 2010](#)) usam esse método para auxiliar em suas investigações de conceitos relacionados à Física e à Química. Esse pode ser um recurso didático a ser utilizado nas atividades práticas de Física, para auxiliar na construção do conhecimento. O emprego dessa estratégia didática favorece tanto o caráter investigativo quanto a capacidade de tomada de decisão, além de colaborar para a formação do pensamento crítico ([SCHWAHN; SILVA; MARTINS, 2007](#)).

A seguir encontram-se as três atividades (assunto um, dois e três) realizadas pelos alunos durante a prática pedagógica em forma de guias POE (Predizer, Observar e Explicar).

## ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE A PRÁTICA PEDAGÓGICA

As atividades foram desenvolvidas em nove encontros, nos quais foram trabalhados três assuntos. No Assunto 1 tratou-se da Experiência de Oersted (Apêndice Guia POE 1), no assunto 2 discutiu-se a respeito do campo magnético no interior de um solenoide (Guia POE 2) e no Assunto 3 trabalhou-se com a *indução eletromagnética* (Guia POE 3). As atividades foram distribuídas de modo que todas as turmas tiveram acesso a todos os assuntos. Descreve-se, a seguir, o roteiro para a realização de cada atividade.

### Assunto 1 (Guia POE 1)

#### Conteúdo: Experiência de Oersted

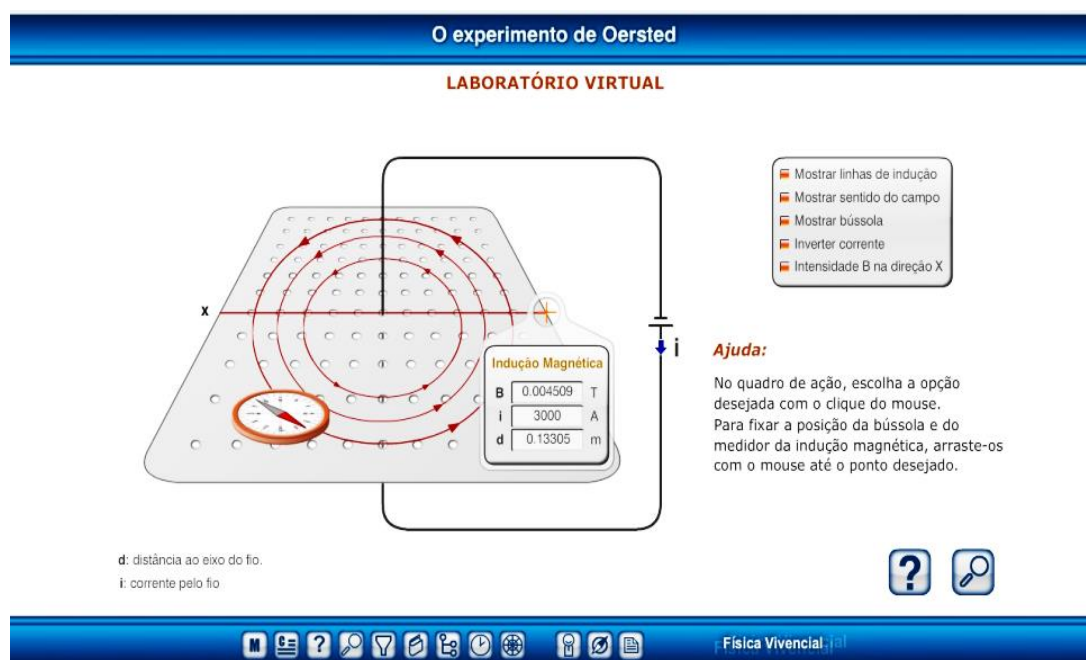
##### Objetivos:

- Explorar a relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos;
- Descrever o aspecto das linhas de campo magnético produzidas por um condutor reto percorrido por corrente elétrica;
- Caracterizar o vetor indução magnética gerado por um condutor reto percorrido por corrente elétrica (direção e sentido);
- Compreender as relações que envolvem as grandezas da Lei de Biot-Savart (intensidade do vetor indução magnética).

#### Atividade computacional: simulação.

Procedimento para a simulação computacional (o pesquisador auxiliará cada grupo a se familiarizar com software). Abrir o *software* “O Experimento de Oersted” de acordo com a Figura 1. Na figura 1 mostra-se a aparência do *Software* “O Experimento de Oersted/Física Vivencial”.

Figura 1. Aparência do *software* O Experimento de Oersted/Física Vivencial.



Fonte: <http://www.fisicavivencial.pro.br/>. Acesso em 24 jan. 2017.

Questões:

a) O que acontece com a agulha da bússola se ela for aproximada do fio condutor percorrido por corrente elétrica? Explique a causa de tal fenômeno. Vá ao *software* “O Experimento de Oersted”, marque a opção “mostrar bússola”, explore a simulação e responda a pergunta novamente. (Na simulação não se considera o campo magnético da Terra).

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

b) Qual o aspecto e a posição (em relação ao condutor) das linhas de campo magnético produzidas pelo condutor reto percorrido por corrente elétrica? Vá ao *software* “O Experimento de Oersted”, marque a opção “mostrar linhas de indução”, explore a simulação e responda a pergunta novamente.

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

c) Qual a direção e o sentido do vetor indução magnética gerado por um condutor reto percorrido por corrente elétrica? Vá ao *software* “Experimento de Oersted”, marque as opções “mostrar linhas de indução”, “mostrar sentido do campo”, explore a simulação e responda a pergunta novamente.

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

### Atividade experimental

Observação: Antes de executar o experimento responda as questões procurando dizer antecipadamente o que ocorrerá em cada situação. Faça suas anotações. Em seguida, execute o experimento procurando explicar as diferenças (caso existam) entre o que você observou e o que você previu. Faça suas anotações.

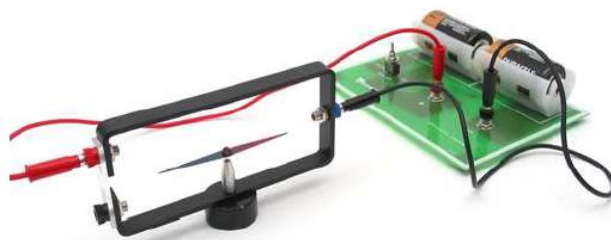
Materiais:

- 01 montagem Oersted com 3 bornes;
- 01 par de cabos de ligação de 0,5 m banana/banana;
- 01 circuito-fonte DC 17x13 cm com: 02 soquetes para uma pilha; 02 bornes para ligação; 01 chave de 3 posições;
- 02 pilhas grandes;
- 01 agulha magnética.

Procedimento para o experimento real (o pesquisador auxiliará cada grupo na montagem de seu equipamento):

1. Montar o equipamento conforme a figura 2. Na figura 2 tem-se o aspecto final do experimento montado. (manter o circuito aberto).

**Figura 2.** Aspecto final do experimento de Oersted (montado).



Fonte: <http://azeheb.com.br/> . Acesso em 23 jan. 2017.

2. Colocar os cabos de ligação de tal modo que, a corrente elétrica, passe pelo lado de cima da agulha magnética. (manter o circuito aberto).

3. Girar o conjunto até que a agulha da bússola fique paralela ao condutor. (manter o circuito aberto). Observe que no experimento real o campo magnético da Terra é considerado, diferente do que foi feito na simulação.

4. Ligar a fonte DC e identificar o sentido da corrente elétrica pela posição dos cabos de ligação no circuito-fonte DC.

Questões:

a) Descrever o comportamento da agulha da bússola no momento em que o circuito foi fechado. O que aconteceu?

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

b) Aplicar a regra da mão direita para identificar e descrever o sentido do campo magnético em torno do condutor. (manter o circuito fechado).

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

c) Abrir o circuito e inverter o sentido da corrente elétrica, depois fechar o circuito e observar o comportamento da agulha da bússola. O que aconteceu?.

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

## Assunto 2 (Guia POE 2)

### Conteúdo: Campo magnético no interior de solenoides.

Objetivos:

- Verificar a relação do campo magnético do solenoide com suas fontes de alimentação (AC ou DC);
- Observar a aparência das linhas de campo formadas pelo solenoide;
- Caracterizar o vetor indução magnética no interior de um solenoide percorrido por corrente elétrica (direção; sentido).
- Analisar a relação que existe entre a intensidade do campo magnético do solenoide e a quantidade de suas espiras;
- Compreender as relações que envolvem as grandezas da aplicação da Lei de Ampère para a medida da intensidade do vetor indução magnética em um solenoide.

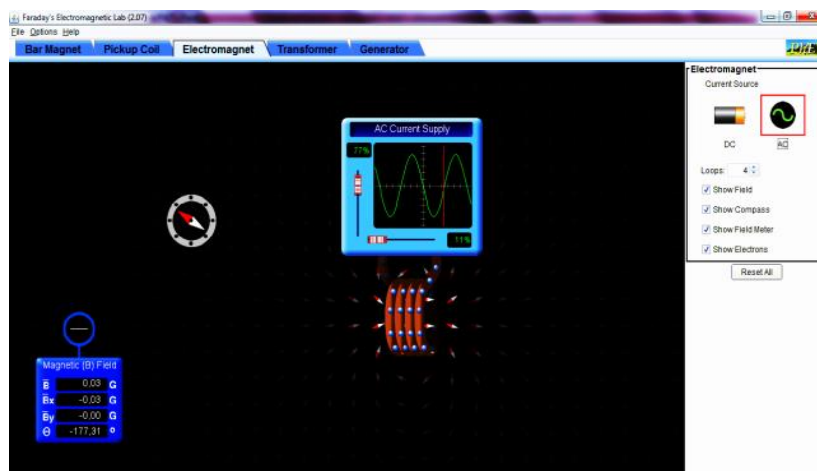
### Atividade computacional: simulação.

Procedimento para a simulação computacional (o pesquisador auxiliará cada grupo na operação do *software*):

1. Abrir o *software Faraday's Electromagnetic Lab* de acordo com a figura 3. Na figura 3 apresenta-se o Layout do *Software Faraday's Electromagnetic Lab*.



Figura 3. Layout do software *Faraday's Electromagnetic Lab*.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/) . Acesso em 20 jan. 2017.

Questões:

a) Qual o comportamento do campo magnético do solenoide percorrido por corrente elétrica sob a influência de diferentes fontes de alimentação (AC ou DC)? Marque tais opções no campo “*Current Source*” e descreva suas observações. A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação.

Previsão:

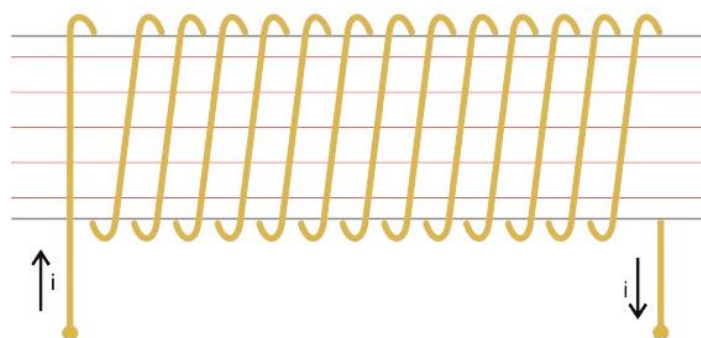
Explicação após observações feitas no *software*:

b) Observe o aspecto do solenoide percorrido por corrente elétrica representado no *software Faraday's Electromagnetic Lab*. Como seria o aspecto das linhas de campo produzidas por ele? Represente com um desenho. Em seguida marque a opção “*Show Field*” no campo “*Electromagnet*” e faça uma nova representação.

Desenho previsto:

Desenho após observações feitas no *software*:

Figura 4. Representação de um solenoide.



Fonte: Os autores, 2017.

c) Qual a direção e o sentido (use a regra da mão direita) do vetor indução magnética no interior do solenoide percorrido por corrente elétrica representado na figura? Após fazer suas considerações, vá ao *software “Faraday's Electromagnetic Lab”*, marque as opções:

“Show Electrons”, “Show Field” e “Show Compass”, observe o que aconteceu e responda a pergunta acima novamente. (Lembre-se de que elétrons não são bolinhas e também não se movimentam tão rapidamente como mostra a simulação.).

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

### Atividade experimental

Observação: Antes de executar o experimento, responda as questões procurando dizer antecipadamente o que ocorrerá em cada situação. Faça suas anotações. Em seguida, execute o experimento procurando explicar as diferenças (caso existam) entre o que você observou e o que você previu. Faça suas anotações.

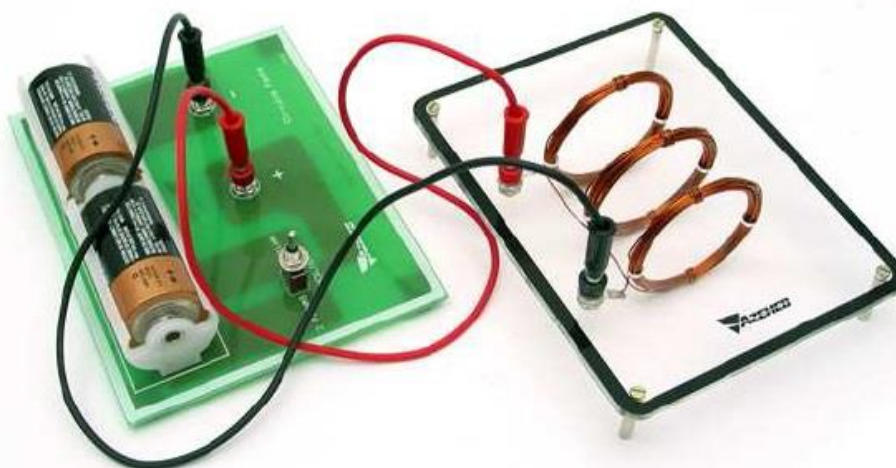
Materiais:

- 01 par de cabos de ligação de 0,5m banana/banana;
- 01 circuito-fonte DC 17x13 cm com: 02 soquetes para uma pilha; 02 bornes para ligação; 01 chave de 3 posições;
- 02 pilhas grandes;
- 01 solenoide de 03 bobinas de 22 espiras em base de acrílico;
- 01 bússola.

Procedimento para o experimento real (o pesquisador auxiliará cada grupo na montagem de seu equipamento):

1. Montar o equipamento conforme a figura 5. Na figura 5 apresenta-se o aspecto final do experimento montado.

**Figura 5.** Aspecto final do experimento do solenoide (montado)



Fonte: <http://azeheb.com.br/> . Acesso em 23 jan. 2017.

2. Colocar a bússola no interior da bobina. (manter o circuito aberto).
3. Girar a placa de acrílico até que a bússola fique paralela com a bobina. (manter o circuito aberto).
4. Com dois cabos ligar a fonte de tensão DC 1,5 V aos bornes da bobina. (ligar o circuito).

5. Descreva o sentido da corrente que você escolheu para atravessar o solenoide ao ligar o circuito.

Questões:

a) Qual o sentido do campo magnético formado no interior do solenoide?

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

b) Desligue a fonte de tensão DC, inverta o sentido da corrente, ligue a fonte de tensão DC e observe o comportamento da bússola. O que aconteceu? Justifique.

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

### Assunto 3 (Guia POE 3)

**Conteúdo: Indução eletromagnética.**

Objetivos:

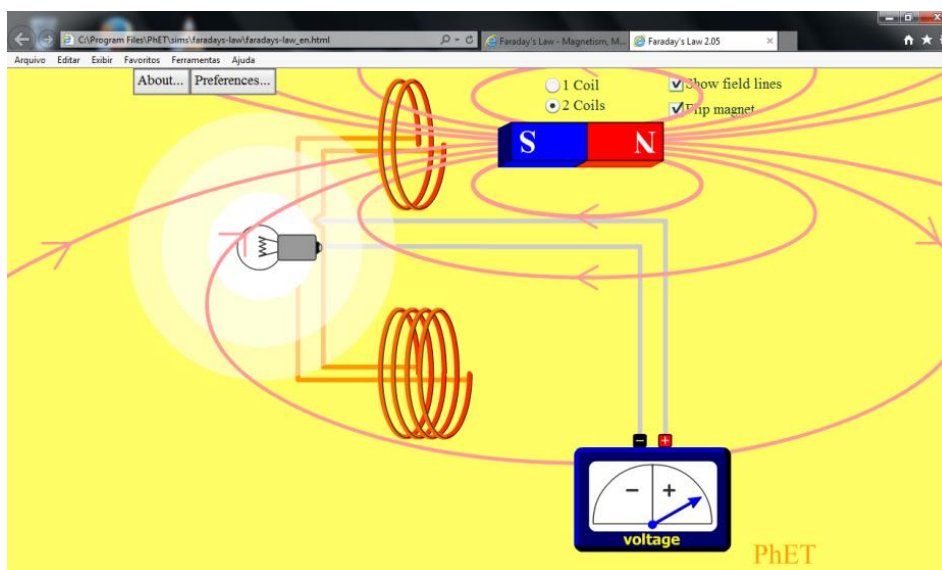
- Perceber que temos fem induzida numa espira apenas quando varia o número de linhas de indução que atravessam sua superfície;
- Compreender a definição de fluxo magnético;
- Compreender o fenômeno da indução eletromagnética;
- Verificar as diferentes maneiras de se variar o fluxo magnético;
- Determinar o sentido da corrente induzida (enunciar a lei de Lenz).

### Atividade computacional: simulação.

Procedimento para a simulação computacional - Indução Eletromagnética (o pesquisador auxiliará cada grupo na operação do software):

1. Abrir o *software Faraday's Law* de acordo com a figura 6. Na figura 6 apresentase o Layout do *software Faraday's Law*.

**Figura 6.** Layout do *software Faraday's Law*



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em 24 jan. 2017.

Questões:

a) Qual a relação da fem induzida numa espira e o número de linhas de indução que atravessam sua superfície? Explique. Vá ao *software Faraday's Law*, marque a opção "2 Coils", movimente o ímã no interior dos dois conjuntos de espiras e responda a pergunta acima novamente. (A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação).

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

b) Qual a diferença em se movimentar um ímã próximo à parte externa do conjunto de espiras e depois em seu interior? Vá ao *software Faraday's Law*, marque a opção "1 Coils" e "Show field lines", movimente o ímã próximo à parte externa ao conjunto de espiras, depois em seu interior, e então responda a pergunta acima novamente.

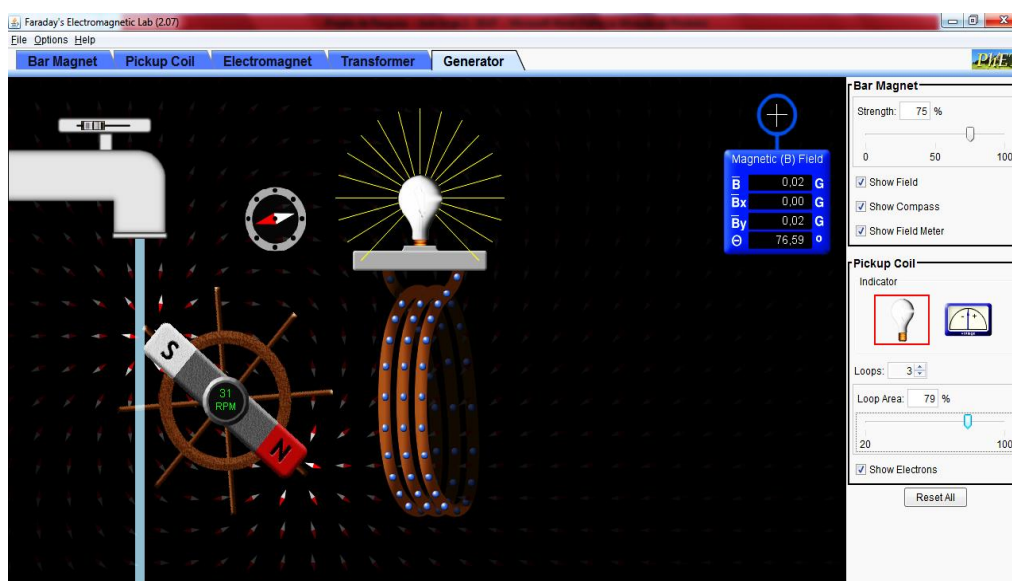
Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

Procedimento para a simulação computacional - Gerador de energia elétrica (o pesquisador auxiliará cada grupo na operação do *software*):

1. Abrir o *software Faraday's Electromagnetic Lab* de acordo com a figura 7. Na figura 7 apresenta-se o Layout do *software Faraday's Law*.

**Figura 7.** Layout do *software Faraday's Electromagnetic Lab / Generator*



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em 23 jan. 2017.

Questões:

a) Quais são as diferentes maneiras de se variar o fluxo magnético em uma bobina chata? Justifique. Agora explore essas variações utilizando o *software Faraday's Electromagnetic Lab* na guia *Generator* alterando o nível de queda d'água da torneira e modificando as opções dos campos "Bar Magnet" e "Pickup Coil". Em seguida responda a pergunta acima novamente. (Lembre-se de que elétrons não são bolinhas e também não se movimentam tão rapidamente como mostra a simulação. A simulação contribui para que você identifique o sentido da corrente e visualize melhor a ideia de corrente alternada).

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

b) Considere como circuito induzido uma espira ligada a um amperímetro de zero central. Quais os polos que surgem na face da espira quando se aproxima e depois quando se afasta o polo norte de um ímã de modo perpendicular a ela? Qual é o sentido da corrente induzida na espira em relação a um observador posto atrás do polo sul do ímã? Agora explore o *software Faraday's Electromagnetic Lab* na guia *Generator* marcando a opção "Show Field" no campo "Bar Magnet", alterando o nível de queda d'água da torneira e observando o movimento do ímã dos "Elétrons" nas espiras. Em seguida explore o *software "Faraday"* marcando as opções "Mostra campo do ímã" e "Mostra campo induzido", movimente o ímã próximo das espiras e finalmente responda as perguntas acima novamente. (A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação).

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

#### Atividade experimental

Observação: Antes de executar o experimento, responda as questões procurando dizer antecipadamente o que ocorrerá em cada situação. Faça suas anotações. Em seguida, execute o experimento procurando explicar as diferenças (caso existam) entre o que você observou e o que você previu. Faça suas anotações.

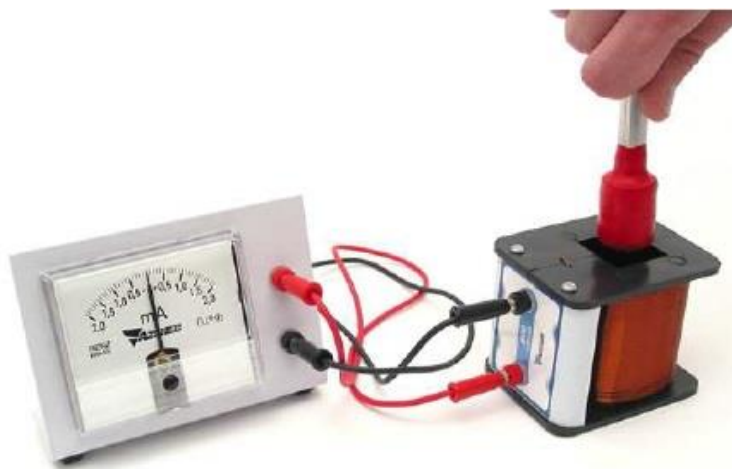
Materiais:

- 01 bússola didática (suporte para bússola didática + 01 agulha magnética)
- 01 bobina conjugada de 200-400-600 espiras;
- 01 ímã cilíndrico emborrachado com cabo;
- 01 galvanômetro didático  $-2 \text{ mA}$  à  $+2 \text{ mA}$ ;
- 01 par de cabos de ligação de 0,5m banana/banana.

Procedimento para o experimento real (o pesquisador auxiliará cada grupo na montagem de seu equipamento):

1. Montar o equipamento conforme figura 8. Na figura 8 apresenta-se o aspecto final do experimento montado.

**Figura 8.** Aspecto final do experimento de indução eletromagnética (montado)



Fonte: <<http://azeheb.com.br/>>. Acesso em 24 jan. 2017.

2. Ligar o galvanômetro na bobina de 200 espiras.

3. Identificar o polo (N ou S) na extremidade do ímã com cabo usando a bússola.

Questões:

a) Movimente o ímã colocando-o no interior da bobina. O que aconteceu com o ponteiro do galvanômetro? Explique.

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

b) Qual o sentido da corrente induzida na bobina? Qual o sentido do campo magnético na parte externa da bobina? Explique.

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

c) Identificar os polos magnéticos induzidos que se formaram na bobina.

d) Movimentar o ímã retirando-o do interior da bobina. O que aconteceu com o ponteiro do galvanômetro em relação ao item (a) ?

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

## ANÁLISE DE ALGUNS RESULTADOS

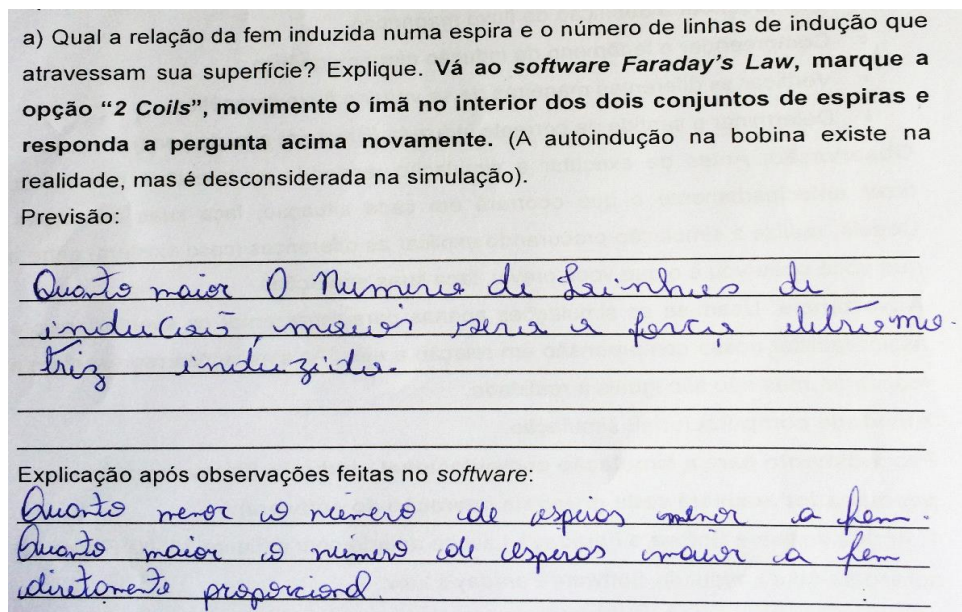
Em consideração ao grande volume de informações obtidas com a coleta de dados, analisaram-se algumas respostas dos alunos, na condição de amostra representativa, seja de forma individual ou em grupos, de acordo com cada atividade desenvolvida durante a pesquisa. O critério de escolha destas respostas baseou-se na semelhança entre elas.

Os objetivos específicos das aulas do assunto 3 (indução eletromagnética), tratado com maior importância neste estudo, foram perceber que se pode encontrar força eletromotriz ( $fem$ ) induzida numa espira apenas quando varia o número de linhas de indução que atravessa sua superfície; compreender a definição de fluxo magnético; compreender o fenômeno da indução eletromagnética; verificar as diferentes maneiras de se variar o fluxo magnético; determinar o sentido da corrente induzida (enunciar a Lei de Lenz).

Nessas aulas, trabalharam-se cinco questões envolvendo atividades computacionais (simulação 1: questões *a*, *b* e *c*) / (simulação 2: questões *a* e *b*) (a questão *a* segue na análise na condição de exemplo de simulação) e cinco questões (questões *a*, *b*, *d*, *e* e *f*) (a questão *b* segue na análise na condição de exemplo de experimento real) envolvendo as atividades experimentais. No decorrer das atividades, percebeu-se que os grupos tiveram a noção do conceito de indução eletromagnética, ou seja, a de que um campo magnético variável cria uma corrente induzida em um condutor.

Entretanto, no decorrer das atividades, verificou-se que quatro alunos dos grupos tiveram dificuldade para determinar o sentido da corrente induzida. A figura 9 apresenta as respostas dos grupos G24 (formado pelos alunos A7, A8 e A9) em relação à *Questão a*.

**Figura 9.** Resposta do grupo G24, respectivamente, atribuídas à Questão a, referente à simulação 1, envolvendo indução eletromagnética.



Fonte: O autor, 2017.

Ao se analisarem as respostas dos alunos do grupo G24, nota-se que elas estão de acordo com as afirmações de [Young e Freedman \(2013\)](#), em se tratando de variação de campo magnético e fem induzida:

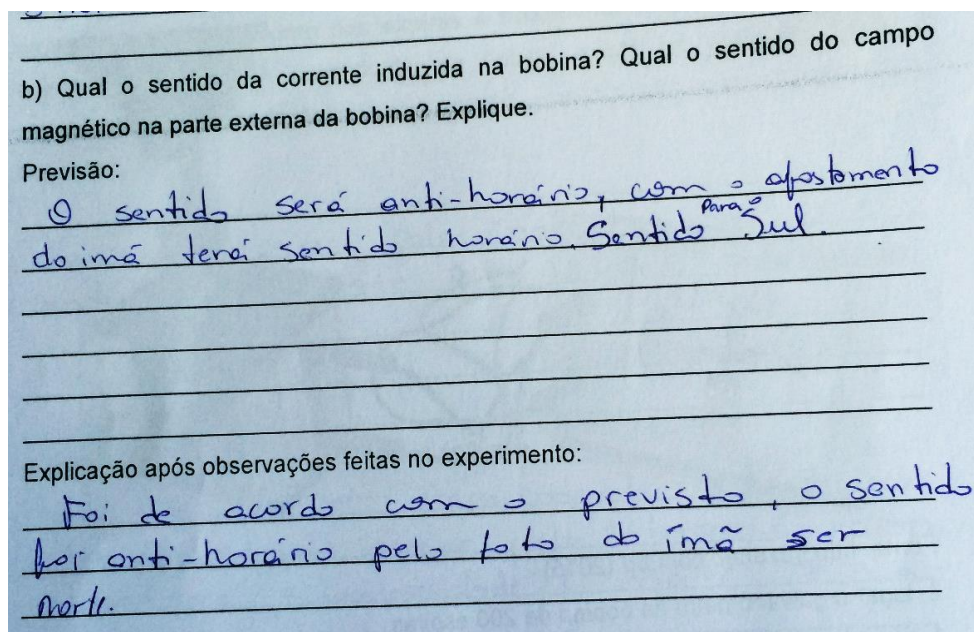
No caso de uma bobina com N espiras idênticas, supondo que o fluxo magnético varie com a mesma taxa através de todas as espiras, a taxa de variação total através de todas as espiras é N vezes maior que a taxa de uma única espira. [...] A lei de Faraday relaciona a fem induzida à taxa de variação do fluxo magnético (quantidade de linhas de campo por área) (YOUNG E FREEDMAN, 2013, p. 285).

Durante a realização da atividade, o aluno A8, do grupo G24, fez a seguinte afirmação: "professor, estou gostando de fazer essas atividades no computador. Quero fazer outras depois, quando estiver em casa. Depois o senhor me passa o programa que faz as simulações". De acordo com o relato do aluno, percebe-se que esse tipo de atividade, envolvendo tecnologias da computação, pode ser mais atraente e estimulante para os alunos do que as aulas simples tradicionais utilizando apenas quadro branco e pincel. O autor [Valente \(2008\)](#) escreve positivamente a respeito do assunto:

As inovações tecnológicas, inseridas no contexto educacional, não somente visando o aluno, mas também o professor que poderá se atualizar através de inovações e outras ideias que poderão aparecer no decorrer do tempo, ele terá novas expectativas: como incentivar a pesquisa em rede, buscar interações com intercâmbio com outras matérias (multidisciplinaridade), especulando a curiosidade dos alunos e a interação com os colegas criará uma dinâmica que sairá do enfatizado modelo arcaico de pedagogia retórica, mas os alunos uma vez incentivados poderão prosseguir no assunto em suas casas (VALENTE, 2008, p. 3).

A figura 10 apresenta as respostas do grupo G23 (formado pelos alunos A6 e A30) em relação à *Questão b* referente ao experimento real sobre indução eletromagnética.

Figura 10. Resposta do grupo G23 atribuída à *Questão b*, referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética.



Fonte: O autor, 2017.

Observando-se as respostas dos alunos do grupo G23, considerando que eles identificaram previamente o polo do ímã (polo norte inserido na bobina) usando uma bússola, afirma-se que estão corretas para as condições em que foi realizado o experimento. Suas respostas estão de acordo com as respostas dos alunos do grupo G21, atribuídas à *questão b*, referente à simulação 2, envolvendo indução eletromagnética. Ambas as afirmações dos grupos são justificadas pelas ideias de [Walker, Halliday e Resnick \(2010\)](#), no que se refere Lei de Lenz, ou seja, quando se aproxima o polo norte do ímã na espira surge, de modo a repeli-lo, outro polo norte na face da espira.

Nesse caso, de acordo com a regra da mão direita, a corrente induzida na espira tem o sentido anti-horário e o sentido do campo magnético é para o sul, saindo do polo norte de acordo com suas linhas de campo.

Durante a execução das atividades, o aluno A3, do grupo G23, fez a seguinte afirmação: “*professor, estou gostando dessas atividades. Eu me sinto bem envolvido com o assunto, sinto vontade de investigar mais, aprender mais. Coisa que não entendo bem na simulação, consigo entender melhor no experimento real, e vice-versa. É diferente das aulas só do quadro*”. Diante do que afirma o aluno A3, pode-se corroborar sua fala com as ideias dos autores [Moran, Behrens e Masetto \(2003\)](#), quando dizem que alunos que têm curiosidade e que possuem motivação contribuem no processo de ensino e de aprendizagem e, desse modo podem se desenvolver junto com seus professores, em um processo de colaboração.

Assim, fazendo uma síntese dos resultados: o questionário inicial permitiu identificar os conhecimentos conceituais dos estudantes que envolvem as relações entre as grandezas campo elétrico, corrente elétrica, campo magnético e força magnética. Os alunos



mostraram possuir conhecimentos em magnetismo, mas não mostraram habilidade em conceitos relativos à eletricidade.

De modo geral, pelo que se pôde notar no desenvolvimento das questões, diz-se que pouco mais de 50% dos alunos possui conhecimentos prévios relacionados aos assuntos de eletrodinâmica e magnetismo. No entanto, esses conhecimentos foram suficientes para que se pudesse introduzir e trabalhar o conceito de indução eletromagnética.

O questionário inicial foi um indicador para o modo como o pesquisador deveria conduzir as atividades. No início e no decorrer das aulas, foi realizada a abordagem teórica dos assuntos, principalmente os de eletrodinâmica. Sempre que necessário, fizeram-se referências a esses princípios básicos.

No decorrer do desenvolvimento das atividades percebeu-se que o guia Predizer, Observar e Explicar (POE) possibilitou a promoção de engajamento cognitivo e a interação entre os estudantes e com os recursos instrucionais.

No término das aulas, cada grupo de estudantes entregaram apenas uma solução das questões respondidas, as quais foram avaliadas conceitualmente. Exigindo apenas uma solução por grupo, promoveu-se a negociação de significados entre os alunos e com isso avaliou-se sua compreensão em relação aos conceitos estudados.

O Quadro 1 mostra as principais percepções do professor/pesquisador em relação ao desenvolvimento das atividades.

**Quadro 1.** Percepções do professor/pesquisador em relação ao desenvolvimento das atividades.

Assunto	Objetivo	Percepções positivas	Percepções negativas
<b>Experiência de Oersted</b>	Explorar o surgimento da relação entre Eletricidade e Magnetismo	Durante as atividades todos os grupos notaram a relação existente entre corrente elétrica e o surgimento de um campo magnético.	Três alunos dos grupos fizeram referência ao questionário inicial, mencionando ter dúvidas quanto às linhas de campo formadas e quanto ao sentido da corrente.
<b>Campo magnético no interior de um solenoide</b>	Caracterizar o campo magnético produzido por corrente elétrica em um solenoide	No decorrer das atividades, sob a perspectiva do professor da turma, reuniu-se um conjunto de indícios que possivelmente levam à conclusão de que trabalhar dessa forma favoreceu os alunos a concluírem que um solenoide percorrido por corrente elétrica adquire as mesmas características de um ímã.	Dois alunos dos grupos continuaram com dificuldade em descrever o sentido ou a direção do vetor campo magnético e relacioná-los com o sentido da corrente no solenoide.
<b>Indução Eletromagnética</b>	Investigar as principais características do conceito de indução eletromagnética.	Os grupos tiveram a noção do conceito de indução eletromagnética, ou seja, a de que um campo magnético variável cria uma corrente induzida em um condutor.	Quatro alunos dos grupos tiveram dificuldade para determinar o sentido da corrente induzida.

Fonte: O autor, 2016.

Durante a realização das atividades, percebeu-se que os grupos de alunos trabalharam as atividades experimentais e as atividades computacionais de forma integrada, fazendo questionamentos para o professor ou mostrando para os seus colegas onde uma poderia complementar a outra e assim ajudar na compreensão dos conceitos físicos estudados. No entanto, apesar das vantagens (percebidas principalmente por meio das declarações dos alunos) do uso dessas atividades, também puderam ser detectadas, durante sua execução, algumas limitações. O Quadro 2 mostra algumas vantagens e algumas limitações percebidas pelo professor/pesquisador em relação ao uso das atividades computacionais integradas com as atividades experimentais.

**Quadro 2.** Vantagens e limitações percebidas pelo professor/pesquisador em relação ao uso das atividades computacionais integradas com as atividades experimentais.

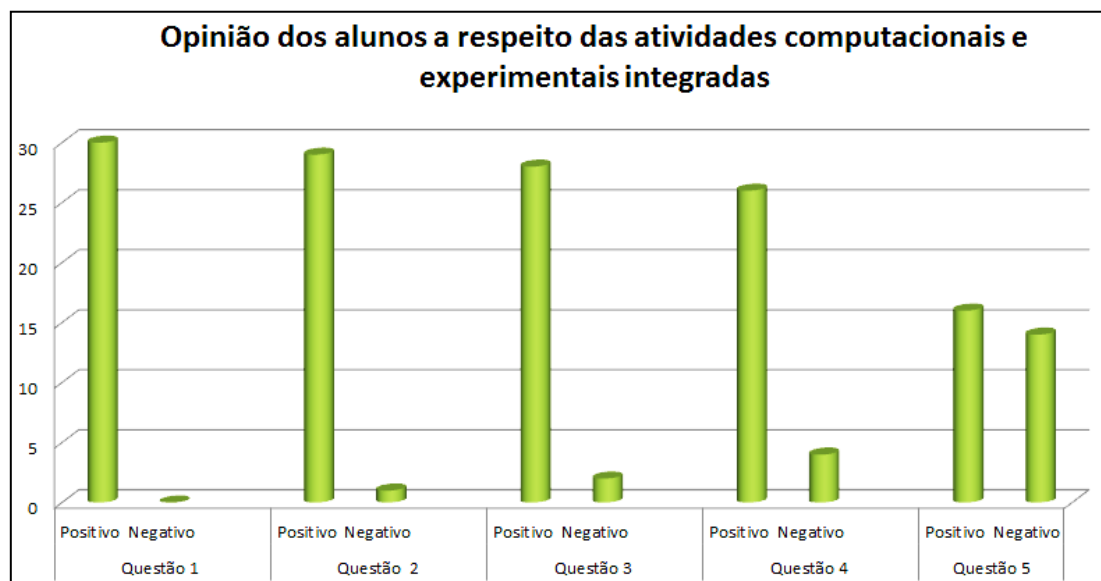
<b>Vantagens</b>	<b>Limitações</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tratando-se de visualização dos detalhes de um fenômeno, exercem efeitos positivos nos alunos.</li><li>• Contribuem para o entendimento de aspectos dinâmicos na análise de um fenômeno físico.</li><li>• Podem auxiliar na mudança da postura dos alunos diante das aulas, tornando-os mais participativos.</li><li>• São atraentes para os alunos, tornando-os mais curiosos.</li><li>• São mais agradáveis e motivadoras, contribuindo na disposição dos alunos em aprender os conceitos físicos.</li><li>• Podem ser mais atraentes e estimulantes para os alunos do que as aulas simples tradicionais utilizando apenas quadro branco e pincel.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Três alunos tiveram dificuldade de relacionar as duas atividades.</li><li>• Um aluno alegou a necessidade de apenas uma das atividades</li><li>• O intervalo de tempo necessário para desenvolver essas atividades é muito maior do que o tempo necessário para desenvolver atividades tradicionais.</li></ul>

Fonte: O autor, 2016.

O questionário final permitiu identificar qual o julgamento dos alunos a respeito da prática pedagógica utilizada. Permitiu avaliar o quanto ela foi motivadora, interessante ou importante para seu aprendizado em relação à indução eletromagnética. Em suas declarações, muitos alunos concordaram que as atividades computacionais integradas às atividades experimentais foram dinâmicas, motivadoras, interessantes, interativas e que facilitaram a compreensão dos conceitos estudados.

Antes que se discutam as respostas dos alunos para algumas questões, apresenta-se, para que se possa obter uma visão geral objetiva de quantos alunos responderam positiva ou negativamente às questões, um gráfico que possuem tal função. A figura 11 mostra um gráfico que representa a opinião, positiva ou negativa, dos alunos na escrita de suas respostas referentes às atividades computacionais e experimentais integradas.

**Figura 11.** Gráfico que representa a opinião dos alunos referente às atividades computacionais e experimentais integradas nas cinco primeiras questões do questionário final.



Fonte: Os autores, 2018.

Pelo que se pode observar no gráfico da figura 11, a maioria dos alunos teve aceitação em relação ao uso de atividades computacionais e experimentais integradas para a compreensão de conceitos físicos.

Discutem-se, a seguir algumas evidências da predisposição dos estudantes em aprender Física, mais especificamente em relação ao abordar o tema da indução eletromagnética por meio de atividades computacionais e experimentais integradas. Foram respondidas sete questões pelos estudantes no último encontro depois do desenvolvimento de todas as atividades.

Abaixo apresenta-se a primeira questão do questionário final e no Quadro 3 as respostas de alguns alunos.

“Questão 01. *Você gostou de trabalhar com atividades computacionais integradas com atividades experimentais: Sim ou Não, Por quê?*”

Os 30 estudantes envolvidos com a pesquisa responderam de modo positivo a esta questão. Muitos deles mencionaram, ainda durante as aulas, que “*puderam compreender melhor o assunto, pois houve uma boa relação da teoria com a prática*”. Outros alunos afirmaram ainda que “*viram as linhas de campo magnético*”; “*puderam interagir melhor com seus colegas*”; “*aprenderam praticando; deixaram um pouco as listas de exercícios cansativas para aprender de modo mais divertido*”. A figura 12 mostra mais algumas afirmações dos alunos, agora especificamente para responder à Questão 1.

Figura 12 . Respostas dos alunos para a Questão 1 do questionário final.

Aluno	Resposta
A18	A tecnologia integrada à educação é uma ótima forma de aprendizagem
A21	Por que assim o conteúdo se torna dinâmico e mais interativo, fica mais divertido e fácil de aprender.
A22	Permitiu que aprimorássemos nosso conhecimento tanto na parte computacional digamos que também na teoria e depois comprovamos nos experimentos.
A23	Foi de <sup>grande</sup> importância para meu aprendizado, tenho certeza que se tivéssemos apenas trabalhos teóricos, não teríamos adquirido os conhecimentos, no qual adquirimos nessas aulas.
A25	Dinamiza o aprendizado e facilita o desenvolvimento do aluno sobre o conteúdo ministrado.

Fonte: O autor, 2016.

O aluno A18 chama atenção por mencionar a importância da tecnologia como forma de melhorar a aprendizagem. Suas palavras são corroboradas pelas afirmações de [Brandão, Araújo e Veit \(2008\)](#), quando dizem que estratégias didáticas que se utilizam de tecnologia mostram-se uma alternativa para a inserção científica dos alunos e que contribuem na construção do conhecimento científico. Nesse sentido, [D'Ambrósio \(2002, p. 78\)](#) afirma que:

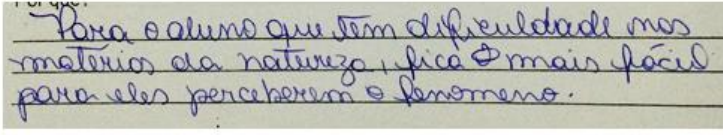
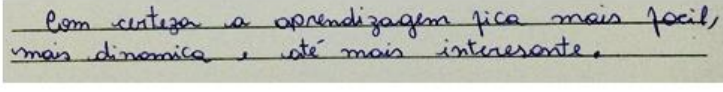
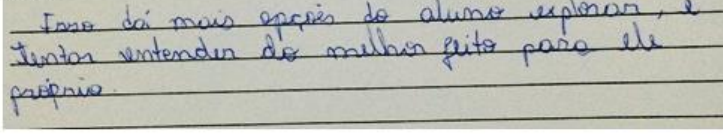
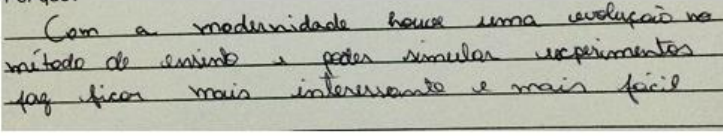
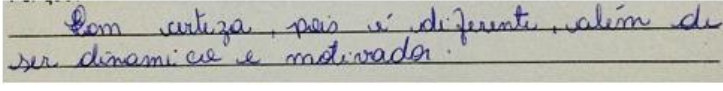
Será essencial para a escola estimular a aquisição, a organização, a geração e a difusão do conhecimento vivo, integrado nos valores e expectativas da sociedade. Isso será impossível de se atingir sem a ampla utilização de tecnologia na educação. Informática e comunicações dominarão a tecnologia educativa do futuro.

As respostas dos alunos e os resultados dos questionários confirmaram a parcela de contribuição das atividades computacionais integradas às atividades experimentais no sentido de motivá-los aos estudos dos conteúdos físicos propostos durante as aulas. Além do mais, nota-se que houve maior possibilidade de engajamento dos alunos e maior interação dos mesmos no desenvolvimento das atividades, pois a forma como elas ocorreram tornou-se mais prazerosa e dinâmica. Abaixo, mostra-se a segunda questão do questionário final e na Figura 13 as respostas dos alunos.

“Questão 2. *Você considera as atividades computacionais integradas com atividades experimentais importantes para a aprendizagem de Física: Sim ou Não, por quê?*”

Para essa questão, sem apresentar justificativa, apenas um aluno respondeu de forma negativa. Todos os outros consideram importantes as atividades que foram desenvolvidas durante as aulas para se aprender Física. Além disso, fizeram as devidas justificativas, expressando suas concepções a respeito dessa forma de abordagem pedagógica.

**Figura 13.** Respostas dos alunos para a Questão 2 do questionário final.

Aluno	Resposta
A15	
A19	
A26	
A27	
A30	

Fonte: O autor, 2016.

Ao se analisarem as respostas dos alunos quanto à Questão 2, observa-se que a maioria delas faz referência à “*facilidade*” de se aprender os conceitos físicos para justificar a importância que eles atribuíram ao uso das atividades computacionais integradas às atividades experimentais. [Paz \(2007, p. 188\)](#) traz as seguintes afirmações a respeito do resultado de sua pesquisa, que reforçam cientificamente tal concepção:

[...] utilizando-se de um modelo com atividades experimentais aliadas a atividades virtuais de simulação, verificamos que os alunos transpuseram os obstáculos de aprendizagem dos conceitos de Eletromagnetismo. [...] Nesta associação de atividades, os alunos apresentaram um melhor entendimento das interações e comportamento das variáveis eletromagnéticas no espaço tridimensional e, transitaram com mais facilidade entre os planos tridimensionais nas atividades experimentais e o plano bidimensional dos desenhos e da planificação nas atividades virtuais.

O aluno A30 afirma que as atividades são importantes porque são “*diferentes, dinâmicas e motivadoras*”. Dessa forma, esse é um indício de que elas podem ser vistas como mais uma alternativa para facilitar o entendimento das relações entre o magnetismo e a eletricidade, que podem ser analisadas e visualizadas com maior propriedade em três dimensões por meio de *softwares* de simulação e de experimentos. Segundo [Medeiros e Medeiros \(2002\)](#), se os objetivos educacionais pretendidos são evidentes, torna-se bem mais simples a utilização das ferramentas computacionais com o intuito de que os alunos possam entender os conceitos, construindo, assim, seu conhecimento.

[Araújo e Abib \(2003\)](#) afirmam que o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais produtivas de se minimizar as dificuldades de se aprender e ensinar Física. Esta afirmação pode justificar sua integração com as atividades computacionais para potencializar a capacidade dos alunos em compreender os conceitos físicos, deixando-os mais fáceis de serem entendidos.

## CONCLUSÕES

Durante a realização dessas atividades, notou-se o quanto é importante a tentativa de se buscarem novas formas de ensinar e de contribuir na motivação dos estudantes em aprender. Percebeu-se que tal abordagem de ensino pode favorecer o desenvolvimento dos conteúdos da estrutura curricular das instituições de ensino, visto que pode haver o desenvolvimento de outras habilidades dos alunos.

Observou-se ainda que os objetivos esperados com a realização dessas atividades foram alcançados, pois os alunos mostraram mais interesse pelas aulas, além de se mostrarem mais curiosos. Notou-se que integrar experimentos de Física com *softwares* simuladores na mesma aula foi algo novo para os alunos, pois alguns já haviam trabalhado com *softwares* ou com experimentos, mas não com os dois ao mesmo tempo. Alguns mostraram dificuldades técnicas com o manuseio de certos equipamentos, mas com a devida interação conseguiu-se sanar os problemas.

No término das atividades notou-se que os alunos avaliaram tal procedimento de forma positiva e que integrar experimentação real com informática para entender melhor os conceitos sobre eletromagnetismo é uma alternativa de ensino motivadora, o que os instigou à curiosidade. Dessa forma, conclui-se que integrar atividades experimentais a atividades computacionais promove interação dos alunos na realização de seus estudos.

Acredita-se que esse método de ensino, em que se integraram atividades experimentais e atividades computacionais desenvolvidas por alunos e professor, mostra-se adequado aos novos tempos da educação, quando se busca o entendimento do mundo pela experiência e pela tecnologia.

**Submetido em 05/03/2018**

**Aceito em 30/08/2018**

## REFERÊNCIAS

[ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A.](#) Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 5-18, 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**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

[BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.](#) A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física. **Física na Escola**. São Paulo, v. 9, n. 1, p. 10-14, 2008.

[D'AMBROSIO, Ubiratan.](#) **Educação Matemática matemática da teoria à prática**. 9. Eded. São Paulo: Papyrus, 2002.

[DORNELES, P. F. T.](#) **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. 2010. 367 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

[JAAKKOLA, T.; NURMI, S.](#) Fostering elementary school students understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. **Journal of Computer Assisted Learning**, Oxford, v. 24, n. 4, p. 271-283, Aug. 2008.

[MACÊDO, J. A.](#) **Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo**: elaboração de um roteiro de atividades para professores do ensino médio. Belo Horizonte: Puc Minas. 137 p. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

[MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M.](#) **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

[MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F.](#) Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino da Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86 jun., 2002. Disponível em: [http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24\\_77.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_77.pdf) > . Acesso em: 25 mar. 2015.

[MORAN, J. M.; BEHRENS, M. A.; MASETTO, M. T.](#) **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 7. ed. Campinas: Papyrus, 2003.

[OLIVEIRA, P.R.S.](#) A construção social do conhecimento no ensino-aprendizagem de química. In: **Atas** do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4. (ENPEC), Bauru, SP, 2003.

PAZ, A. M. **Atividades experimentais e informatizadas**: contribuições para o ensino de eletromagnetismo. 2007. 228 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PESSANHA, M.; PIETROCOLA, M. COUSO, D. Obstáculos epistemológicos no estudo de modelos atômicos com o uso de simulações computacionais. In: **Atas** do Simpósio Nacional de Ensino de Física, 20. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/atas/listaresumos.htm> . Acesso em: 12 mar. 2015.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo Aprendizagem de Conceitos e de Representações Pictóricas em Química com uma Ferramenta de Simulação Computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 4, n. 1, p. 1-25, 2005.

SCHWAHN, M. C. A. ; SILVA, J. ; MARTINS, T. L. C. A abordagem POE (Predizer, Observar e Explicar): uma estratégia didática na formação inicial de professores de Química. In: ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, **Atas** do 6. ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2007.

TAKAHASHI, Y. P. et al. Opiniões e expectativas de estudantes do ensino médio sobre experimentos históricos na disciplina de física. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 20. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/atas/listaresumos.htm> . Acesso em: 04/03/2015.

TAO, P. K., GUNSTONE, R. F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer. **International Journal of Science Education**, London, v. 21, n. 1, p.39-57, 1999.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na Educação. In: **Computadores e conhecimento**: repensando a educação. São Paulo: Gráfica Central da Unicamp, 2008.

VIAMONTE, P. F. V. S. Ensino profissionalizante e ensino médio: novas análises a partir da LDB 9394/96. **Educação em Perspectiva**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 28-57, jan./jun. 2011. <http://www.seer.ufv.br/seer/educacaoemperspectiva/index.php/ppgeufv/article/viewFile/67/47> . Acesso em: 27 mar. 2015.

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de física, volume 3**: eletromagnetismo. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III**: Eletromagnetismo. 12. ed. São Paulo, Pearson, 2013.