

## UMA PRÁTICA EXPERIMENTAL ALTERNATIVA PARA O ESTUDO QUANTITATIVO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO ENSINO MÉDIO

*An alternative experimental practice for the quantitative study of electromagnetic induction in middle school*

**André Scheidegger Laia** [andrelaia@uepa.br]

*Universidade do Estado do Pará (UEPA)/ Universidade Federal do Sul e sudeste do Pará (Unifesspa)*

*Av. Hiléia, 379, Amapá, Marabá - PA, 68502-100/ Fl. 31, Qd. 07, s/n.º, N. Marabá, Marabá- PA, 68507-590*

**Luiz Moreira Gomes** [gomeslcdj@gmail.com]

**Fernanda Carla Lima Ferreira** [fernandaferreira@unifesspa.edu.br]

**Rodrigo do Monte Gester** [gester@unifesspa.edu.br]

*Universidade Federal do Sul e sudeste do Pará (Unifesspa)*

*Fl. 31, Qd. 07, s/n.º, N. Marabá, Marabá- PA, 68507-590*

**Weldon Carlos Elias Teixeira** [weldon.carlos@ifpa.edu.br]

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA)*

*Praça da folha, s/n - Nova Marabá, Marabá- PA, 68500-000*

### Resumo

Neste trabalho é proposto uma prática experimental, onde associa-se um experimento de indução eletromagnética a materiais alternativos, disponíveis na escola e/ou de fácil aquisição, tais como uma caixa de som, um solenoide caseiro e um computador com o programa Audacity instalado para gerar sinais e posteriormente fazer a aquisição dos dados (tensão e frequência) fornecidos no experimento. Para analisar a viabilidade e a precisão deste experimento usou-se também um osciloscópio para coletar os mesmos dados de tensão e frequência, tanto da bobina de prova quanto do solenoide. Os resultados obtidos na leitura de tensão e frequência pelo programa e o osciloscópio tiveram pequenas divergências, confirmando que o aparato utilizado pode substituir instrumentos de medição cujos custos são mais elevados. Assim, a prática experimental proposta mostrou-se viável e uma solução eficiente para um problema muito recorrente no ensino de Física na Educação Básica.

**Palavras-chave:** Indução Eletromagnética; Materiais Alternativos; Ensino de Física.

### Abstract

In this work, an experimental practice is proposed, where an electromagnetic induction experiment is associated with alternative materials, available at school and / or easy to acquire, such as a sound box, a homemade solenoid and a computer with Audacity software installed for Generate signals and then make the acquisition of the data (voltage and frequency) provided in the experiment. To analyze the feasibility and accuracy of this experiment, an oscilloscope was also used to collect the same voltage and frequency data from both the test coil and the solenoid. The results obtained in the reading of voltage and frequency by both the software and the oscilloscope had very few divergences, confirming that the apparatus used can replace measuring instruments whose costs are higher. Thus, the proposed experimental practice proved to be feasible and an efficient solution to a very recurrent problem in the teaching of Physics in Basic Education.

**Keywords:** Electromagnetic Induction; Alternative Materials; Teaching Physics.

## 1. Introdução

O processo de ensino - aprendizagem de física nas escolas públicas de ensino médio do Brasil tem sido discutido de forma bastante extensiva (Gomes e Castilho, 2010; Marques, 2014; Alves et al., 2014; Sotelo, 2010; Laburu, 2006). Uma das razões da ampla abordagem do tema é a grande dificuldade na compreensão da disciplina e também a incapacidade dos discentes na análise dos problemas e interpretações dos textos relacionados a estes (Medeiros e Medeiros, 2002; Barroso, M.; Felipe, G.; Silva, T, 2005).

Um complicador deste cenário é o fato do professor conviver com fatores que vão dificultar ainda mais o seu desempenho profissional. Dentre estes destacam-se:

- a grande desvalorização que a profissão vem sofrendo ao longo dos anos;
- escolas sucateadas, sem mínimas condições de trabalho;
- cargas horárias elevadíssimas;
- falta de laboratórios devidamente equipados.

Muitos estudos têm focado a falta de laboratórios, buscando alternativas no sentido de solucionar ou amenizar estes problemas. Como é sabido, as aulas experimentais têm grande importância na construção do conhecimento, bem como na instigação e motivação do aluno, deixando as aulas de física mais dinâmicas e divertidas e de um modo geral, melhorando os coeficientes de aprendizado dos alunos.

O presente trabalho propõe uma prática experimental na qual Atividades Computacionais (AC) e Atividades Experimentais (AE) com o uso de Materiais Alternativos podem ser usadas juntas, a fim de possibilitar um maior entendimento e compreensão do tema por parte do aluno. Desse modo, será realizada uma proposta metodológica de como o docente em sala de aula pode trabalhar o tema da indução eletromagnética entre um solenoide e uma bobina, utilizando o programa Audacity que fornecerá e converterá os sinais analógicos/digitais e uma caixa de som que amplificará o sinal elétrico.

## 2. Indução Eletromagnética

Por séculos, fenômenos elétricos e magnéticos foram estudados de forma dissociada. Somente em 1820, Hans Christian Oersted, um físico dinamarquês, unificou esses fenômenos, quando verificou que um fio percorrido por uma corrente elétrica afeta a orientação de uma bússola (Hewitt, 2011).

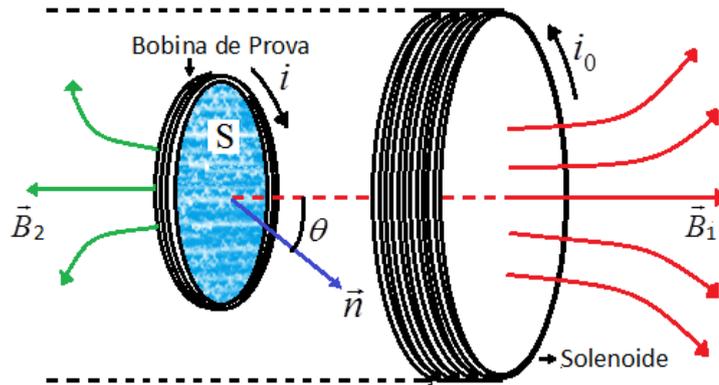
Esta descoberta de Oersted influenciou Ampère, Faraday, Henry, Hertz e Maxwell a provarem que um campo magnético  $\vec{B}$  é criado no momento em que uma corrente percorre um fio e também que o campo produzido por um solenoide pode induzir outra corrente em uma bobina de prova (lei de Faraday) com sentido contrário ao da primeira (lei de Lenz), desde que o fluxo magnético em seu interior varie ao longo do tempo (eq. 1):

$$\mathcal{E} = -n \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (1)$$

Assim, o fluxo magnético ( $\Phi_B$ ) gerado por um solenoide que atravessa a área transversal (S) da bobina de prova (fig. 1) será:

$$\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = B \cdot S \cdot \cos(\theta) = \frac{\mu_0 Ni}{L} S \cdot \cos(\theta) \quad (2)$$

onde  $\theta$  é o ângulo entre o vetor  $\vec{B}$  e o vetor área  $d\vec{S}$  da bobina de prova.



**Figura 1:** Indução eletromagnética entre um solenoide e uma bobina de prova sobre um ângulo  $\theta$ .

Na figura 1 temos uma bobina de prova de “n” espiras, no interior de um solenoide de “N” espiras, percorrido por uma corrente ( $i_0$ ). Ao percorrer o solenoide a corrente da origem a um campo magnético  $\vec{B}_1$  e este por sua vez induz uma corrente na bobina de prova, tal que seu campo  $\vec{B}_2$  se oponha ao campo do solenoide.

Substituindo a equação 2 na equação 1, e derivando este fluxo em relação ao tempo, temos que a variação da corrente em relação ao tempo será igual a frequência de oscilação da corrente inicial fornecida ao solenoide  $\omega i_0$  (por se tratar de uma corrente alternada), sendo a tensão induzida na bobina de prova ( $V_0$ ) dada pela equação 3:

$$v_0 = - \frac{n\mu_0 NS \cos(\theta)\omega i_0}{L} \tag{3}$$

### 3. Atividades Experimentais e Computacionais

Como já foi destacado, o uso das AE com materiais alternativos e das AC tem ganhado grande destaque nos dias atuais. Assim, o uso de simulações computacionais que têm forte apelo na realização de experimentos virtuais, tem se popularizado bastante, já que evitam o risco de certos experimentos perigosos e muitas vezes caros para serem reproduzidos em um laboratório escolar. A correta aplicação destas duas práticas tende a maximizar o aprendizado dos discentes. Na tabela 1 são apresentadas as principais vantagens e limitações destas atividades (Arantes et al., 2010; Heidemann, 2011).

**Tabela 1:** Principais vantagens e limitações das Atividades Experimentais e Computacionais.

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	ATIVIDADES COMPUTACIONAIS
<b>Vantagens</b>	<b>Vantagens</b>
Conexão entre teoria, prática e mundo real; Facilita a compreensão dos conceitos; Estreita a relação entre professor e aluno; Relação social colaborativa entre alunos; Desenvolve a argumentação lógica.	Ter diversas representações de um modelo; Flexibilidade de complexidade; Execução e repetição de forma rápida; Aulas mais dinâmicas e independentes.
<b>Desvantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Consome elevado tempo; Induz a confecção de roteiros fechados; Os alunos às usam como teste de validade de leis e fórmulas físicas.	Leva crer que o estudo é perfeito e esgotado; Induz a simples constatação dos fenômenos; Pode simplificar demasiadamente um fenômeno ou tirar o foco do básico.

Estas atividades ainda apresentam limitações, e por isso muitos trabalhos buscam formas de associá-las com o intuito de complementá-las (Heidemann, 2011; Dorneles et al., 2012; Paz, 2007; Costa, 2013). Tais trabalhos apresentam resultados favoráveis, mostrando que a associação destas atividades pode influenciar positivamente o processo de ensino aprendizagem facilitando a compreensão do aluno.

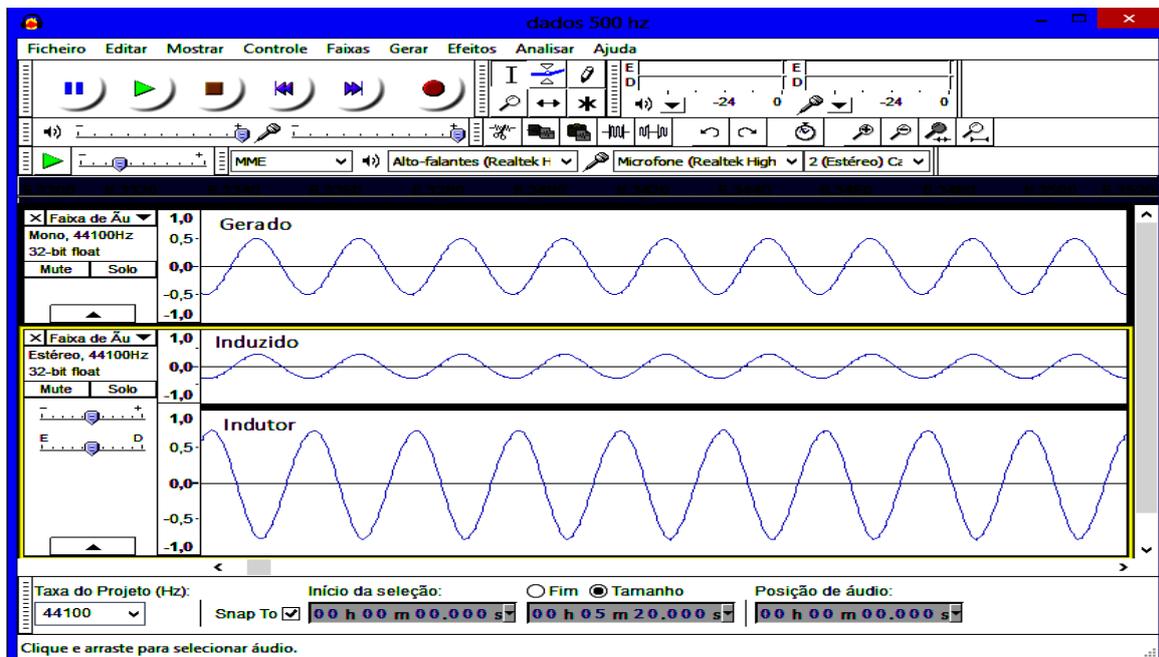
Desse modo, acredita-se ser possível a associação destas atividades de forma integrada, visando amenizar limitações existentes em ambas as práticas. Assim, é possível realizar a aquisição de dados com boa precisão usando materiais alternativos e programas livres (Ribeiro, 2012).

#### 4. Materiais e Métodos

Visando realizar uma prática experimental precisa e viável para a maioria das escolas, utilizou-se nesse experimento uma caixa de som amplificadora (que basicamente existe em toda escola), o programa livre Audacity, cujo papel era de um gerador de funções e um osciloscópio, e três multímetros. As medições realizadas foram posteriormente comparadas com as leituras de um osciloscópio, de modo a demonstrar que os dados poderiam ser obtidos apenas com o uso do programa e do multímetro, tornando assim o experimento factível por utilizar materiais já existentes na escola, haja vista que o computador e a caixa de som já estão disponíveis para a maioria das escolas.

##### 4.1. O Programa Audacity

O Audacity é um programa de edição de áudio, livre e disponível para os sistemas operacionais Windows, Linux e OS X. Uma de suas qualidades é que ele apresenta a possibilidade de reprodução e gravação simultâneas. No experimento, o programa foi utilizado como um gerador de funções e osciloscópio (fig. 2). Assim, pode-se variar a frequência, a amplitude, a duração e o formato da onda gerada. O sinal digital é convertido em impulsos elétricos pela placa de som e disponibilizado para os dispositivos de reprodução. Assim, foi extraído o sinal da saída do fone de ouvido e utilizado no experimento e a resposta induzida foi novamente disponibilizada ao computador pela entrada do microfone.



**Figura 2:** imagem formada na tela do computador após gerar um sinal (gerado) pelo programa Audacity e captá-lo novamente após ser amplificado e percorrer o solenoide (indutor), bem como o sinal proveniente da bobina de prova chamado de induzido.

Para gerar um sinal no programa Audacity, o usuário deve clicar na opção “Gerar” na barra de tarefas e selecionar a opção “tom”, em seguida irá aparecer a janela “gerador de tons”, e nela o usuário poderá (mantendo a forma de onda em “sinusoide”) escolher a frequência, amplitude (que no programa é adimensional e varia de zero a um) e a duração. Em seguida, para reproduzir o sinal gerado e simultaneamente gravar o sinal disponível no microfone do computador, o usuário deverá clicar no botão “Gravar”, com isso o sinal gravado no canal 1 e 2 aparecerá simultaneamente com a reprodução do sinal gerado, produzindo uma imagem semelhante a figura 2.

Deve-se atentar ao volume, às saídas e entradas de áudio selecionadas, bem como as características da placa de som do computador. É importante também igualar as configurações (taxa de amostragem e tamanho da amostra) dos sinais de entrada e saída do computador ao do programa, a fim de que a onda produzida e lida seja a mais fiel possível (Freitas, 2005; Ramires e Murasugi, 2003).

## 4.2. Materiais

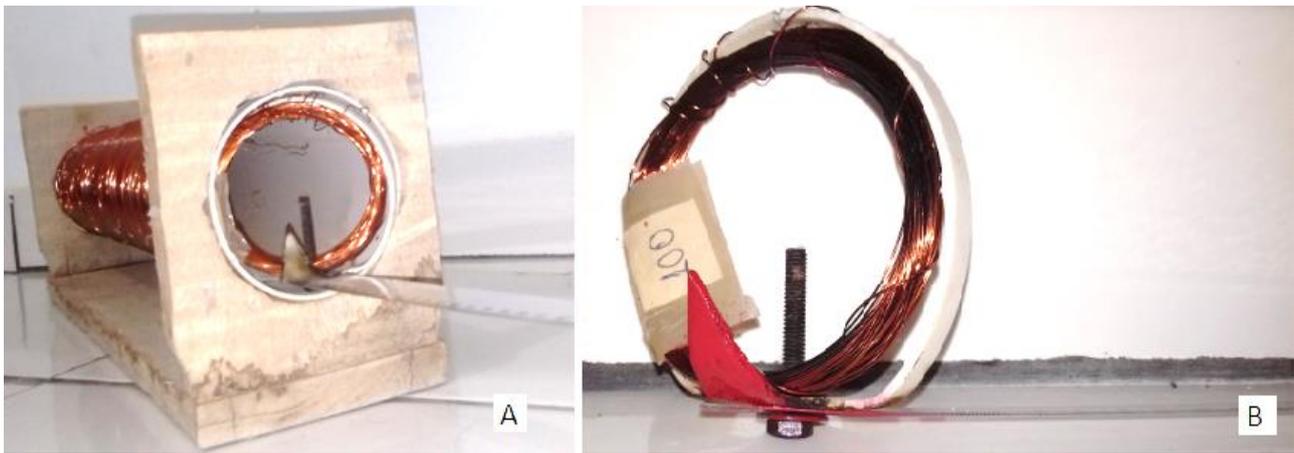
Para o desenvolvimento desta proposta de ensino, foram utilizados os seguintes materiais:

- Computador Pentium Dual-Core CPU T4500
- Caixa de som amplificadora (MULTI-USOLL, LX60 USB)
- 2 interruptores paralelos
- Transformador para isolar o sinal gerado e evitar interferência (117V/24V)
- Solenoide de fio de cobre esmaltado n° 23, de 103 mm de diâmetro e 1414 espiras
- Bobina de prova de cobre esmaltado n° 22, de 77 mm de diâmetro e 50 espiras
- 55 cm de cano PVC de 102 mm de diâmetro externo e 10 cm de cano PVC de 77 mm.
- Madeira, parafuso e porca.
- 2 voltímetros e 1 amperímetro (multímetro MINIPA ET – 2033 B)
- Cabos estéreos blindados de dois canais, Pino P2 e Cabo P2/RCA
- Resistores de 1 k $\Omega$  e 12 k $\Omega$  e um Capacitor de 4,7 $\mu$ F
- Transferidor e Régua milimétrica de 30 cm
- Fios de ligação e ferro de solda

## 4.3. A Bancada Experimental

Foi construído um suporte de madeira para o solenoide, perfurando-se duas placas de madeira com o diâmetro do cano PVC de 103 mm. Feito isso, enrolou-se manualmente o fio de cobre n° 23 ao cano (aproximadamente 1 kg de fio, com impedância total de 27  $\Omega$ ) para garantir uma uniformidade do número de espiras ao longo de 50 cm e, após isso, colocou-se o cano no suporte.

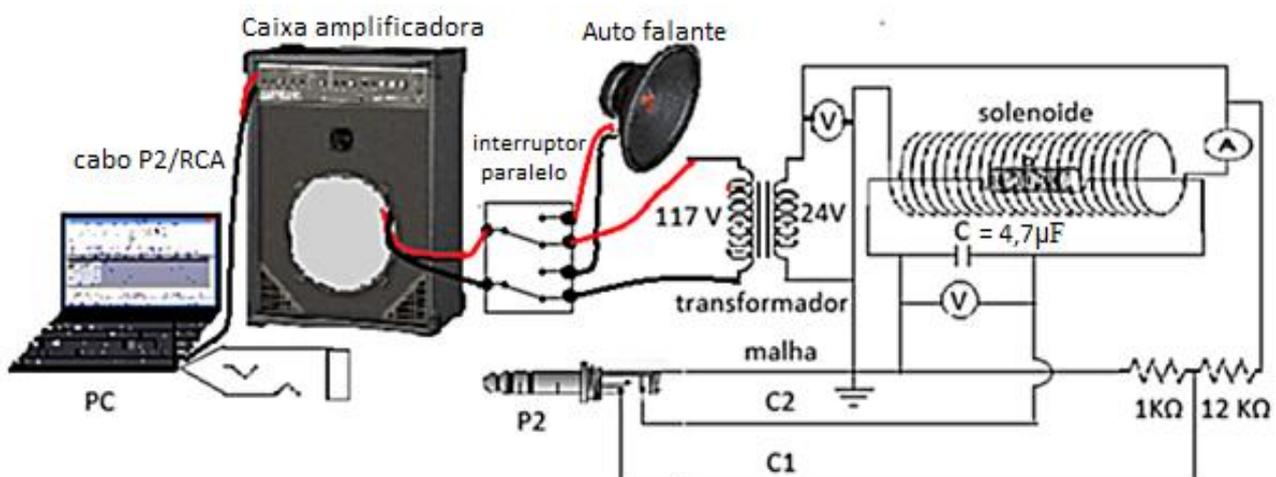
Da mesma forma, enrolou-se a bobina em um cano de 77 mm de diâmetro, retirando-a do cano posteriormente. Foi construído também um anel com seta (em vermelho na figura 3B), retirado de um PVC de 103 mm, diminuindo sua circunferência com um pequeno corte, moldando-o após ser aquecido e depois o fixando a régua com parafuso e porca. Esta adaptação permite o controle do ângulo entre a bobina e o solenoide (fig. 3).



**Figura 3:** (A) imagem do solenoide no suporte com a bobina de prova e a adaptação de um controlador de ângulo no seu interior, (B) imagem ampliada do controlador de ângulos.

Montando todo o aparato experimental e gerando o sinal da forma mencionada acima, o computador transformará este sinal (digital) em um sinal elétrico disponível na saída do fone de ouvido, e o mesmo é então levado a caixa amplificadora mediante um cabo P2/RCA. Este sinal percorre o circuito amplificador presente no interior da caixa de som, e antes de chegar ao alto falante passa pelos interruptores paralelos introduzidos, que permitem desabilitar o sinal da caixa de som e habilitar o sinal no experimento (fig. 4). Este sinal amplificado passa então pelo transformador para elevar a corrente para posteriormente passar pelo solenoide.

Para obter valores de tensão e corrente eficazes, foram introduzidos um voltímetro e um amperímetro no solenoide e um voltímetro na bobina (fig. 4). Na parte inferior direita da mesma figura está representado um cabo estéreo blindado com um pino P2, com a malha ligada ao fio terra do transformador, o canal 1 (C1) ao sinal do solenoide, amortecido pelo divisor de tensão (12/1) para evitar saturação (indutor) e o canal 2 (C2) ao sinal da bobina (induzido) (neste um capacitor de  $4,7 \mu\text{F}$  foi introduzido aos terminais para filtrar o sinal), sendo este cabo conectado a entrada de som do computador para ler os sinais por meio do programa Audacity, quando a opção “gravar” for selecionada (fig. 4). Estes mesmos sinais foram lidos também por um osciloscópio para efeito de comparação.



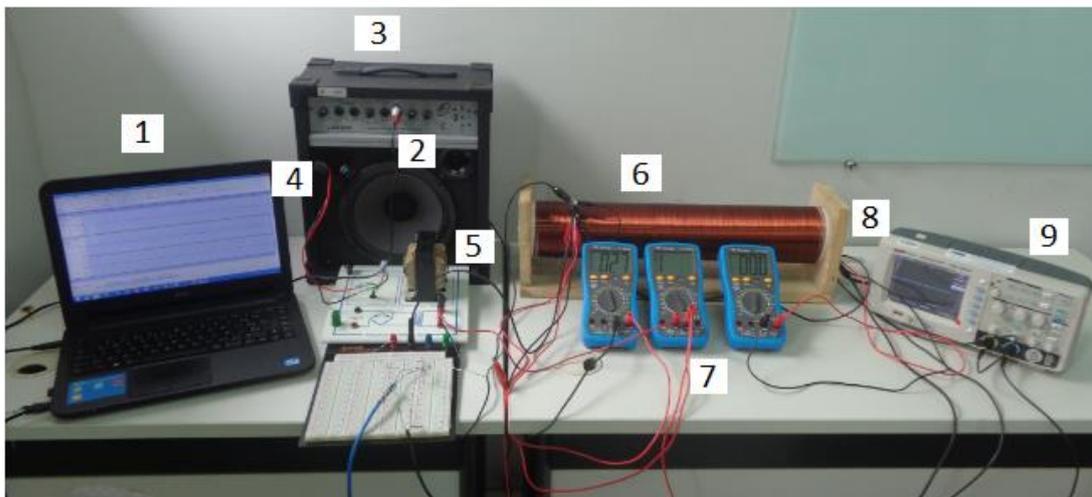
**Figura 4:** esquema completo do experimento proposto.

## 5. Resultados

Na configuração da caixa amplificadora escolheu-se uma frequência (100 Hz), fazendo-se os ajustes lentamente e observando o ganho do sinal recebido. É importante mencionar que para altos ganhos a caixa de som começa a distorcer o sinal, e que a calibragem pode variar conforme o equipamento (fig. 5). No entanto, este ajuste não compromete a análise dos sinais elétricos que percorrem o solenoide e a bobina já que estes são coletados após o processo de amplificação.

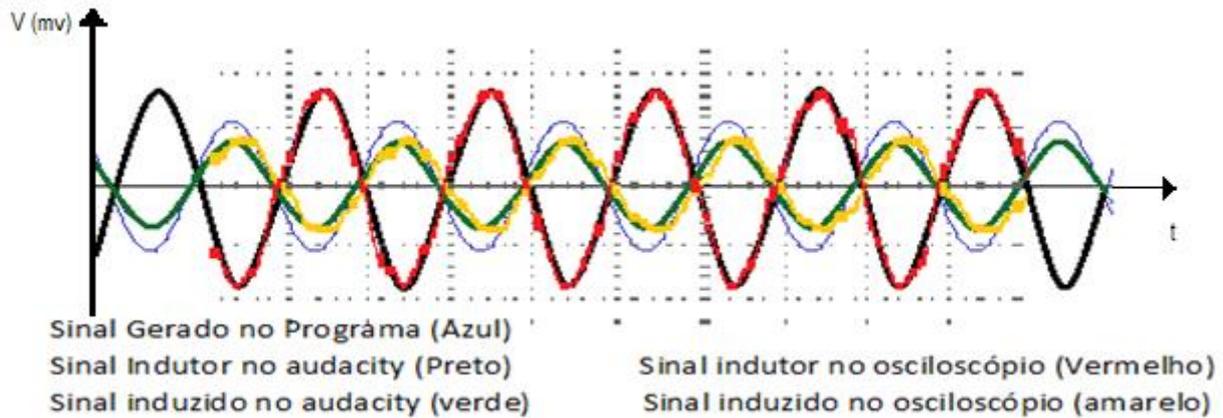
Durante os testes adotou-se a configuração no Audacity para 32 bits float e 44.100 Hz clicando na barra “faixa de áudio” localizado na parte superior esquerda do gráfico gerado (fig. 2), depois clicou-se em “definir formato de amostragem” e “definir taxa”. Com esta configuração, verificou-se que o sinal começou a distorcer a partir de 8.000 Hz.

Na figura 5 é apresentado o experimento já montado com todos os elementos necessários: Computador (1) para gerar e gravar os sinais fornecidos ao solenoide e induzidos na bobina de prova respectivamente; Cabo P2/RCA (2) para conduzir o sinal gerado até a caixa de som; Caixa de som (3) para amplificar o sinal gerado; Interruptores paralelos (4) para habilitar o experimento ou o alto falante; Transformador (5) para elevar a corrente inicial; solenoide (6) para gerar o campo magnético indutor; Multímetros (7) para fornecer valores de tensão e corrente eficazes; Bobina de prova com o controlador de ângulo (8) para conduzir a corrente elétrica induzida pela variação do fluxo magnético através de sua área transversal; e o Osciloscópio (9) para ler os sinais de tensão e frequência do solenoide e da bobina de prova para efeito de comparação.



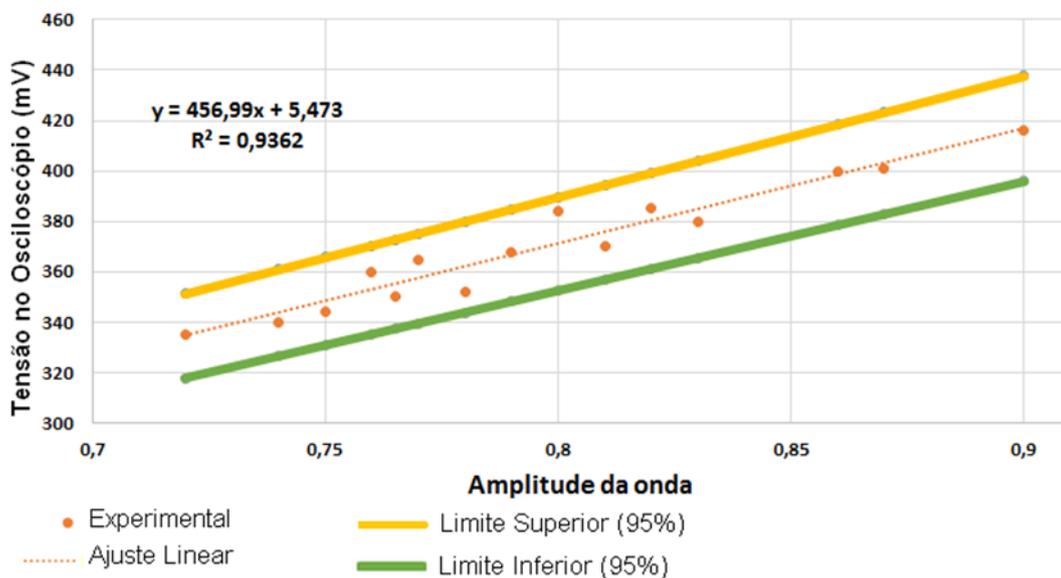
**Figura 5:** experimento montado contendo computador com o programa Audacity (1), cabo P2/RCA (2), caixa de som (3), interruptor paralelo (4), transformador (5), solenoide (6), multímetros (7) bobina de prova no interior do solenoide (8) e osciloscópio para efeito de comparação (9).

Superpondo os gráficos dos sinais gerados (em azul) e lidos pelo programa Audacity com os sinais lidos com o osciloscópio, percebe-se que os sinais indutores lidos pelo programa (preto) e pelo osciloscópio (vermelho) são praticamente iguais, assim como os sinais induzidos lidos pelo programa (verde) e pelo osciloscópio (amarelo), com uma leve diferença de fase entre os dois últimos (fig. 6). Percebe-se ainda que a onda do sinal indutor tem uma inversão de sentido em relação a onda do sinal induzido, característico da lei de Lenz, comprovando que o campo magnético gerado pela corrente induzida (bobina) tende a se opor ao campo gerado pela corrente indutora (solenoide) (fig. 6).



**Figura 6:** Superposição dos sinais lidos e gerados pelo programa Audacity com os sinais lidos pelo osciloscópio e a defasagem angular entre eles.

A figura 7 mostra um gráfico da tensão (medida no osciloscópio) versus a amplitude (adimensional) da onda (medida com o programa Audacity). Estes dados foram obtidos para quinze ondas diferentes entre uma faixa de intervalos de frequências de 150 a 1.200 Hz, utilizando-se os picos médios de cada onda no programa Audacity com os picos médios registrados no osciloscópio para cada frequência. Obteve-se assim, um padrão muito próximo do linear, com o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson muito próximo de 1 ( $R^2 = 0,9362$ ), sendo que os dados estão dentro de um intervalo de 5% para mais ou para menos. Fazendo o ajuste linear (Em estatística, esta equação serve para estimar a condicional (valor esperado) de uma variável  $y$ , aos valores de algumas outras variáveis  $x$ ), obteve-se os coeficientes angular e linear iguais a 456,990 e 5,473, respectivamente (Fig. 7).



**Figura 7:** Gráfico da correlação entre os valores de tensão lidos pelo osciloscópio com os valores de amplitudes registradas no osciloscópio, contendo os limites superior e inferior das variações e a reta de ajuste linear.

É importante destacar que os valores de tensão e correntes obtidos nos multímetros são os valores quadráticos médios (ou eficazes) de tensão e corrente reais registrados no osciloscópio e no Audacity. Para converter estes valores eficazes para valores reais (no caso de ondas senoidais) pode se usar a equação 4. Convém lembrar também que os valores de tensão registrados na entrada do solenoide pelo Audacity e osciloscópio foram atenuados 12 vezes pelo divisor de tensão inserido no circuito (Tab. 2).

$$i_0 = i_{ef} \cdot \sqrt{2} \quad V_0 = V_{ef} \cdot \sqrt{2} \quad (4)$$

Na tabela 2 são apresentados os valores de frequência usadas bem como os valores de tensão e corrente registrados pelos multímetros e pelo programa Audacity, além do desvio percentual obtido pelo módulo da diferença entre os valores de tensão do programa e do multímetro correspondente, dividido pelo valor registrado pelo programa. Assim, da observação da Tabela 2, pode-se constatar que o multímetro, embora seja um equipamento considerado como de boa precisão, para os valores de tensão registrados na bobina, apresenta uma alta variação para os valores medidos  $\Delta V_m$  (%) = 16,5. E em contrapartida, tem-se no Audacity, uma ótima opção como equipamento de uso didático em práticas de indução com boa precisão, e facilidade de uso e aquisição dos recursos envolvidos.

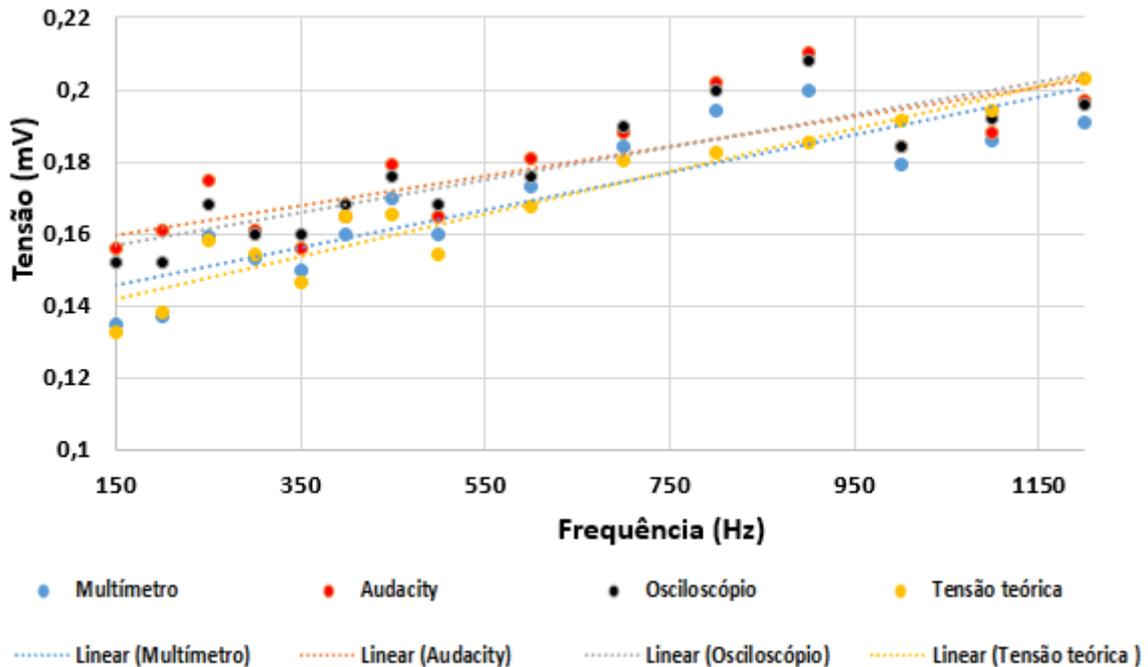
**Tabela 2:** Valores de tensão registrados nos multímetros e no Audacity (solenóide e bobina).

Frequências		Multímetro			Programa		Variação (%)	
Linear	Angular	V (mV) Sol.	V (mV) Bob.	I (mA) no Sol.	V (mV) no Sol.	V (mV) Bob	$\Delta V$ Sol.	$\Delta V$ Bob.
150	942,5	4,75	0,115	0,117	4,78	0,156	0,60	26,28
200	1256,6	4,29	0,117	0,088	4,26	0,161	0,70	27,33
250	1570,8	4,71	0,139	0,082	4,62	0,175	1,95	20,57
300	1885	4,37	0,133	0,065	4,23	0,161	3,31	17,39
350	2199,1	4,14	0,130	0,053	4,01	0,156	3,24	16,66
400	2513,3	4,38	0,140	0,050	4,13	0,165	6,05	15,15
450	2827,4	4,6	0,150	0,046	4,29	0,179	7,23	16,20
500	3141,6	4,27	0,140	0,038	4,18	0,165	2,15	15,15
600	3769,9	4,58	0,153	0,033	4,45	0,181	2,92	15,47
700	4398,2	4,84	0,164	0,030	4,56	0,188	6,14	12,77
800	5026,6	5,07	0,174	0,026	4,84	0,202	4,75	13,86
900	5654,9	5,26	0,185	0,023	5,00	0,210	5,20	11,90
1000	6283,2	4,53	0,159	0,016	4,34	0,184	4,38	13,59
1100	6911,5	4,65	0,166	0,015	4,40	0,188	5,68	11,70
1200	7539,8	4,74	0,171	0,013	4,51	0,197	5,01	13,20
<b>Média</b>	-	-	-	-	-	-	3,95	<b>16,48</b>

Usando a equação 3 e substituindo os dados da configuração usada em cada etapa do experimento e presentes na Tabela 2 (número de espiras do solenoide (N) e da bobina de prova (n), área transversal da bobina (S), o ângulo entre o eixo da bobina e do solenoide ( $\theta$ ), o comprimento do solenoide (L), frequência ( $\omega$ ) e a corrente inicial ( $i_0$ )), obtemos os valores de tensão induzida para o multímetro, Audacity, osciloscópio e o valor teórico (Fig. 8).

Ao plotar os valores de tensão lidos pelo multímetro, Audacity, osciloscópio e o valor teórico num gráfico de tensão versus frequência podemos comparar os resultados obtidos com cada instrumento e determinar se seu comportamento gráfico difere com o aumento da frequência. É importante salientar ainda que a análise gráfica da Figura 8 permite determinar que quanto maior a frequência, maior será a tensão induzida, haja vista, que a variação do fluxo magnético no interior da bobina de prova aumentará (eq. 1).

Dessa forma, pode-se verificar que os valores registrados pelo multímetro (em azul) estão bem abaixo dos demais valores. Isso ocorre devido a baixa sensibilidade do instrumento para a faixa de tensão medida. Por outro lado, os valores correspondentes obtidos com o uso do programa Audacity (em vermelho) foram os que mais se aproximaram dos valores medidos com o uso do osciloscópio (em preto) (tido como referência, uma vez que o valor teórico não condiz perfeitamente com o real, devido a diversas influências provocadas por interferências externas não filtradas pelo capacitor).



**Figura 8:** valores de tensão induzida na bobina de prova lidos pelo multímetro, Audacity e osciloscópio e estimado teoricamente usando a equação 3.

O programa gratuito Audacity, mostrou-se conveniente e adequado para ser utilizado como um osciloscópio didático em escolas, substituindo o osciloscópio real, que tem custo elevado, tornando possível o estudo quantitativo de indução eletromagnética a baixos custos, sobre tudo na atividade experimental apresenta neste trabalho.

É importante salientar ainda que esta prática possibilita a manipulação das variáveis “n”, “S”, “ $\theta$ ”, “ $\omega$ ” e “i”, permitindo ao aluno determinar a contribuição de cada uma dessas variáveis para a tensão induzida por meio da confecção de gráficos a partir dos dados obtidos experimentalmente, tornando as atividades experimentais de indução eletromagnética realizadas a partir de materiais alternativos, mais ricas e envolventes, não se resumindo a simples demonstrações lúdicas.

## 6. Considerações Finais

Neste trabalho mostrou-se que é possível desenvolver experimentos qualitativos e quantitativos, com o uso de materiais alternativos e acessíveis, associados a programas livres que sejam usados para gerar sinais, fazer medições, dentre outros. Com isso tem-se uma poderosa ferramenta auxiliadora no processo de ensino e aprendizagem de física, que com o seu adequado uso, associado a uma metodologia que maximize o potencial desta ferramenta, será possível contornar o

antigo problema enfrentado por muitas escolas de ensino médio, que é a falta de laboratórios devidamente equipados e estruturados.

É salutar destacar que o aluno deve participar da montagem e execução do experimento proposto. No caso deste trabalho, tem-se a proposta de uma bancada experimental para o estudo da indução eletromagnética. É importante levar o aluno a manipular as variáveis envolvidas no problema, contextualizando-as com a teoria em situações do cotidiano, de modo que ele seja levado a obter a resposta desejada para os problemas que lhe são apresentados. É necessário que o professor conduza o estudante a olhar para o problema com uma visão diferenciada, crítica e analítica, buscando “os quês e os porquês” em cada etapa do processo, pois só assim haverá um estreitamento das relações entre professor-aluno e aluno-objeto e o aprendizado ocorrerá mais naturalmente. De outra forma, o docente corre o risco de recair nos mesmos erros, mesmo com o uso de atividades experimentais bem elaboradas, tendo um ensino-aprendizado mecânico e pouco eficiente.

Portanto, é fundamental que o professor assuma o papel de facilitador no processo de ensino aprendizagem, ancorando o conhecimento científico a ser ensinado, nos conhecimentos prévios dos alunos, de modo que o aprendizado construído seja verdadeiramente significativo, levando-os a participar ativamente na construção do conhecimento.

## 7. Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## Bibliografia

ALVES, J. D. N., ALVES, M. B. N., OLIVEIRA, N. de, BICALHO, F. da S. Atividades Experimentais para o Ensino de Hidrostática em duas Escolas Públicas no Município de Capitão Poço, Pará. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 3536-3546, 2014.

ARANTES, A. R, MIRANDA, S. M. e STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. Revista Física na Escola, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

BARROSO, M. F; FELIPE, G; SILVA, T. Aplicativos computacionais e ensino de física. Instituto de Física da Universidade do Rio de Janeiro, 2005.

COSTA, S. S. Aplicação de Recursos Eletrônicos no Ensino de Física: Uma abordagem experimental inovadora. Trabalho de conclusão de curso de graduação da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2013.

DORNELES, P. F. T, ARAUJO, I. S. e VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. Revista Ciência & educação (Bauru), vol.18 n.1, Bauru, p. 99-122, 2012.

FREITAS, M. A. B. Medindo A Velocidade do Som com o Microfone do PC. Trabalho de Conclusão de curso. UFRJ, 2005.

GOMES, J. C. e CASTILHO, W. S. Uma Visão de Como à Física é Ensinada na Escola Brasileira, e a Experimentação como Estratégia para Mudar essa Realidade. Anais Eletrônicos - 1ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão do Ifto. 2010.

HEIDEMANN, L. A. Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de física por parte de professores do ensino médio. Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

HEWITT, Paul G. *Física Conceitual*. 11ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

LABURU, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.23, n.3: p. 382-404, (2006)

MARQUES, E. C. As Dificuldades Na Aprendizagem Da Física No Primeiro Ano Do Ensino Médio Da Escola Estadual De Ensino Fundamental E Médio Osvaldo Cruz. Disponível em: <[Http://Monografias.Brasilecola.Com/Fisica/As-Dificuldades-Na-Aprendizagem-Fisica-No-Primeiro-Ano-Ensino-Medio.Htm](http://Monografias.Brasilecola.Com/Fisica/As-Dificuldades-Na-Aprendizagem-Fisica-No-Primeiro-Ano-Ensino-Medio.Htm)>. Acesso em 03/12/2014.

MEDEIROS, A e MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

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

RAMIRES, L. S. e MURASUGI, M. T. Biblioteca de Aquisição de Dados. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Braz Cubas Mogi das Cruzes – SP, 2003.

RIBEIRO, D. T., ALMEIDA, A. M. e CARVALHO, P. S. Indução eletromagnética em laboratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 4, p. 4317-4317/15, 2012.

SOTELO, D. G. et al. Práticas Experimentais de Física no Contexto do Ensino pela Pesquisa: uma Reflexão. *Experiências em Ensino de Ciências – V.5*, n.3, p. 29-38, 2010.