

CONTRIBUIÇÕES PARA O ENTENDIMENTO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA POR MEIO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS INTEGRADAS

Contributions for the understanding of electromagnetic induction by means of integrated experimental and computational activities

José Jorge Vale Rodrigues [jose.rodrigues@ifto.edu.br]

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins – IFTO

Quadra 310 Sul, Lo 5, s/n, Plano Diretor Sul, Palmas-TO, Brasil

Italo Gabriel Neide [neide@univates.com.br]

Centro Universitário UNIVATES

Avenida Avelino Talini, 171, Bairro Universitário, Lajeado-RS, Brasil

Resumo

Este artigo resulta de uma pesquisa qualitativa que foi desenvolvida com alunos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), campus Palmas no Tocantins, com alunos do terceiro e quarto anos do ensino médio técnico. A pesquisa buscou investigar como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética. Para a coleta de dados foi utilizado um questionário inicial, guias Predizer, Observar e Explicar (POE) durante as atividades, um diário de campo, fotos, gravações de vídeo e um questionário final. Os dados obtidos indicam que: a) No questionário inicial foi possível identificar que os alunos possuíam os conhecimentos necessários para que se pudesse introduzir o assunto de indução eletromagnética. b) O material elaborado e proposto nesta prática possibilitou promover o engajamento cognitivo e a interação entre os estudantes e com os recursos instrucionais; c) Os alunos mostraram mais interesse pelas aulas, além de parecerem mais curiosos; d) Com as aulas envolvendo experimentos e simulações, os alunos passaram a participar mais, começaram a interagir, discutir e fazer questionamentos.

Palavras chaves: Atividades experimentais. Atividades computacionais. Indução eletromagnética. Ensino de Física.

Abstract

This article results from a qualitative research that was developed with students from the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins (IFTO), Palmas campus in Tocantins, with students from the third and fourth years of technical secondary education. The research sought to investigate how integrated experimental and computational activities influence the students' attitudes and motivations regarding electromagnetic induction classes. For the data collection, an initial questionnaire was used, Predict, Observe and Explain (POE) guides during the activities, a field diary, photos, video recordings and a final questionnaire. The obtained data indicate that: a) In the initial questionnaire it was possible to identify that the students possessed the knowledge necessary to introduce the subject of electromagnetic induction. b) The material developed and proposed in this practice made it possible to promote cognitive engagement and interaction between students and instructional resources; c) The students showed more interest in the classes, besides seeming more curious; d) With the classes involving experiments and simulations, students began to participate more, began to interact, discuss and question.

Keywords: Experimental activities. Computer activities. Electromagnetic induction. Teaching Physics.

INTRODUÇÃO

Educadores brasileiros e comunidade científica preocupam-se com o desenvolvimento da educação científica no país (SANTOS, 2007; CARVALHO; GONZAGA; NORONHA, 2011), sendo um problema que surge a partir de vários aspectos da sociedade e acaba por permear diversos setores importantes. Entender como a tecnologia funciona e avança pode gerar consequências diretas no cotidiano das pessoas, sendo um processo intrínseco em relação a como eles compreendem o mundo a sua volta. Assim, uma formação científica apropriada, além de promover o desenvolvimento intelectual em uma sociedade, pode transformar o país por meio do conhecimento. Nesse sentido, segundo Silva (2010), tanto o exercício da cidadania quanto o desenvolvimento científico e tecnológico podem ser prejudicados quando a educação científica de uma nação é ineficiente.

Vários estudos (FÁVERO, 2001; MOREIRA; GRECA, 2000; MATHEUS, 2005) reconhecem que o ensino de Física no Brasil tem sido ineficiente na maior parte de seus aspectos, sejam conceituais, de resolução de problemas ou laboratoriais. Em sua prática profissional, os professores de Física percebem uma deficiência intrínseca aos processos de ensino e de aprendizagem no que se refere ao entendimento de muitos conceitos físicos.

Frente a essa realidade nacional, os alunos do 3º ano do Curso Técnico em Eletrotécnica, 4º ano do curso Técnico em Informática, 4º ano do curso Técnico em Agronegócios e 4º ano do curso Técnico em Eventos, todos integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), campus Palmas, contexto deste trabalho, vinham apresentando dificuldade em concluir o curso, pois existia um índice de reprovação/desistência que ultrapassava os 70% de acordo com a coordenação de ensino do IFTO. O modo tradicional como as aulas são ministradas pode ser um fator determinante para esse índice elevado.

Dessa forma, este artigo mostra os resultados de uma pesquisa qualitativa que verificou a influência de atividades experimentais e computacionais integradas no ensino de indução eletromagnética, além das atitudes e motivações dos alunos dessas turmas diante dessa prática pedagógica. De acordo com Heidemann (2011), as atitudes podem ser definidas como construtores hipotéticos que, mesmo não sendo possível observá-las de forma direta, podem ser inferidas por meio de respostas mensuráveis. Essas respostas devem refletir avaliações positivas ou negativas frente ao objeto de estudo.

METODOLOGIA

Para que se pudessem verificar os conhecimentos prévios dos alunos em relação a alguns conceitos (campo elétrico, corrente elétrica, campo magnético e força magnética), que seriam pré-requisitos básicos para o entendimento da indução eletromagnética, a pesquisa teve início com a realização de um questionário inicial com questões discursivas. O questionário utilizado foi organizado com oito perguntas relacionadas à eletrodinâmica e magnetismo.

Durante as aulas, foi entregue aos alunos um material impresso norteador (guia POE), para que pudessem fazer suas anotações durante a resolução dos problemas, discussões e desenvolvimento das atividades experimentais e computacionais integradas, que também serviu como instrumento de coleta de dados para verificação de possíveis contribuições na aprendizagem.

O guia POE 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 em programas de simulação (TAO e 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, comprovando ou não o que foi predito no início (OLIVEIRA, 2003).

Na primeira atividade, referente à experiência de Oersted, os alunos puderam explorar a relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos. Esta atividade permitiu ainda que eles caracterizassem o vetor indução magnética gerado por um condutor reto percorrido por corrente elétrica (direção e sentido). Na segunda atividade, que tratou do estudo de campo magnético no interior de solenóides, os alunos verificaram a relação do campo magnético do solenóide com suas fontes de alimentação (AC ou DC). Esta atividade permitiu também que os alunos analisassem a relação que existe entre a intensidade do campo magnético do solenóide e a quantidade de suas espiras. A terceira e última atividade, referente à indução eletromagnética, possibilitou que os alunos percebessem que uma das formas de produzir corrente induzida numa espira é variando o número de linhas de indução que atravessam sua superfície.

Para anotações de qualquer vestígio de informação que seja considerada relevante e que possa ser aplicada na construção do resultado, foi também utilizado um diário de campo, pois a forma como o processo de observação em uma pesquisa qualitativa se desenvolve exigiu reflexões em momentos futuros. Para Triviños (2009), muitas atitudes, comportamentos, diálogos e fatos percebidos durante esse processo podem revelar novas perspectivas de buscas, a necessidade de se reestruturar questionamentos, de insistir em certas características, pode revelar ainda uma nova hipótese e até mesmo uma ideia.

Por fim, após responderem o questionário inicial e realizarem as atividades integradas, os alunos responderam o questionário final, que serviu de base para que eles pudessem dar seu parecer a respeito do desenvolvimento das atividades, em especial à importância do uso de atividades experimentais e computacionais integradas. Esse questionário foi útil ainda para que se pudesse estimar o quanto esta pesquisa foi determinante na mudança de atitude dos alunos diante dessa abordagem de ensino.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção descrevem-se os resultados que surgiram a partir da intervenção pedagógica. São mostrados alguns dados coletados, a análise dos questionários, as respostas dos alunos referentes às atividades computacionais e atividades experimentais, os comentários dos alunos e os demais registros do que ocorreu durante a pesquisa. Para que se compreenda melhor o que foi realizado, dividiu-se este capítulo em três subseções. A primeira apresenta a análise do questionário inicial, a segunda trata da análise das atividades computacionais e das atividades experimentais integradas e na terceira e última subseção faz-se a análise do questionário final. Em consideração ao volume de informações obtidas com a coleta de dados, foram analisadas algumas das 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.

Análise do questionário inicial

O objetivo do questionário inicial foi detectar os possíveis conhecimentos prévios sobre eletrodinâmica e magnetismo dos alunos relacionados à pesquisa. Fez-se um gráfico (Gráfico 1, abaixo), onde existe um comparativo da quantidade de respostas cientificamente aceitas como corretas e das respostas cientificamente entendidas como incorretas fornecidas pelos alunos no questionário inicial.

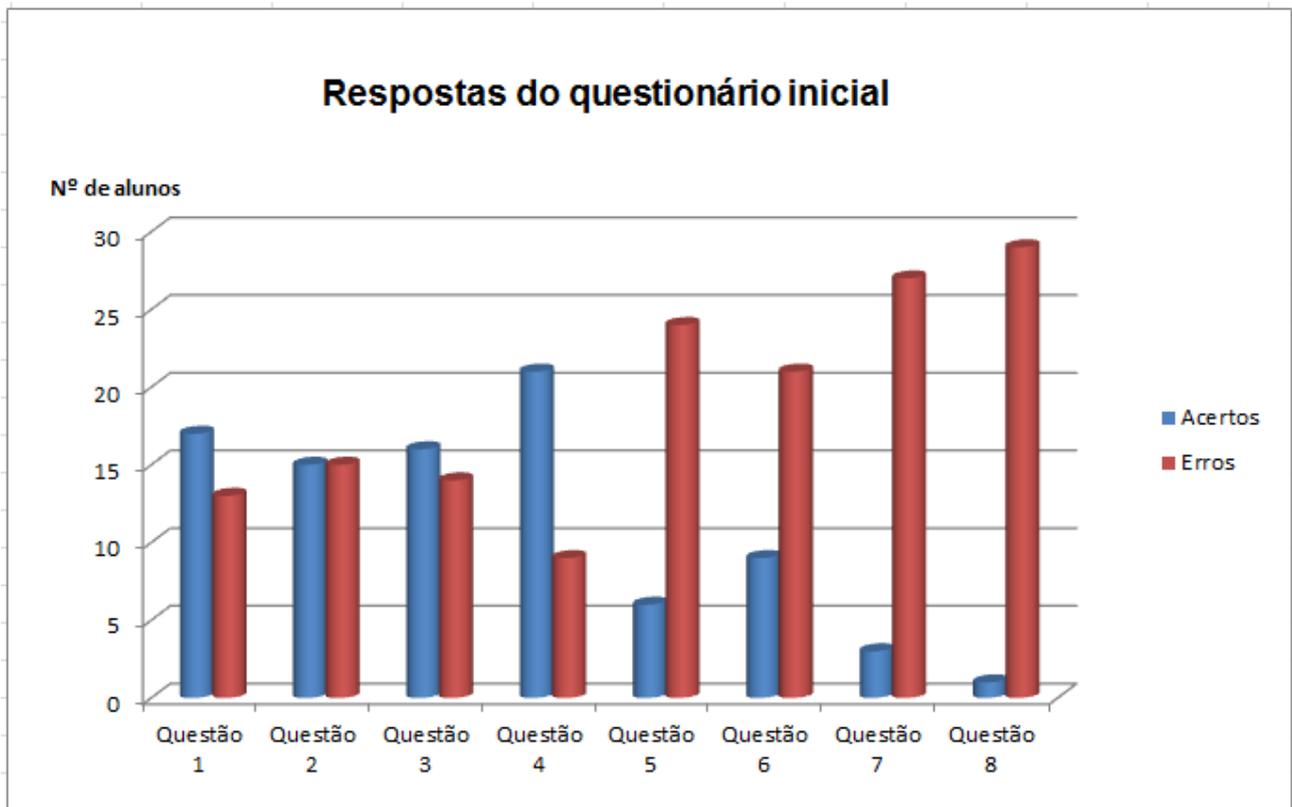
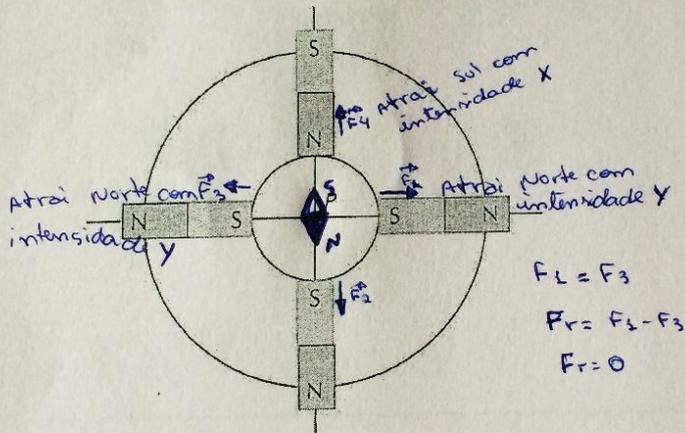


Gráfico 1 – Comparativo da quantidade de respostas cientificamente aceitas como corretas e das respostas cientificamente entendidas como incorretas fornecidas pelos alunos no questionário inicial.
Fonte: Os autores, 2016.

Percebeu-se pelas respostas dos alunos que mais de 50% deles possui conhecimentos sobre as propriedades magnéticas dos ímãs, sobre sua polaridade, sua relação com o campo magnético da Terra, sua aplicabilidade prática (bússola) e sobre alguns fenômenos naturais que os representam, como a aurora boreal e a orientação migratória de pássaros, por exemplo. A justificativa para o fato dos alunos terem mostrado melhor desempenho nas quatro primeiras questões pode estar relacionado com a natureza simplista e cotidiana dessas questões em comparação com as demais que se apresentam de modo mais técnico.

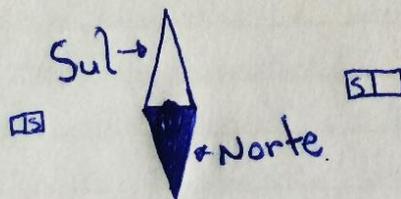
Dessa forma, segue-se a análise das quatro primeiras questões (por razões de representatividade) respondidas pelos alunos no questionário inicial. A primeira questão, que trata do conceito de campo magnético de ímãs, teve o objetivo de avaliar conhecimentos dos alunos a respeito das características do vetor indução magnética. Assim, 17 dos alunos desenharam com coerência científica uma figura que representasse a orientação correta da agulha da bússola posta no centro de um conjunto de ímãs com polos embaralhados. A Figura 1 mostra a Questão 1 e a resposta dos alunos A24 e A2, respectivamente.

01) Quatro ímãs iguais em forma de barra, com as polaridades indicadas, estão apoiados sobre uma mesa horizontal, de acordo com a figura abaixo, visto de cima.



Uma pequena bússola é também colocada na mesa, no ponto central P, equidistante dos ímãs, indicando a direção e o sentido do campo magnético dos ímãs em P. Desconsiderando o campo magnético da Terra, desenhe uma figura que represente a orientação correta da agulha da bússola.

Resposta aluno A 24



Resposta aluno A2

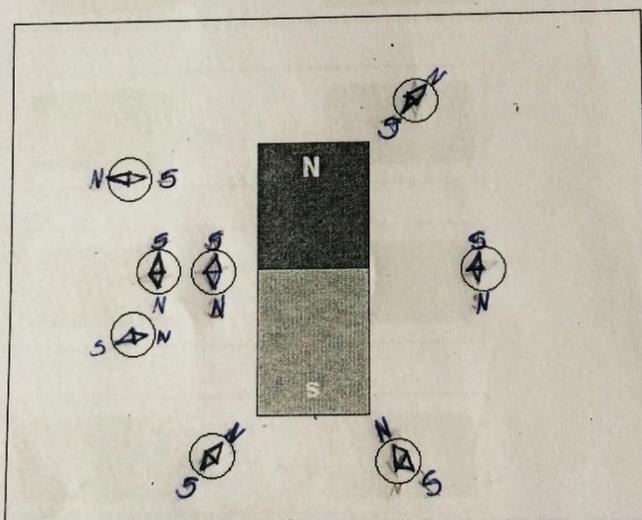


Figura 1 - Resposta dos alunos A24 e A2, respectivamente, atribuídas à Questão 1 do questionário inicial. Fonte: Os autores, 2016.

A segunda questão, que trata do conceito de campo magnético de ímãs, teve como objetivo avaliar conhecimentos dos alunos a respeito da definição das linhas de indução. Assim, 15 alunos desenharam pequenas setas que pudessem representar a direção da linha de campo naquele ponto próximo ao ímã. As duas respostas abaixo representam estes alunos (A3 e A23). Os outros 15 que se equivocaram (em alguns pontos) em suas respostas, mesmo assim mostraram possuir uma noção bem aproximada da direção das linhas de campo. A Figura 2 mostra a Questão 2 e a resposta dos alunos A3 e A23, respectivamente.

02) Você também pode observar o efeito magnético do ímã no espaço ao seu redor com a ajuda de uma pequena bússola e um ímã em forma de barra. Se distribuirmos bússolas ao redor deste ímã, observaremos que a direção assumida pela agulha das bússolas é diferente em cada ponto. Desta forma, observe a figura abaixo e considere cada círculo uma bússola em volta de um ímã em forma de barra. Desenhe no interior de cada círculo uma seta que represente a direção da agulha da bússola naquele ponto em que foi colocada em relação ao ímã.

Resposta aluno A3



Resposta aluno A23

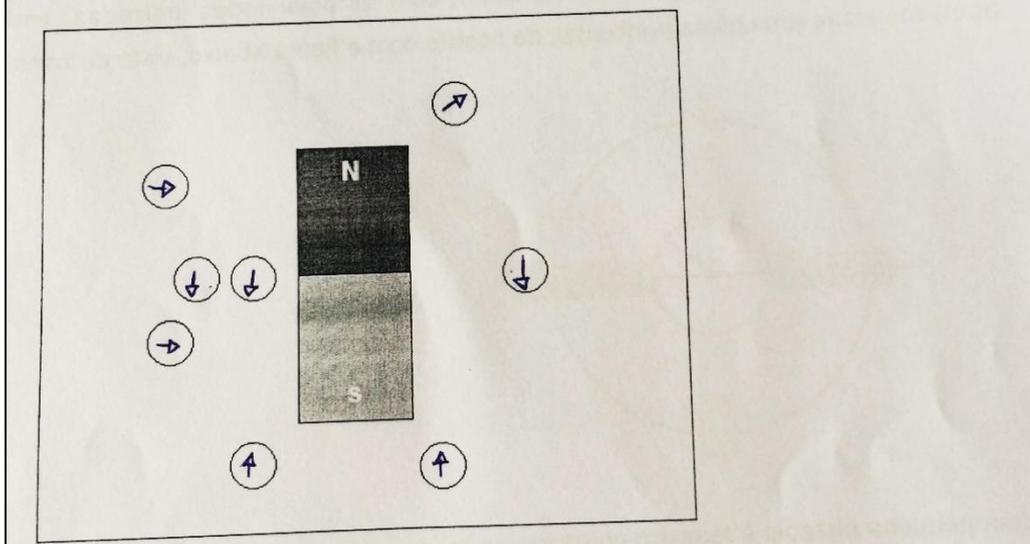


Figura 2 - Resposta dos alunos A3 e A23, respectivamente, atribuídas à Questão 2 do questionário inicial.
Fonte: Os autores, 2016.

A terceira questão, que refere ao conceito de campo magnético terrestre, teve como objetivo avaliar conhecimentos dos alunos a respeito da orientação da agulha de uma bússola e sua relação com o campo magnético da Terra. Assim, 14 alunos responderam-na mostrando que entendem o que é polaridade nos ímãs, mas não entendem o conceito de campo. A Figura 3 mostra a Questão 3 e a resposta dos alunos A22, A12 e A7, respectivamente.

03) O que você entende por campo magnético? Quais as evidências da existência do campo magnético terrestre (descreva o funcionamento da bússola e o comportamento de alguns animais sensíveis a esse campo)? Resposta aluno A22

É um campo criado a partir de ondas eletromagnéticas que saem de ímãs ou corpos eletromagnetizados, é uma área de atração ou repulsão. Temos evidências como os ímãs, as bússolas que funciona a partir de equipamento que necessita de um ímã e uma agulha, ao ficar em repouso o lado norte do ímã irá sofrer atração pelo lado sul magnético da Terra e o sul do ímã irá sofrer atração pelo norte magnético da Terra, dessa forma haverá um alinhamento da agulha de bússola. Geralmente o lado norte da bússola é pintado de vermelho.

Resposta aluno A12

Campo magnético é a região próxima do ímã, suporta bússola é um exemplo. A bússola aponta para norte que é sul do campo magnético da Terra.

Resposta aluno A7

Campo magnético pode ser entendido como linhas imaginárias que "correm" para uma direção. Uma comprovação do campo magnético são algumas espécies de pássaros migratórios que utilizam-se do campo magnético terrestre para se orientar.

Figura 3 - Resposta dos alunos A22, A12 e A7, respectivamente, atribuídas à Questão 3 do questionário inicial
Fonte: Os autores, 2016.

A quarta questão, que trata do conceito de força magnética em ímãs, teve como objetivo verificar o que os alunos conhecem sobre fenômenos magnéticos entre ímãs. 21 alunos mostraram habilidade em reconhecer as relações de força entre os polos magnéticos dos ímãs. A Figura 4 mostra a Questão 4 e a resposta dos alunos A25 e A29, respectivamente.

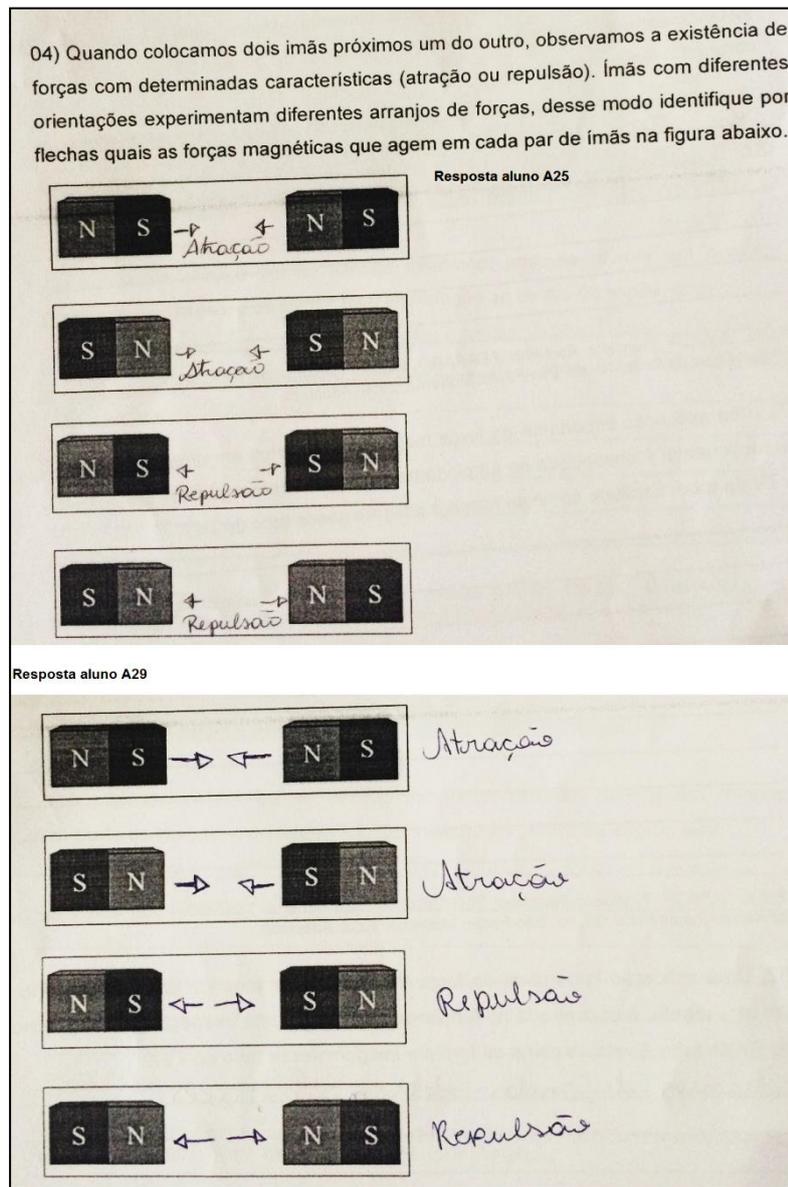


Figura 4 - Resposta dos alunos A25 e A29, respectivamente, atribuídas à Questão 4 do questionário inicial.
Fonte: Os autores, 2016.

Percebe-se pelo desenvolvimento das questões 1, 2, 3 e 4 que mais de 50% dos alunos possui conhecimentos sobre as propriedades magnéticas dos ímãs, sobre sua polaridade, sua relação com o campo magnético da Terra, sua aplicabilidade prática (bússola) e sobre alguns fenômenos naturais que os representa, como a aurora boreal e a orientação migratória de pássaros, por exemplo.

As respostas desses alunos estão de acordo com as concepções científicas dos autores Walker, Halliday e Resnick (2010, p. 205), a respeito do magnetismo:

As linhas de campo entram no ímã por uma das extremidades e saem pela outra. A extremidade pela qual as linhas saem é chamada de polo norte do ímã; a outra extremidade, pela qual as linhas entram, recebe o nome de polo sul. [...] Polos magnéticos de nomes diferentes se atraem e polos do mesmo nome se repelem. [...] A Terra possui um campo magnético que é produzido no interior do planeta por um mecanismo até hoje pouco conhecido. Na superfície terrestre podemos observar esse campo com o auxílio de uma bússola, constituída por um ímã fino em forma de barra montado em um eixo de baixo atrito. Este ímã em forma de barra, ou agulha, aponta aproximadamente na direção norte-sul porque o polo norte do ímã é atraído para um ponto situado nas proximidades do polo geográfico norte.

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. Sempre que necessário, referências a esses princípios básicos foram realizadas.

Análise das atividades computacionais

As atividades foram desenvolvidas em nove encontros, nos quais foram trabalhados três assuntos. No Assunto 1 tratou-se da Experiência de Oersted, no assunto 2 discutiu-se a respeito do campo magnético no interior de um solenoide e no Assunto 3 trabalhou-se com a Indução Eletromagnética. As atividades foram distribuídas de modo que todas as turmas tiveram acesso a todos os assuntos. Mais adiante mostra-se como estes três assuntos foram abordados pelos grupos de alunos de forma integrada.

As atividades foram realizadas por turma, os alunos de cada turma foram organizados em grupos denominados G1, G2, G3 e assim sucessivamente, por razões de conveniência, simplificação e anonimato. Sem importar o número de alunos da turma, eles sempre se dividam uniformemente em quatro grupos, pois esse é o número de bancadas do laboratório de Física do IFTO.

A seguir, descreve-se o que ocorreu durante o desenvolvimento dos três assuntos abordados na pesquisa durante as aulas. No entanto, é necessário esclarecer que, devido o grande número de alunos envolvidos com a pesquisa e pela semelhança de suas respostas para a mesma questão, as respostas discutidas a seguir são amostras. É importante considerar ainda que se procurou associar as falas dos alunos durante a realização das atividades, anotadas no diário de campo, com as respostas dadas nos guias POE pelos grupos dos quais eles faziam parte.

Assunto 1 – Experiência de Oersted

Os objetivos específicos das aulas foram 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). A Figura 5 apresenta as respostas dos grupos G2 (formado pelos alunos A4 e A5) e G3 (formado pelos alunos A6 e A7) em relação à Questão *a* da simulação.

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). Resposta grupo G2

Previsão:

A bússola vai se movimentar. A explicação para tal causa, é devido a corrente produzir um campo magnético, que provoca a movimentação da bússola.

Explicação após observações feitas no software:

A diferença encontrada da previsão para observação do software, foi que: quanto maior a distância entre a corrente e a bússola, menor será a força do campo magnético sobre a bússola.

Resposta grupo G3

Previsão:

A agulha da bússola vai variar de acordo com o campo produzido pela corrente que estará circulando no fio.

Explicação após observações feitas no software:

Foi como previsto, o campo produzido faz a agulha da bússola movimentar, de acordo com a posição do bússola. Ao circular o fio a bússola gira duas vezes até voltar a posição inicial, descobriu-se devido o campo magnético do Terra.

Figura 5 – Resposta dos grupos G2 e G3, respectivamente, atribuídas à Questão a referente à simulação. Fonte: Os autores, 2016.

Ao analisar as respostas dos alunos referentes aos grupos G2 e G3, percebe-se que a ideia da geração de campo magnético por corrente elétrica está em evidência, ou seja, eles verificaram que o movimento da bússola, tendo sua agulha formada por ímãs, é causado pela influência do campo magnético gerado pela corrente elétrica do condutor. Essa constatação está de acordo com as afirmações de Nussenzveig (1997, p. 139):

Em 1819, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted, procurando ver se uma corrente elétrica atuaria sobre um ímã, colocou uma bússola (agulha imantada) perpendicular a um fio retilíneo por onde passava corrente, e não observou nenhum efeito. Entretanto, descobriu que, quando ela era colocada paralelamente ao fio, a bússola sofria uma deflexão, acabando por orientar-se perpendicularmente a ele. Por conseguinte, uma corrente produz um campo magnético.

Outro aspecto importante em relação à resposta do grupo G2 é que foi percebido que os alunos conseguiram enunciar novas informações após as observações realizadas no *software* e compará-las com suas previsões, o que mostra, assim, a utilidade do método POE. Depois de estudos teóricos, eles conseguiram responder à questão adequadamente. No entanto, ao realizar a atividade computacional, conseguiram perceber que, além da bússola estar sob a ação de um campo magnético, essa intensidade é proporcional à distância entre ela e o fio condutor.

Assunto 2 – Campo magnético no interior de um solenoide

Os objetivos específicos das aulas foram 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. A Figura 6 apresenta as respostas dos grupos G13 (formado pelos alunos A5, A22, A23) e G19 (formado pelos alunos A18, A19, A27 e A28) em relação à *Questão c*.

Resposta grupo G13

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 abaixo? 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 que elétrons não são bolinhas e também não se movimentam tão rapidamente como mostra a simulação). Resposta grupo G13

Diagrama do solenoide com corrente entrando pela esquerda e saindo pela direita. Linhas de campo magnético desenhadas apontando para a esquerda.

Previsão:
As linhas estão na direção horizontal e mesma direção da eixo positivo da solenoide e o sentido é para a esquerda.

Explicação após observações feitas no *software*:
Após analisar o experimento no PhET percebeu-se que as linhas estão na direção horizontal e mesma direção do eixo positivo da solenoide e o sentido é para a esquerda.

Resposta grupo G19

Diagrama do solenoide com corrente entrando pela esquerda e saindo pela direita. Linhas de campo magnético desenhadas apontando para a direita.

Previsão:
Campo magnético sentido norte entrando por sul.

Explicação após observações feitas no *software*:
Campo magnético sentido norte entrando por sul.

Figura 6 – Resposta dos grupos G13 e G19, respectivamente, atribuídas à *Questão c*, referente à simulação envolvendo solenoide.

Fonte: Os autores, 2016.

Ao se analisarem as escritas e os desenhos dos alunos do grupo G13 e G19, percebe-se que estão de acordo com as afirmações de Nussenzweig (1997, p. 155), quando ele afirma que “o campo magnético fica confinado dentro do solenoide, onde é uniforme e tem direção axial, e sentido positivo em relação às espiras orientadas”, conforme a Figura 7.

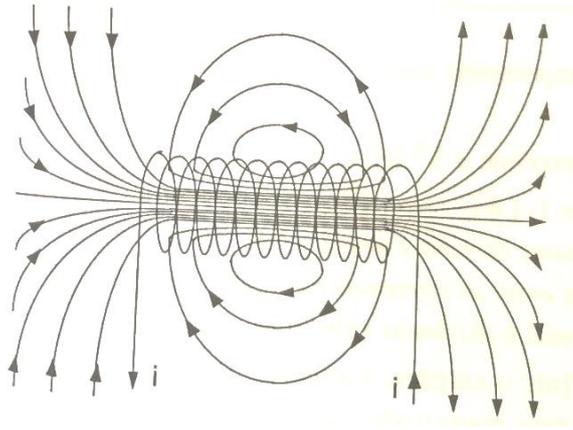


Figura 7 – Solenoide.

Fonte: NUSSENZVEIG, 1997, p. 155.

Quando o autor escreve “direção axial”, corresponde ao “eixo geométrico” citado pelos alunos do grupo G13 e à “direção horizontal passando por dentro do solenoide”, representada com os polos N e S, mostrados pelos alunos do grupo G19. Quando Nussenzeig diz “sentido positivo” em relação à sua figura, ele se refere ao sentido da esquerda para a direita, assim como no plano cartesiano. É importante considerar que a corrente está entrando do lado direito e saindo no esquerdo contrário ao da figura da questão. Essa afirmação condiz com as afirmações dos alunos dos grupos G13 e G19 para a figura considerada na questão, sentido “para a esquerda” e “sentido norte entrando pelo sul”.

Assunto 3 – Indução Eletromagnética

Os objetivos específicos das aulas foram mostrar que pode-se 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). A Figura 8 apresenta as respostas dos grupos G24 (formado pelos alunos A7, A8 e A9) em relação à *Questão a*.

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”, movimento 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:

Quanto maior o número de linhas de indução, menor será a força eletromotriz induzida.

Explicação após observações feitas no *software*:

Quanto menor o número de espiras menor a *fem*.
Quanto maior o número de espiras maior a *fem* diretamente proporcional.

Figura 8 – Resposta do grupo G24, respectivamente, atribuídas à *Questão a*, referente à simulação 1, envolvendo indução eletromagnética.

Fonte: Os autores, 2016.

Ao se analisar as respostas dos alunos do grupo G24, nota-se que elas estão de acordo com as afirmações de Young e Freedman (2013, p. 285), 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).

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, p. 3) 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.

Análise do questionário final

Neste tópico discutem-se 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. O questionário final está dividido em duas partes. Na primeira foram observados aspectos referentes à identificação dos alunos e a suas condições socioeconômicas no que se trata de tecnologia. Na segunda parte existem sete questões que foram respondidas pelos estudantes no último encontro depois do desenvolvimento de todas as atividades. No Gráfico 2 representa-se as respostas dos alunos referentes à primeira parte do questionário final.

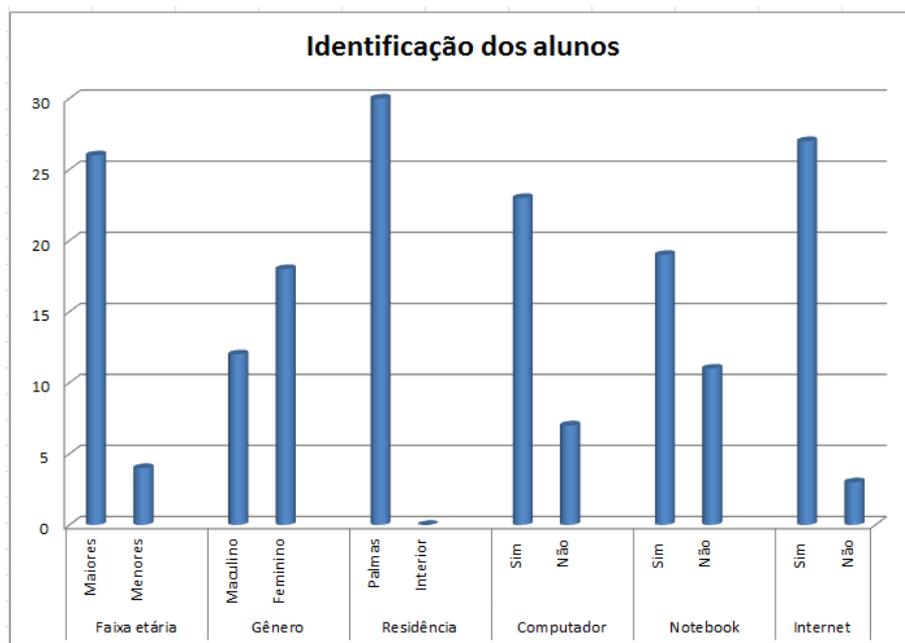


Gráfico 2 - Representação das respostas dos alunos referente à primeira parte do questionário final.

Fonte: Os autores, 2016.

De acordo com Gráfico 2 percebe-se que a maioria dos alunos é do gênero feminino, maiores de dezoito anos, residentes em Palmas. Um aspecto interessante que se pode notar nestes gráficos é que a maior parte dos alunos possui acesso à internet e têm computador ou notebook. Com tais ferramentas eles podem estender seus estudos que envolvem simulações computacionais para outros ambientes fora dos laboratórios e da sala de aula.

As primeiras cinco questões da segunda parte do questionário final tiveram como objetivo sondar a opinião dos estudantes em relação às atividades computacionais e experimentais; as duas últimas buscaram informações deles a respeito de sua preferência por experimentos virtuais ou reais. Elas foram feitas sem que o aluno se identificasse, pois, de acordo com Elliot (2005), responder a um questionário anonimamente produz no entrevistado uma sensação maior de liberdade e segurança, possibilitando, assim, maior probabilidade na autenticidade das respostas.

Pelo que se pode observar, a maioria dos alunos teve aceitação em relação ao uso de atividades computacionais e experimentais integradas para a compreensão de conceitos físicos. Na Figura 9, apresenta-se a primeira questão do questionário final e no Quadro 2 as respostas de alguns alunos.

01. Você gostou de trabalhar com atividades computacionais integradas com atividades experimentais: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Por quê?
--

Figura 9 - Primeira questão do questionário final.
Fonte: Os autores, 2016.

Os 30 estudantes envolvidos com a pesquisa responderam de modo positivo a esta questão. Muitos deles mencionaram, ainda durante as aulas, que “*pu*deram 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*”; “*pu*deram interagir melhor com seus colegas”; “*aprenderam praticando; deixaram um pouco as listas de exercícios cansativas para aprender de modo mais divertido*”.

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

Quadro 1 – Respostas dos alunos para a Questão 1 do questionário final
Fonte: Os autores, 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:

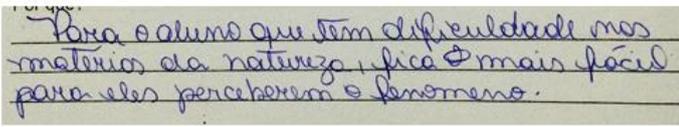
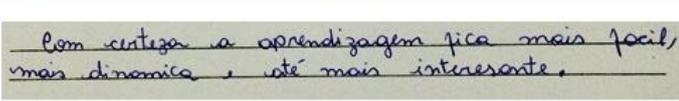
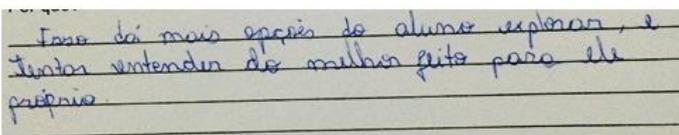
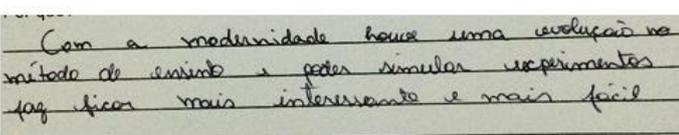
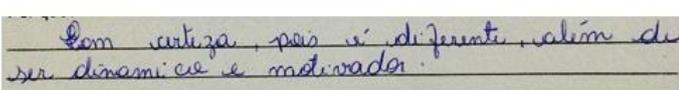
Será essencial para a escola estimular a aquisição, a organização, a geração e a difusão do conhecimento vivo, integrado nos valores e expectativas da sociedade. Isso será impossível de se atingir sem a ampla utilização de tecnologia na educação. Informática e comunicações dominarão a tecnologia educativa 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 se tornou mais prazerosa e dinâmica. Na Figura 10, mostra-se a segunda questão do questionário final e no Quadro 3 as respostas dos alunos.

02. Você considera as atividades computacionais integradas com as atividades experimentais importantes para a aprendizagem de Física: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Por quê?
--

Figura 10 – Segunda questão do questionário final.
Fonte: Os autores, 2016.

Para esta questão, sem apresentar justificativa, apenas um aluno respondeu de forma negativa. Todos os outros consideraram 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.

Aluno	Resposta
A15	
A19	
A26	
A27	
A30	

Quadro 2 – Respostas dos alunos para a Questão 2 do questionário final.
Fonte: Os autores, 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, se torna 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.

No decorrer das atividades computacionais e experimentais integradas, os estudantes tiveram a chance de ampliar suas habilidades e desenvolver suas competências, como trabalhar em grupo, ter responsabilidade individualmente e poder de discussão para resolver novos problemas. Acreditamos que os alunos perceberam que esse desenvolvimento é importante para qualquer outro assunto de Física ou para outra disciplina.

De acordo com Thomaz (2000), as atividades realizadas pelo docente em sala de aula estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento de capacidades particulares dos estudantes, como criatividade, poder de decisão e motivação. Desse modo, é função básica do professor organizar as atividades em grupo, acompanhar seu desenvolvimento e observar a participação dos alunos na execução das atividades.

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão desta pesquisa, espera-se que as atividades experimentais integradas às atividades computacionais sejam empregadas por outros professores do IFTO e de outras instituições, como uma metodologia que favoreça a motivação dos alunos e que instigue seu

interesse pelos estudos em Física. Essas atividades representam uma alternativa para que os estudantes se tornem mais engajados nas aulas, mais motivados e com mais vontade de compreender o mundo físico que os cerca.

Percebeu-se que os objetivos da intervenção pedagógica foram alcançados, pois os alunos mostraram mais interesse pelas aulas, além de se mostrarem mais curiosos. Foi notado que integrar experimentos de Física com softwares simuladores na mesma aula foi algo novo para os alunos. Alguns mostraram dificuldades técnicas com o manuseio de certos equipamentos, mas com a devida interação conseguiu-se sanar os problemas. É importante frisar que as atividades realizadas levaram os alunos a superar as dificuldades evidenciadas no questionário inicial.

No fim do processo de intervenção 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 engajamento dos alunos na realização de seus estudos.

Futuramente, seria conveniente a utilização de atividades computacionais também em outras disciplinas, como Matemática e Química, por exemplo, possibilitando, assim, que os alunos de qualquer nível de ensino se tornem mais participativos durante as aulas.

Acredita-se que este 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.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades.** In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 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, 2008.

CARVALHO, M. T. dos S.; GONZAGA, A. M; NORONHA, E. L. **Divulgação científica: dimensões e tendências, tendências no ensino de ciências e matemática.** *Revista Amazônica de Ensino de Ciências. Manaus.* v. 4. n. 7. p.99-114. ago-dez. 2011.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Educação Matemática da teoria à prática.** 9. Ed. São Paulo: Papirus, 2002.

FÁVERO, M. H. & Souza, CMSG (2001). **A resolução de problemas em Física:** revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 6, no. 1, jan./abr., pp. 143-196.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. **Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de física por parte de professores do ensino médio.** 2011, 135f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MATHEUS, T. A. M. et al. **A resolução de situações problemáticas experimentais em Física Geral à luz da Teoria dos Campos Conceituais**. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Porto Alegre: 2005. Anais.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física**. Revista Brasileira de Ensino da Física, 24, n. 2, p. 77-86. Junho, 2002. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_77.pdf >. Acessado em: 25/03/2015.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. **Introdução à Mecânica Quântica**: seria o caso de evitar a aprendizagem significativa (subordinada)? Trabalho apresentado no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Peniche, Portugal, 11 a 15 de setembro de 2000.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica: Eletromagnetismo. 1. ed. São Paulo, Blucher, 1997.

OLIVEIRA, P.R.S. **A Construção Social do Conhecimento no Ensino-Aprendizagem de Química**. In Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, SP, 2003.

PAZ, A. M. da. **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.

SANTOS, W. L. P. dos. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. In: *Rev. Bras. Educ. vol.12 n. 36. Rio de Janeiro Sept./Dec. 2007.*

SILVA, J. H. G. da. **A Álgebra de Clifford: uma Aplicação no conceito de força magnética**. 2010, 186f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2010.

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

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.17, n.3: p.360-369, 2000.

TRIVIÑOS, A. N. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo: Atlas, 2009.

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

WALKER, Jearl. HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

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