

Uso de demonstrações investigativas em sala de aula de física para promover o engajamento dos estudantes

Use of investigative statements in physics classroom promote the engagement of students

Tiago Dias Quintão de Almeida

Faculdade de Educação da UFMG
tiagofisico@yahoo.com.br

Juarez Melgaço Valadares

Faculdade de Educação da UFMG
juarezm@ufmg.br

Orlando Aguiar Junior

Faculdade de Educação da UFMG
orlando@fae.ufmg.br

Resumo

Este artigo analisa as ações e atitudes do professor de física, em uma turma do 3º ano do ensino médio, em uma escola pública, ao fazer uma demonstração investigativa sobre o efeito joule. O objetivo de tal análise é o de relacionar essas ações ao envolvimento e participação dos alunos. A utilização de experimentos cativantes contribui para o engajamento dos alunos segundo Laburu (2006), mas cabe ao professor articular os dados empíricos aos conceitos, modelos e relações matemáticas desejáveis, dialogando com os estudantes ao longo da realização do experimento direcionando o olhar dos estudantes para os dados que se desejam observar e relaciona as evidências observáveis ao modelo científico. Apontamos também que as escolhas adequadas de experimentos cativantes associada às interações dialógicas promovidas pelo professor criam uma ambiente onde ocorre o engajamento disciplinar produtivo dos alunos (ENGLE; CONANT, 2002) e as evidências desse quando o professor desenvolve uma demonstração investigativa.

Palavras chave: demonstração investigativa em física, engajamento disciplinar produtivo, interações dialógicas, experimentos cativantes

Abstract

This article analyzes the actions and attitudes of a Physics teacher in a third year class of a public high school, when he performs an investigative demonstration of Joule effect. The aims of such analysis is to relate these actions to the involvement and participation of students. The use of captivating experiments contributes to the engagement of pupils according Laburu (2006), but the teacher must articulate the empirical data to concepts, models and desirable mathematical relationships, talking with students throughout the

experiment. In doing so he directs the attention of the students to the data to be observed and relate the observable evidence to the scientific model in question. We also point out that appropriate choices of captivating experiments associated with the dialogue interactions promoted by the teacher create an environment in which occurs the productive disciplinary engagement of the students (ENGLE; CONANT, 2002) and its evidence when the teacher develops investigative demonstration.

Key words: investigative demonstration in physics, productive disciplinary engagement, dialogue interactions, captivating experiments

Introdução

Laburu (2006) chama a nossa atenção sobre o desinteresse dos alunos de ensino médio em realizar as atividades propostas pelos professores. Segundo o autor, muitas vezes os alunos chegam a demonstrar rejeição ou desprezo pelo conhecimento escolar. Apesar de sabermos que o uso de experimentos contribui muito para facilitar o aprendizado, esses recursos são pouco utilizados pelos professores. Para Pena e Ribeiro (2009), a não utilização de atividades experimentais estaria ligada à desmotivação docente e às condições precárias de trabalho, fatores que levariam à acomodação a um ensino estritamente teórico-expositivo, resultante do percurso formativo dos professores, como também a perda de tempo na montagem e coleta de dados restando pouco tempo para a análise, discussões dos resultados e objetivos da atividade, com os alunos. A utilização de experimentos em sala de aula é há muito tempo pesquisada como recurso pedagógico que melhora a qualidade e as condições de ensino de física. Laburu (2006) menciona que o uso de atividades experimentais cativantes tem sido apontado como uma estratégia didática de grande relevância no ensino dos conteúdos da Física, tornando-o mais significativo e consistente. Pensando em alternativas que podem auxiliar o professor em sua prática, analisamos o uso de atividades experimentais em sala de aula de física como uma estratégia de ensino para aumentar o envolvimento e a participação dos estudantes nas aulas, e como um recurso mediacional, ampliando as interações em contextos de sala de aula. Ao final, teceremos algumas conclusões que poderão contribuir para melhor compreensão das atividades experimentais em sala de aula, com a criação de um ambiente que resulta em engajamento produtivo dos alunos (ENGLE; CONANT, 2002).

Contextualização

A pesquisa aconteceu em uma escola pública em que em grupo de professores engajados na produção de sequências de ensino inovadoras, com a colaboração de bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). O projeto PIBID favorece a união entre professores com experiência em sala de aula, e alunos da licenciatura em física, na construção de um material didático que tem como objetivo facilitar e dinamizar as aulas de física. O projeto de pesquisa colaborativa com professores na elaboração de sequências de ensino pretende uma proximidade entre o mundo da escola pública, com sua realidade, e o da universidade, com a pesquisa acadêmica. O grupo conta com a presença do professor de prática de ensino de física, coordenando e discutindo com os professores regentes e os licenciandos, cada parte da sequência. Dentre as sequências de ensino produzidas, acompanhamos a aplicação daquela intitulada “Potência elétrica”, e analisamos como a abordagem experimental construída como parte dessa sequência auxilia no processo de construção, pelos alunos, de sentidos e significados para os conceitos e modelos científicos. Essa sequência apresenta um caráter tecnológico, abordando o uso de equipamentos elétricos comuns em todas as casas, como chuveiro elétrico e ferro elétrico.

Objetivos

Procuramos, nesse trabalho, analisar como o experimento auxilia o professor em dois caminhos: (i) a despertar o interesse dos alunos pelo tema estudado e as opções e atitudes que professor toma para manter a atenção dos alunos durante as discussões sobre os conceitos estudados. (ii) como o experimento pode ser um instrumento mediador entre o conhecimento e expectativa do aluno e o modelo teórico conceitual referente à potência elétrica.

Referencial Teórico

As atividades experimentais em sala de aula de física podem ser desenvolvidas como demonstrações investigativas (CARVALHO, 2013). Segundo a autora, o professor inicia com a apresentação dos materiais a serem trabalhados, a formulação de um problema e o levantamento de conhecimentos do cotidiano dos alunos. Em seguida, o professor realiza os procedimentos e questiona os resultados, tendo em vista as diversas concepções em jogo. Para Carvalho (2013), nessa proposta de trabalho o docente tem um papel fundamental na condução das etapas do experimento, intercalando com perguntas que convidem os alunos a participarem com sugestões, previsões e hipóteses, dando tempo para que suas ideias e pontos de vista sejam discutidos. A contribuição do uso de investigações demonstrativas no ensino de física está tanto na possibilidade de criar conflitos cognitivos em sala, a partir do enfrentamento de problemas, quanto na valorização das interações mantidas e no monitoramento da aprendizagem de atitudes, e não apenas de conteúdos. O uso de atividades experimentais tem auxiliado os professores em sua prática educativa a direcionar e também sustentar, o olhar dos estudantes para os conteúdos desenvolvidos na escola, despertando o interesse pela busca de resposta e a conquista de novos conhecimentos.

Sobre o uso de experimentos cativantes, e o desenvolvimento de formas de tirar o aluno do patamar de inércia, podemos ler:

A idéia que se está a imaginar é a de procurar ativar a curiosidade dos alunos, em momentos do processo de ensino, utilizando experimentos com formato cativante, que atraiam e prendam a atenção. Na medida em que se passa a planejar experimentos com essa orientação, ultrapassando a preocupação de adequá-los apenas ao conteúdo ou ao conceito de interesse, pode-se ajudar a abalar atitudes de inércia, de desatenção, de apatia, de pouco esforço, servindo esses experimentos, inclusive, de elo incentivador para que os estudantes se dediquem de uma forma mais efetiva às tarefas subsequentes mais árduas e menos prazerosas. (LABURU, 2006, p.384)

Para o autor, dificilmente um estudante se mantém interessado se não houver uma relação com o mundo ao seu redor. O professor, ao utilizar as atividades experimentais para despertar a curiosidade e atenção dos alunos, deve ter a intenção de relacionar os dados observáveis com os conceitos, os modelos científicos e ou as relações matemáticas que estão intimamente ligados aos dados empíricos. Assim o professor deverá fazer perguntas como: “por que observamos isso?” ou “Explique como isso aconteceu?” ou ainda, “se aumentar essa grandeza o que vai acontecer com a outra?”. Desse modo acreditamos que uma atividade experimental cativante deve atrair os olhares e despertar o interesse dos estudantes para os conteúdos científicos ali envolvidos, no intuito de integrar evento e conteúdo (LABURU, 2006).

O uso de atividades experimentais é um instrumento que deve ser utilizado pelo professor para demonstrar, indicar, destacar, direcionar os olhares dos alunos e explicar os observados de forma a auxiliar no processo de ensino na compreensão dos conceitos e modelos teóricos científicos. (GASPAR E MONTEIRO, 2005)

Durante as demonstrações investigativas, também devem ser esperados a emergência de

indicadores de engajamento disciplinar produtivo, EDP, proposto por Engle e Conant (2002) que são: (a) os estudantes formulam perguntas e respostas pertinentes aos temas discutidos, (b) os estudantes complementam as respostas dos colegas com novas ideias, (c) os estudantes se mantêm atentos às discussões, (d) os estudantes discutem e escutam as contribuições dos colegas e do professor acompanhando-os com os olhos e intervindo com suas ideias, (e) os estudantes se envolvem facilmente com o tema, sendo algo do interesse dos mesmos e que desperta sua curiosidade, (f) os alunos conseguem manter a atenção e discussão por um longo período de tempo. Sobretudo, o termo engajamento está relacionado ao envolvimento dos estudantes com as atividades propostas, sua participação com perguntas e respostas aos conceitos estudados, sua atenção ao discurso do professor e de seus colegas dando as contribuições com novas ideias. No que se diz engajamento disciplinar, Engle e Conant (2002) se prendem à observação de que a participação dos alunos nas discussões tem alguma relação com os conhecimentos, sejam teóricos ou práticos, de um determinado conteúdo ou tema envolvido. Por sua vez, o termo produtivo está relacionado a evolução do discurso dos estudantes, no que se diz respeito ao discurso científico, isto é, se alguns conceitos relacionados à disciplina vão se tornando presentes nas falas dos estudantes ao longo das discussões. Para se construir um ambiente propício para que ocorra o EDP é importante instaurar uma problematização inicial, isto é, criar uma situação/problema a ser analisada e respondida pelos alunos, e ir estimulando o diálogo em sala, promovendo as interações entre os estudantes e destes com o professor, de forma a evocar situações que permitam introduzir e significar conceitos científicos. Para isso, é importante estimular o compartilhamento e confronto compartilhamento de ideias entre os estudantes, solicitando argumentos e debate. Além disso, nesse ambiente os estudantes devem ter acesso a alguns recursos no enfrentamento dos problemas, além de um tempo maior para analisar os problemas e as informações relevantes, sobre que está sendo estudado, como também alguns equipamentos para fazer as atividades experimentais propostas.

Neste trabalho analisaremos as ações/atitudes do professor que contribuem para que os estudantes se mantenham engajados nas discussões produzidas a partir de demonstrações investigativas relacionadas aos conceitos de potência elétrica, em uma aula que relaciona a resistência elétrica ao aquecimento de um fio.

Metodologia

A pesquisa consistiu em acompanhar a aplicação da sequência de ensino sobre Potência Elétrica, produzida pela equipe de Física do Projeto PIBID - UFMG e aplicada pelo professor supervisor do Projeto em uma escola pública da cidade. O pesquisador foi inserido no ambiente da sala de aula, filmando as aulas com duas filmadoras uma no fundo da sala (fixa e direcionada ao professor) e a outra na frente (móvel e direcionada aos alunos). Quando das atividades em grupo, as filmadoras eram direcionadas para dois grupos de alunos. Em seguida, utilizando o programa Transana, fizemos as transcrições das interações entre alunos e professor nos episódios envolvendo atividades experimentais. Foi usado, também, um caderno de bordo para anotar as intervenções do professor. O comportamento dos alunos e o registro das interações entre os próprios alunos (nem sempre audíveis nas gravações) e as impressões sobre a condução das aulas. As atividades respondidas pelos alunos foram recolhidas, para análise das respostas. Após as transcrições, analisamos os dados das filmagens à luz do referencial teórico sugerido. Todos os participantes assinaram o termo de livre consentimento, garantido o anonimato dos mesmos. O professor leu e comentou os dados e análises, corroborando as interpretações feitas.

Dados e discussões

A sequência discursiva a seguir se refere a uma das atividades da sequência de Potência Elétrica sobre o chamado Efeito Joule. Nela, vemos o professor compartilhando ações com os alunos a partir de uma montagem experimental, e convidando-os a descrever os observáveis.

Turno	Transcrições
1	Professor: Aula de hoje nós vamos entender como funciona o chuveiro. O que essa molinha aqui? (Mostra um chuveiro aberto)
2	Aluno J: A resistência.
3	Professor: Mas porque ela é enroladinha?
4	Aluno J: Por causa do espaço.
5	Professor. É a resistência, vocês se lembram? A resistência é $R=\rho L/A$. (fala e escreve no quadro). Mas antes de chegar no chuveiro. Não sei se vocês já viram. (Mostra um circuito contendo fio de níquel-cromo). Aqui tem um fio muito fino chamado de níquel- cromo. Aqui tem um fino, aqui um pouco mais grosso e aqui tem o mesmo fio, porém em um caminho muito maior. Como ele não cabe até aqui. (mostra com o dedo se o fio fosse esticado o tamanho que chegaria) teve que fazer esse caminho para simular o L grande (Mostra com o dedo as curvas feitas com o fio e mostra a equação no quadro $R=\rho L/A$). O que eu vou fazer? Vou pegar a minha fonte de energia de 12 V (mostra a fonte para a turma). Tem um aparelhinho que abaixa a tensão de 110 para 12 v. Então é o seguinte. O que eu vou fazer? Vou ligar na fonte de energia, vou colocar o fio em contato com a extremidade do prego e a outra na outra extremidade. (mostra o circuito e onde esta sendo feita a ligação) De maneira que a energia possa percorre todo o fio. Ok? Ai eu ligo assim e você observam. Aconteceu alguma coisa?
6	Professor: então vamos ligar o primeiro contato aqui. tá sentindo o cheirinho?
7	Aluno M: dá pra ver a fumacinha subir.
8	Aluna A: Eu não tô vendo nada.
9	Aluna E: Eu estava vendo alguma fumacinha subir. (Após a aluna E falar o aluno M levanta para olhar.)
10	Aluna D: eu não to vendo nada. (A aluna F levanta para poder ler o que esta acontecendo. Foi a primeira fez que ela fez isso.)
11	Professor: aparentemente. (Alunos ficam atentos, todos os alunos estão olhando para o circuito, esperando que algo aconteça)
12	Aluna D: nada:
13	Professor: eu que tô pertinho tô sentindo um cheiro de queimado. (Alunos se aproximam para tentar sentir também. (Professor aproxima de uma aluna B para poder sentir também.)

Quadro 1: Apresentação as intenções e convite a participação

1. Intencionalidade Educativa

O Professor iniciou a aula apresentando os materiais que seriam utilizados na demonstração investigativa, e explicou como funcionaria o circuito que será utilizado (circuito constituído de um fio níquel-cromo, resistência variável). Ele mencionou também que após compreender o circuito, algumas relações seriam estabelecidas entre fio de níquel-cromo e o funcionamento do chuveiro elétrico. Diferentemente de apresentar uma lista de objetivos específicos, aqui o professor mostra que possui um planejamento, e que este tem uma intencionalidade educativa explícita, que é passada aos alunos nesse momento.

2. Convite docente

Após apresentar as suas intenções - analisar as relações entre a resistência e o aquecimento do fio também - direciona o olhar dos estudantes para o que se deseja observar: as mudanças da cor do fio em função da variação do comprimento. Assim, o professor está convidando os alunos a participarem das atividades e a fazerem parte da mesma. Essas atitudes são importantes, pois explica a função do experimento e a importância da participação dos

estudantes. Podemos dizer que é partir do diálogo com os estudantes que o experimento acontece. Ao iniciar o experimento, ele liga o circuito em pontos extremos da resistência. O professor convida os alunos a participarem ao perguntar se estão sentindo um cheirinho ou se o fio está ficando vermelho, como também direciona para o que deve ser analisado. A próxima sequência discursiva mostra como o professor utiliza dos dados observáveis, para manter os alunos discutindo sobre os experimentos.

Turno	Transcrições
14	Aluno J cuidado aí! Vai dar uma explosão.
15	Aluna D e E: Não tô sentindo nada.
16	Aluno M: Poe o dedo para ver se isso da choque! (outras alunos se aproximam para tentar sentir algo. Alunos que não participavam com perguntas levanta para visualizar.)
17	Professor: O L é grande. Se o L é grande a resistência também é grande. Então a corrente é pequena. Vamos encurtar! Vamos colocar, por exemplo, aqui! (Mostra para a equação desenhada no quadro. Muda a posição onde a voltagem é conectado.)
18	Aluno M: Coloca no terceiro pino superior.
19	Aluna A: tem que ser o L curto.
20	Professor: não mudou quase nada, aparentemente. Vamos colocar ele aqui. (Muda a posição para diminuir o comprimento do fio.)
21	Aluno M: Olha lá o. (Uma aluna levanta e fica próxima a atividade.)
22	Aluno J: Olha o fio tá ficando vermelhinho. (Gira a posição, para que todos possam ver.)
23	Professor: tá vermelhinho?
24	Aluna E: Olha tá ficando vermelho.
25	Alunos: ta. (Vários respondem ao mesmo tempo)
26	Aluno M: tá vermelhinho!
27	Professor: tá vermelhinho?
28	Alunos: Ham Ham .(confirmam)
29	Aluna E: Vocês estão vendo?
30	Aluno M: A tábua não queima não? Professor? (Uma aluna Levanta e fica próxima a atividade)
31	Professor: Não. Apaga a luz que da pra ver melhor. (Alunos apagam a luz) Agora vou ligar aqui (mostrando que vai diminuir ainda mais o comprimento), Olhem que parece que o fio muda de cor né? (Aponta para o fio que os alunos têm que observar)

Quadro 2: Manutenção da discussão

3. Sustentação da discussão

Na sequência discursiva acima deparamos com o diálogo entre os alunos e destes com o professor, e como este intervém de forma a manter a atenção dos estudantes para o dado empírico que se deseja observar. O professor espera as respostas dos alunos que discutem entre eles sobre a existência ou não de uma fumacinha e um cheiro de queimado. Ele muda de posição girando o experimento e aproximando de outras alunas para perceber se sentiram o cheirinho de queimado. Alguns alunos levantam e mudam de posição para poder sentir o cheiro de queimado ou ver o fio ficando vermelho. Dois alunos fazem pequenas brincadeiras sobre o experimento, mas o professor não considera as colocações dos alunos e conclui apresentando uma explicação sobre o fenômeno, ao afirmar que sendo maior o comprimento do fio, maior será a resistência elétrica e, assim, menor a intensidade da corrente elétrica. Continuando o experimento, ele diminui o comprimento do fio para analisar as mudanças nos

dados observados. Isso ocorre de forma progressiva para que os alunos percebam as mudanças na coloração do fio e dialoguem entre eles sobre o que esta acontecendo. Vários alunos conversam com os colegas sobre a coloração do fio que esta sendo alterada. Ele muda de posição e aproxima de outros alunos para que vários alunos possam ver também.

4. Novos conceitos: estabelecendo novas relações

Na transcrição, vemos a mudança do conteúdo do discurso do professor para discutir os conceitos envolvidos a partir da situação experimental e seus observáveis. O professor introduz o conceito de energia para discutir a relação entre potência e corrente elétrica e explica que a maior incandescência do fio significa que esta sendo dissipada mais potência. Ele encerra essa discussão e apresenta um novo problema que é relacionar os conceitos discutidos com o funcionamento do chuveiro, algo presente no cotidiano dos alunos. Essa atitude traz um novo envolvimento da turma para discutir e debater o aprendido em um novo contexto. Ele utiliza o envolvimento dos alunos sobre a incandescência do fio e passa a examinar tais situações a partir do modelo teórico, incluindo as relações matemáticas entre resistência, corrente elétrica e potência.

50	Alunos: Nossa! Nossa cara! Muito legal. Continua professor!
51	Professor: É lógico que eu não posso deixar muito tempo se não queima. À medida que eu vou diminuindo o L? A resistência vai o que?
52	Alunos: Diminuir! (Vários alunos falam juntos)
53	Professor: Diminui o L diminui o R. Se tá ficando mais incandescente é porque tá passando mais corrente elétrica ou menos corrente elétrica?
54	Alunos: Mais corrente. (Vários alunos falam juntos)
55	Professor: Então passa mais energia elétrica.
56	Aluna A: Qual a relação?
57	Professor: A relação é essa aqui! $I=V/R$. Diminui o L, diminui o R, se diminui o R aumenta o I. (Escreve no quadro e fala ao mesmo tempo. Aluno M fala junto com ele)
58	Aluno M: São diferentes proporcionais
59	Professor: Se aumenta o I a potência aumenta ou diminui?
60	Vários alunos falam juntos: aumenta!
61	Professor: A potência aumenta (escreve a equação $p=V.I$ No Quadro.) Aumenta o I aumenta a potência. tá sendo dissipado mais potência. Ainda eu não explique o que é efeito joule, mas isso aqui tá relacionado com esse fenômeno físico, no qual recebeu o nome de efeito Joule. Nesse primeiro experimento nós fizemos o que? A variação do comprimento da resistência e verificamos quais fenômenos físicos observados. A análise foi através da incandescência do fio. O principio de funcionamento disso aqui? (o professor pega uma resistência elétrica de chuveiro.)

Quadro 3: Introdução de conceitos

Conclusões

Neste trabalho analisamos as atitudes do professor para manter os alunos envolvidos com uma demonstração investigativa. Para Laburu (2006), o professor pode se valer de experimentos cativantes para direcionar o olhar dos estudantes para o que se deseja observar, e aproveitar desse envolvimento para discutir e apresentar os modelos e conceitos a eles relacionados. A atividade pode ser considerada cativante por aspectos aparentes e surpreendentes, tais como a incandescência e cor do fio, a expectativa dos alunos em relação a um possível choque ou algo pegar fogo. As ações do professor consistem em conduzir esse interesse inicial para um engajamento em termos da construção de uma explicação causal para os fenômenos

observados. Nesse sentido, vemos um deslocamento dos conteúdos do discurso, inicialmente voltados para um compartilhamento de observáveis e então deslocados para os conceitos de voltagem, corrente elétrica, resistência e potência.

Para Gaspar e Monteiro (2005), o experimento apresenta uma linguagem própria e eficiente para indicar a dúvida do aluno ou para auxiliar a explicação do professor, uma espécie de linguagem simbólica ou gestual complementar à linguagem oral. Assim quando o professor utiliza as evidências experimentais como a vermelhidão do fio para explicar a potência dissipada e a relação inversa com a resistência elétrica, proporcionado pelo experimento e facilitador no processo de ensino.

Alguns indícios sugeridos por Engle e Conant (2002) evidenciam um engajamento disciplinar produtivo dos estudantes: (a) a maioria dos alunos participou das discussões e contribuiu durante os debates com questões relevantes sobre o tema; (b) os alunos ficaram, durante muito tempo, envolvidos com o experimento apresentado pelo professor e posto em discussão; (c) os alunos conversam entre eles sobre os dados observados e respondiam juntos às questões feitas pelo professor.

Acreditamos que as intenções educativas apropriadas pelo professor foram construídas na discussão e elaboração da sequência didática no grupo colaborativo do PIBID. A partir delas, por meio de perguntas e sugestões, o professor convida explicitamente os alunos a participarem da demonstração e mantendo as discussões sobre os conceitos relevantes. Ele apresentava novos conceitos no desenrolar da aula e estabelecia, com os estudantes, as relações entre os dados observáveis e o conceito de potência elétrica. Entendemos, tal intervenção contribuiu de forma significativa para que os alunos, motivados pelo experimento cativante, discutissem e entendessem as relações entre as grandezas relacionadas à potência elétrica.

Agradecimentos e apoios

Esta pesquisa não seria possível sem a intensa colaboração do grupo de licenciados do PIBID de física da UFMG e ao professor de Física que nos acolheu em suas aulas. Agradecemos, ainda, à Capes, Fapemig e CNPq pelo apoio.

Referências

- CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE (org). **Ensino de ciências por investigação: Condições para a implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p.13)
- ENGLE, R. A.; CONANT, F. R.. Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. **Cognition and Instruction**, v. 20, p. 399–484, 2002.
- GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C.; Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotsky. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 10, n. 2, agosto de 2005.
- Laburú, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. 2006.
- PENA, FÁBIO LUÍS ALVES; RIBEIRO, FILHO AURINO. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **RBPEC** Vol. 9 No 1: p.8, 2009