

Considerações sobre Propostas Experimentais de Baixo Custo em Mecânica Apresentadas em Revistas da Área de Ensino

(Considerations on Low-Cost Experimental Proposals in Mechanics Presented in Teaching Journals)

WALDEMIR DE PAULA SILVEIRA¹, AGENOR PINA DA SILVA² e LUCIANO FERNANDES SILVA³

¹ Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” (waldemir@fc.unesp.br)

² Universidade Federal de Itajubá (agenor@unifei.edu.br)

³ Universidade Federal de Itajubá e Programa de Pós-Graduação em Educação – Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” de Rio Claro (lufesilva@unifei.edu.br)

Resumo. O objetivo deste trabalho foi analisar as características educativas das propostas experimentais de baixo custo apresentadas em revistas brasileiras da área de Ensino qualificadas na base Qualis 2014 entre A1 e B1, quanto ao papel do professor e do aluno na atividade, ao nível de ensino privilegiado, ao tipo de roteiro utilizado e ao tipo de material apresentado, tendo como recorte o conteúdo específico de Mecânica. O período compreendido nesta investigação inicia-se com os artigos publicados desde a primeira edição dessas revistas até o ano de 2014. Um resultado relevante desta investigação é a constatação de que o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) tem publicado a maior parte dos artigos que tratam de experimentos de baixo custo em Mecânica. Além disso, a maior parte destes artigos está direcionada para a Educação Básica. Outro dado relevante está no fato de que a maioria das propostas experimentais de baixo custo está vinculada a trabalhos de verificação e demonstração.

Abstract. This study aimed to analyze the educative characteristics of low-cost experimental proposals published in academic Brazilian journals dedicated to Physics Teaching which were classified between A1 and B1 according to the CAPES/Qualis database. The analysis took into consideration both the teacher's and the student's roles in these activities, the educational level the activity was designed for, the sort of guide text employed and the sort of materials presented. Also, the analysis considered only contents in the field of Mechanics. The period comprised in this investigation encompasses the articles published since the first edition of those journals up to 2014. A relevant result from the investigation shows that the Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) has published the majority of papers discussing low-cost Mechanics experiments. Besides, most of these articles were designed for basic education, which comprises the elementary and high school. Another relevant data shows that most of the experimental proposals are related to verification and demonstration activities.

Palavras-chave: atividades experimentais de baixo custo, ensino de física, periódicos de ensino de Ciências

Keyword: low-cost experimental activities, physics teaching, science teaching journals

Atividades experimentais e ensino de Ciências

A realização de atividades experimentais tem sido vista como uma possibilidade concreta de tornar o ensino dos conteúdos das disciplinas das Ciências da Natureza mais atraentes para os alunos, sobretudo aqueles conteúdos trabalhados na Educação Básica (PINHO ALVES, 2000). Além disso, elas podem vir a propiciar o desenvolvimento de competências e habilidades práticas e técnicas de laboratório, bem como a significação dos conceitos em relação aos contextos sociais (BORGES, 2002).

Por esse e outros motivos, considera-se que as atividades experimentais podem se transformar em importantes aliadas do professor na elaboração e na execução de trabalhos educativos voltados para o ensino dos conteúdos científicos (AXT;

MOREIRA, 1991; ARAÚJO; ABIB, 2003; BORGES; GOMES, 2005; LABURU, 2006; SOARES; BORGES, 2010; ARRIGONE; MUTTI, 2011; RINALDI; GUERRA, 2011).

Segundo Borges (2002), as atividades experimentais podem, também, contribuir para que os alunos aprendam algo sobre os processos e os métodos das Ciências. O autor ainda aponta que, por meio das atividades experimentais, “(...) os estudantes deveriam conhecer alguns dos principais produtos da Ciência, ter experiência com eles, compreender os métodos utilizados pelos cientistas para a produção de novos conhecimentos e como a Ciência é uma das forças transformadoras do mundo” (p. 294).

Dentre essas considerações educativas relativas às atividades experimentais, destaca-se o fato de que é necessário não perder de vista aquilo que tem sido apontado como essencial em trabalhos dessa natureza, ou seja, não apresentar ao aluno uma visão distorcida da produção científica, sobretudo em assuntos relativos aos procedimentos metodológicos. Essa perspectiva está diretamente associada ao fato de que a atividade experimental tem um papel essencial na construção do conhecimento científico. Segundo Prigogine e Stengers (1997):

(...) o diálogo experimental é que constitui a prática chamada de ciência moderna. O diálogo experimental remete a duas dimensões constitutivas das relações homem-natureza: compreender e modificar. A experimentação não supõe a única observação fiel dos fatos tais como se apresentam, nem a única busca de conexões empíricas entre fenômenos, mas exige uma interação da teoria e da manipulação prática, que implica uma verdadeira estratégia. Um processo natural se estabelece como chave possível duma hipótese teórica; e é nessa qualidade que é então preparado, purificado, antes de ser interrogado na linguagem dessa teoria. E assim temos um empreendimento sistemático que volta a provocar a natureza, a obrigá-la a dizer sem ambiguidades se obedece ou não a uma teoria. (p. 3)

Diante dessas considerações, admite-se que o trabalho educativo com atividades experimentais não deveria ficar restrito simplesmente à manipulação de objetos e artefatos concretos. Nesse caso, admite-se que as atividades experimentais poderiam ser organizadas a partir de roteiros mais abertos, de modo que o estudante esteja comprometido com a construção de conhecimentos e não voltado unicamente para a obtenção e análise de dados. Desse modo, entende-se ser relevante a existência de instrumentos que possibilitem construir críticas à forma como são organizadas e realizadas as atividades experimentais. Um desses instrumentos está diretamente relacionado com a consideração sobre o grau de direcionamento da atividade experimental que está articulado com o papel (maior ou menor) que o professor e o aluno terão na realização do experimento.

Segundo Borges (2002), Araújo e Abib (2003) e Oliveira (2010), o grau de

direcionamento das atividades experimentais permite situá-las em três categorias distintas, a saber: demonstração, verificação e investigação.

As de demonstração/ilustração são atividades cuja ênfase recai na possibilidade de demonstrar ou ilustrar alguns aspectos do fenômeno físico em estudo, tornando-os de alguma forma perceptíveis. Nessa abordagem, as atividades experimentais estão centradas no professor, que é responsável pela sua execução, cabendo ao aluno, principalmente, a observação dos fenômenos ocorridos.

As atividades de verificação têm como objetivo a verificação ou comprovação de alguma lei ou teoria física. Elas proporcionam ao aluno “ver na prática” o que acontece na teoria, permitindo-lhe um envolvimento, embora limitado, a partir do uso de procedimentos experimentais, oral ou escrito, fornecidos pelo professor. Nessa perspectiva, os resultados são facilmente previsíveis e as explicações para os fenômenos geralmente são conhecidas pelos alunos.

As atividades de investigação, por sua vez, de caráter mais aberto, permitem ao aluno uma participação mais efetiva em todas as etapas do processo que envolve desde a interpretação do problema até a apresentação de possível solução para ele. Nesse processo, o aluno é desafiado a refletir e a tomar decisões para alcançar o objetivo pretendido. Ele não dispõe de procedimentos pré-estabelecidos para chegar a uma solução mais ou menos imediata; ao contrário, cabe ao estudante estabelecer a sequência de passos que irá seguir através de um processo de reflexão e de tomada de decisões.

A partir destas considerações, Zanon e Freitas (2007) indicam que as atividades experimentais que se destinam a ilustrar ou a comprovar teorias são mais limitadas e podem não favorecer a construção de conhecimento pelo aluno. Ainda segundo as autoras, grande parte do tempo:

(...) dedicado às aulas laboratoriais é utilizada para manipulação de aparatos e realização de medições, aspectos que contribuem muito pouco para o inter-relacionamento da teoria com a experiência. Essa orientação, na qual o comportamento mecânico do aluno é requerido nas primeiras etapas do processo e o envolvimento cognitivo só advém na parte final da atividade, retrata a ênfase dada pelos professores aos objetivos relacionados apenas à aquisição de conhecimento mecânico em detrimento de objetivos que levem à compreensão da natureza da Ciência ou ao desenvolvimento de atitudes. (p. 94)

Diante destas críticas, é possível apontar que as atividades experimentais com grau de direcionamento de caráter mais aberto (investigativa) podem contribuir de forma mais significativa para a construção de conhecimentos que estejam diretamente

relacionados com a natureza da produção do conhecimento científico.

É importante indicar que as atividades experimentais, seja as de caráter mais aberto ou não, ainda estão relativamente distantes da maioria das escolas de Educação Básica (CARLOS *et al.*, 2009).

Para Borges (2002), vários professores entendem que a introdução de atividades experimentais é relevante no processo de ensino e aprendizagem. Entretanto, essas atividades, muitas vezes, não são realizadas, mesmo com a presença de laboratório e equipamentos nas escolas. O autor aponta que a falta de tempo e espaço específico para planejar e realizar as atividades e a ausência de recursos para a compra e manutenção dos equipamentos estão entre os principais motivos apresentados pelos professores para não realizarem atividades experimentais. Também cabe destacar carências no processo de formação de muitos professores, que não se sentem adequadamente preparados para se envolverem com esse tipo de atividade.

Diante desse contexto, uma vasta literatura na área de Ensino de Ciências tem indicado a utilização de experimentos de baixo custo como uma interessante possibilidade de enfrentar a ausência de recursos para a compra e manutenção dos equipamentos e, também, a falta de espaço laboratorial nas escolas.

Atividades experimentais de baixo custo

As atividades experimentais de baixo custo utilizam, basicamente, materiais de baixo custo, como, por exemplo, materiais reciclados e de fácil obtenção. Além disso, atividades dessa natureza não exigem locais específicos, podendo ser realizadas na própria sala de aula.

Laburu e Almeida (1998), Wisniewski (1990) e Quirino e Lavarda (2001) definem material de baixo custo como materiais simples, baratos e de fácil aquisição, ou ainda, experimentos simples, preferencialmente sem custos para o professor e/ou aluno e que sejam montados por ambos. Ainda segundo Laburu e Almeida (1998), equipamentos de baixo custo são aqueles que são “(...) substituíveis, facilmente encontrados no mercado, que tenham um grau de dificuldade reduzido em relação à sua montagem, e que nada deixem a desejar no que se refere à qualidade didático-pedagógica dos equipamentos comerciais” (p. 72).

Para Pimentel *et al.* (1989), Axt e Moreira (1991), Saba *et al.* (1999), Valadares (2001), Micha *et al.* (2011) e Duarte (2012), a experimentação com materiais de baixo

custo pode ser realizada em todas as escolas, transpondo, assim, a falta de equipamentos cuja aquisição – em várias situações - é inviável. Nessa perspectiva, Valadares (2011) defende a inclusão de experimentos simples com a utilização de materiais reciclados e de baixo custo como meio de estimular os alunos a terem uma atitude mais participativa no processo de ensino, além de tornar os experimentos mais acessíveis às escolas, especialmente àquelas desprovidas de recursos financeiros.

A respeito da falta de equipamentos e da impossibilidade de fazer reparos ou reposições, Axt (1991) considera que determinados experimentos podem ser desenvolvidos com materiais de baixo custo. Entretanto, salienta que o uso desse tipo de material em experimentação não pode ser considerado como uma solução de emergência definitiva e que a solução para o ensino experimental em países como o Brasil, por exemplo, não está na utilização desse tipo de material.

Diante dessas considerações, entende-se que experimentos de baixo custo possibilitam a realização de práticas educativas com atividades experimentais em todas as escolas, inclusive aquelas desprovidas de laboratórios didáticos para tal fim e de recursos financeiros para a compra e manutenção de equipamentos. Todavia, conforme apontado por Axt (1991), é necessário que essas atividades assimilem as diferentes críticas voltadas para processos de experimentação na Educação Básica ou, em outras palavras, apresentem aquelas características que a literatura especializada tem apontado como relevantes na elaboração e execução de atividades experimentais.

A partir destes encaminhamentos, essa investigação propõe o seguinte problema: que características educativas possuem as propostas de experimentos de baixo custo publicadas em periódicos nacionais da área de Ensino? A partir desse problema de pesquisa, elaborou-se o seguinte objetivo: analisar as características educativas das propostas experimentais de baixo custo apresentadas em revistas brasileiras especializadas na área de Ensino (Área 46 da CAPES) qualificadas na base Qualis 2014 entre A1 e B1 quanto ao papel do professor e do aluno na atividade, ao nível de ensino privilegiado, ao tipo de roteiro utilizado e ao tipo de material apresentado.

O campo da Física justifica-se pelos seguintes motivos: a) os autores deste trabalho possuem formação inicial nesse campo do conhecimento; b) a Física é frequentemente descrita como uma Ciência de natureza experimental, sendo as atividades experimentais tradicionalmente apresentadas como fundamentais no aprendizado conceitual, procedimental e epistemológico dessa Ciência.

Considerando a diversidade de conteúdos específicos propostos para este campo

do conhecimento, considerou-se relevante fazer o recorte em Mecânica. Essa escolha reside em dois aspectos: a) a Mecânica é o tópico que sempre está presente na disciplina de Física da Educação Básica e em disciplinas do Ensino Superior; b) a Mecânica engloba vários conteúdos específicos que podem ser trabalhados com o uso de atividades experimentais, possibilitando, assim, um mapeamento mais amplo das propostas experimentais que consideram esse tópico. A respeito disso, Araújo e Abib (2003) afirmam que a maior parte das atividades experimentais propostas em periódicos nacionais também envolve esse tema.

Procedimentos metodológicos

A partir do objetivo proposto neste trabalho, elaborou-se uma investigação do tipo documental e de natureza bibliográfica. As pesquisas de caráter bibliográfico têm como objetivo discutir e analisar o conhecimento produzido nas diversas áreas do conhecimento, evidenciando os aspectos e as dimensões relativas a determinado conhecimento em diferentes épocas e lugares.

A coleta das informações para esta investigação foi realizada a partir de artigos publicados em periódicos do campo de Ensino de Ciências que publicam trabalhos que se voltam para a experimentação a partir de assuntos diretamente relacionados ao tema Mecânica. Especificamente, voltou-se o olhar para os artigos publicados nas revistas da área de Ensino (Área 46 da CAPES) que estavam classificadas no ano de 2014 na base Qualis entre A1 e B1.

Estas revistas são: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia (AL); Ciência & Educação (CEd); Investigações em Ensino de Ciências (IEC); Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (EPEC); Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC); *Acta Scientiae* (AS); Ciência & Ensino (CEn); Experiências em Ensino de Ciências (EEC); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT).

É válido ressaltar que, dentre essas, a RBEF e o CBEF se constituem, conforme assinalam Moraes e Barbosa (2011), nas duas principais revistas brasileiras do campo do Ensino de Física. E, ainda, conforme expresso por Araújo e Abib (2003), esses periódicos trazem artigos procedentes de importantes instituições de ensino - daí sua expressividade - de diferentes estados e de diversos pesquisadores. Além disso, os

artigos são de fácil acesso, permitindo, dessa forma, um mapeamento mais amplo dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos na área de Ensino de Física.

O período compreendido nesta investigação inicia-se com os artigos publicados desde a primeira edição dessas revistas até o ano de 2014. Procurou-se verificar por meio do título do artigo se ele considera a Mecânica na proposta experimental. Caso isso não fosse possível, recorrer-se-ia ao resumo da proposta apresentada no próprio artigo.

Na análise dos dados, foram adotadas algumas orientações da “Análise de Conteúdo” (BARDIN, 2011). Segundo Bardin (2011), ela consiste em:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (p. 44)

Oliveira *et al.* (2003) pontuam que as técnicas da análise de conteúdo possibilitam a identificação dos principais conceitos e/ou temas presentes nos textos. Ainda de acordo com eles, o principal objetivo dessa técnica de análise dos dados é fornecer “(...) indicadores úteis aos objetivos da pesquisa” (p. 6). Dessa maneira, o pesquisador possui a liberdade de interpretar seus resultados, relacionando-os ao contexto de produção do documento, bem como aos objetivos do indivíduo ou organização/instituição que o elaborou.

A Análise de Conteúdo, segundo Bardin (2011), pode ser realizada a partir de duas práticas: a linguística e as técnicas documentais. No caso da presente pesquisa, no qual se tem por objeto de estudo trabalhos apresentados em periódicos da área de Ensino, entende-se que ela esteja atrelada às técnicas documentais.

A análise se organizou a partir de três etapas: pré-análise; exploração do material e o tratamento dos resultados; a inferência e a interpretação.

Considera-se que, neste trabalho, a pré-análise realizou-se a partir de leituras flutuantes que possibilitaram a construção do *corpus* documental da investigação. Esta se deu a partir das seguintes etapas: 1 - leitura dos títulos e dos resumos dos artigos apresentados nas revistas para separar aqueles envolvendo temas relacionados à Mecânica. Nesta fase, chegou-se ao número total de 131 artigos; 2 – nesta segunda etapa, realizou-se na íntegra a leitura dos artigos selecionados na primeira etapa para avaliar aqueles que tratam de experimentos de baixo custo. Levando em consideração a presença de experimentos de baixo custo nessas propostas, foram encontrados 77

artigos que constituem o *corpus* documental deste trabalho. Na pré-análise, também foram realizados pré-agrupamentos a partir da identificação de núcleos de conteúdo que compõe a mensagem e que fossem articulados com os objetivos desta investigação.

Na exploração do material e tratamento dos resultados, aprimorou-se a organização dos agrupamentos a partir dos núcleos de conteúdo. Também é importante afirmar que se partiu, neste trabalho, da construção de categorias dadas *a priori*, sendo estas consideradas a partir da orientação teórica e dos objetivos da pesquisa.

Por fim, na última etapa, procedeu-se a inferência e a interpretação dos dados. Nessa etapa, foram realizados processos de análise que pudessem articular as considerações delineadas no referencial teórico com aquelas provenientes dos dados obtidos empiricamente.

Nas sessões subseqüentes são apresentados os resultados da presente investigação.

Considerações sobre as propostas de experimentos de baixo custo apresentadas nas revistas nacionais da área de Ensino (Área 46 da CAPES)

Em um primeiro momento, conforme já detalhado, foram selecionados os artigos que tratam experimentação a partir de temas da Mecânica. Em um segundo momento procurou-se separar aqueles que tratam especificamente de experiências de baixo custo a partir deste tema. A Tabela 1 sistematiza as informações obtidas. As revistas AL, AS, CEn e RBECT não apresentaram artigos desta natureza.

A análise da Tabela 1 indica que a maioria das propostas experimentais de Mecânica provém da RBEF e do CBEF, correspondendo a 92% do total de artigos encontrados. O montante de artigos encontrados nas outras revistas corresponde a um universo de 6 artigos em um total de 77.

Especificamente em relação às duas revistas que mais publicaram os artigos que constituem nosso *corpus* documental, temos que no CBEF 84% das propostas encontradas podem ser classificadas como atividades experimentais de baixo custo. Quanto a RBEF, essa predominância não se verifica, pois grande parte deles traz experimentos que requerem equipamentos mais sofisticados, como aparelhos eletrônicos e computadores. Dessa forma, 62% dos artigos analisados deste periódico não fazem uso de materiais de baixo custo. Vale ressaltar que 11 propostas experimentais, sendo 7 do CBEF e 4 da RBEF, utilizam conjuntamente materiais de baixo custo e outros tipos de materiais, como equipamentos eletrônicos e de

laboratórios, por exemplo.

Tabela 1: Distribuição dos artigos que apresentam propostas experimentais de Mecânica em função do uso de materiais de baixo custo

Baixo Custo	RBEF	CBEF	CEd	EPEC	IEC	EEC	RBPEC	Total
Sim	28	43	1	1	2	1	1	77
Não	46	8	0	0	0	0	0	54
Total	74	51	1	1	2	1	1	131

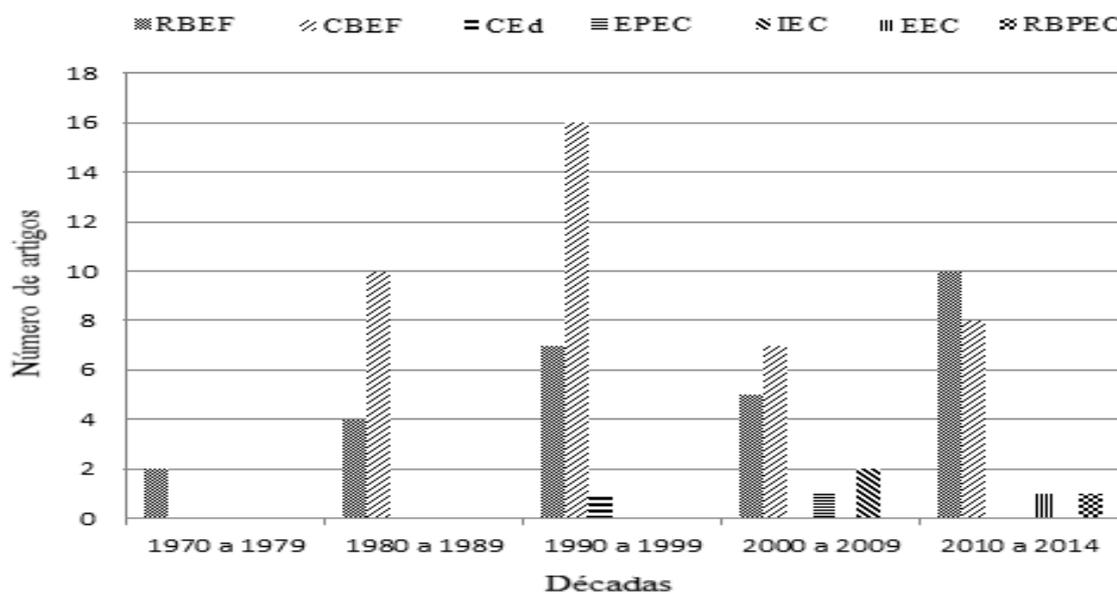
O fato de o CBEF apresentar uma porcentagem maior de trabalhos vinculados aos experimentos de baixo custo pode estar diretamente relacionado ao histórico da revista. Essa revista surgiu a partir do interesse de alguns professores da Universidade Federal de Santa Catarina em criar um instrumento que permitisse a interação (troca de experiências educacionais, sugestões de experimentos) entre professores, em especial aqueles atuantes na Educação Básica.

Um exemplo de proposta experimental de baixo custo presente no CBEF é a que visa a demonstrar o fenômeno de Venturi por meio de folhas de papel e canudo de plástico (GRANDI, 1990). Outro exemplo é de uma proposta que faz uso de um pedaço de madeira, grampos, fita de carnaval e caneta piloto para o estudo de movimentos acelerados (LABURU, 1995).

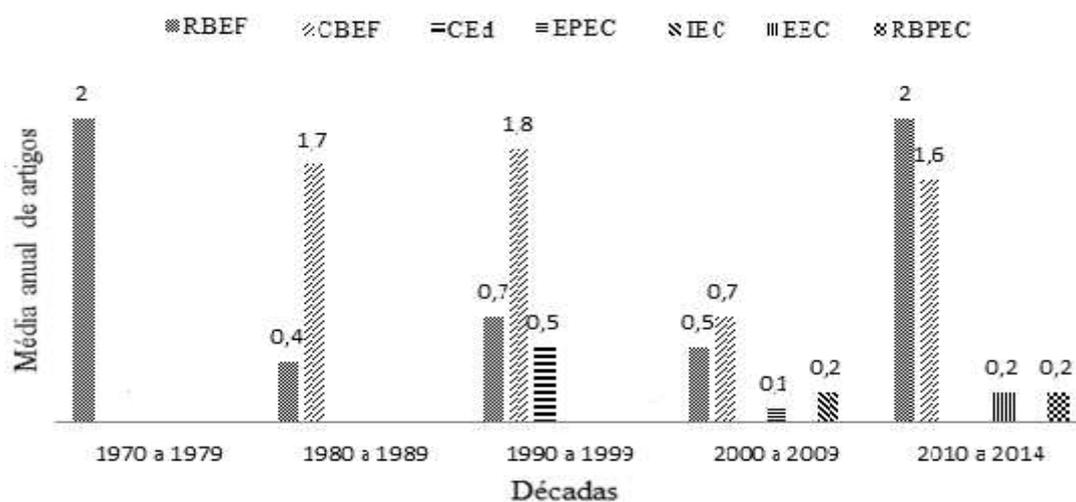
Na RBEF tem-se, por exemplo, a proposta experimental que sugere o uso de espirais de encadernação como molas para o estudo da lei de Hooke (AXT *et al.*, 2005) e a que utiliza garrafas PET e recipientes rasos de plásticos para a discussão do conceito de pressão (CAMPOS *et al.*, 2012).

Entre os 6 artigos publicados em outras revistas, destaca-se, como exemplo de proposta experimental de baixo custo, o trabalho de Ramos (1997) no periódico CEd. Nesse trabalho, o autor procura abordar o aspecto lúdico de certos experimentos. No artigo em questão, o autor traz uma proposta experimental que consiste no uso de dois pequenos copos de plásticos unidos por uma fita adesiva para a demonstração do efeito *looping*.

Considera-se relevante para essa investigação mapear a distribuição temporal dos artigos que compõem o *corpus* documental dessa investigação. Apresentam-se, a seguir, dois histogramas, sendo que, no Histograma 1, relaciona-se o número de propostas que utilizam materiais de baixo custo com a distribuição ao longo do tempo contado em décadas. No Histograma 2, relaciona-se a média anual das propostas que utilizam esses materiais de baixo custo por década.



Histograma 1: Número de propostas que usam materiais de baixo custo por décadas



Histograma 2: Média anual de propostas que usam materiais de baixo custo por década

Sauerwein *et al.* (2009), que analisaram artigos voltados às atividades experimentais publicados na RBEF e no CBEF entre o início da década de 80 e o da de 90, mostraram que, na década de 1990, houve a proliferação dos chamados laboratórios de demonstração, bem como do uso do microcomputador em laboratório e da produção de experimentos com material de baixo custo. Esse resultado é compatível com as informações obtidas nesta investigação, conforme pode ser visto no Histograma 1. Neste, percebe-se que aproximadamente 40% das atividades com materiais de baixo custo desses dois periódicos foram propostos na década de 1990-1999.

Importante indicar que, na década de 1990 – excetuando-se as duas revistas do campo do Ensino de Física – apenas um artigo foi encontrado. Trata-se de um trabalho

publicado no periódico CEd em 1997.

No período de 2000-2009 – excetuando-se as duas revistas do campo do Ensino de Física – foram levantados três artigos que constituem o *corpus* documental deste trabalho. Há um artigo encontrado no periódico EPEC, especificamente no ano de 2007, dois artigos publicados na revista IEC, sendo um de 2003 e outro de 2006. Por fim, entre 2010 e 2014, constataram-se dois artigos, sendo um deles publicado na EEC em 2011 e o outro publicado na RBPEC em 2013.

Em relação a todas as propostas experimentais associadas à Mecânica analisadas por década da RBEF e do CBEF, encontram-se que 100% correspondem a atividades com materiais de baixo custo em 1970-1979, 82% em 1980-1989, 62% em 1990-1999, 37% em 2000-2009 e 56% em 2010-2014.

O Histograma 2, por sua vez, permite verificar que a média anual de propostas com esse tipo de material é maior no período de 2010 a 2014 na RBEF. Em relação ao CBEF, essa média tem se mantido uniforme, exceto na década de 2000-2009.

É interessante indicar, conforme chama a atenção Axt (1991), que em várias conferências nacionais e internacionais do campo do Ensino de Física realizadas ao final da década de 80, a questão dos materiais de baixo custo foi discutida, inclusive, em algumas delas, foi tratada como tema central. É possível que tais conferências também tenham influenciado a publicação de trabalhos que fazem uso desse tipo de material.

Na Tabela 2, é apresentada a distribuição dos artigos que tratam de experimentos em Mecânica em função do uso de materiais de baixo custo e nível de ensino. Os dados indicam que a maioria das propostas de experimentos destinadas ao Ensino Médio faz uso de materiais de baixo custo, sendo isso mais evidente no CBEF.

Na RBEF prevalecem trabalhos, em sua maioria, voltados para o Ensino Superior, que não utilizam esse tipo de material. As informações apresentadas na Tabela 2 também indicam que 46% (na RBEF) e 37% (no CBEF) das propostas de experimento de baixo custo estão voltadas exclusivamente para o nível básico, enquanto que 29% (na RBEF) e 30% (no CBEF) estão direcionadas unicamente ao nível superior. Esse dado é interessante porque indica que, nessas revistas, as propostas experimentais de baixo custo são – em sua maioria - voltadas para a Educação Básica.

Todos os artigos encontrados nos demais periódicos estão voltados para a Educação Básica, sendo três deles para o Ensino Médio (EPEC com um artigo e a IEC com dois artigos) e os outros três para o Ensino Fundamental (CEd, EEC e RBPEC com um artigo cada um).

Tabela 2: Distribuição dos artigos que tratam de experimentos em Mecânica em função do uso de materiais de baixo custo e nível de ensino

Experimento de Baixo Custo	Sim		Não		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	CBEF	RBEF	CBEF	RBEF	CEd	EPEC	IEC	EEC	RBPEC
Ensino Fundamental	1	4	-	-	1	-	-	1	1
Ensino Médio	14	8	-	3	-	1	2	-	-
Ensino Superior	13	8	6	37	-	-	-	-	-
Ensino Fundamental/Médio	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Ensino Médio /Superior	14	7	2	6	-	-	-	-	-

A predominância de propostas destinadas à Educação Básica pode estar relacionada com o menor acesso que normalmente as escolas desse nível de ensino apresentam em termos financeiros e estruturais a laboratórios e equipamentos, em comparação com o nível superior, onde as exigências legais para os cursos superiores acabam reforçando essa tendência.

A Tabela 3 apresenta informações sobre a distribuição dos artigos que tratam de experimentos em Mecânica em função do uso de materiais de baixo custo e grau de direcionamento. Verifica-se que os experimentos de baixo custo estão vinculados com atividades de demonstração, verificação e investigação.

No CBEF, há predomínio de atividade de demonstração e verificação. Na demonstração, o professor tem papel central, pois ele executa toda a atividade. Cabe ao aluno observar e tomar nota do fato. Na verificação, cabe ao professor traçar uma série de orientações que conduzem a atividade do aluno e corrigir os erros de execução do trabalho. É importante ressaltar que as atividades de verificação possuem roteiros mais fechados e estruturados. Com roteiros mais fechados, o papel do aluno se restringe a cumprir as etapas indicadas no roteiro. Há pouco espaço para questionamentos e debates sobre a atividade experimental que está sendo realizada. Os demais periódicos analisados também apresentam propostas de demonstração (CEd com um artigo), de verificação (EEC com um artigo e dois da IEC) e de investigação (EPEC e RBPEC com um artigo cada um).

Tabela 3: Distribuição dos artigos em função do uso de materiais de baixo custo e grau de direcionamento

Experimento de Baixo Custo	Sim		Não		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	CBEF	RBEF	CBEF	RBEF	CEd	EPEC	IEC	EEC	RBPEC
Demonstração	20	7	1	3	1	-	-	-	-
Verificação	20	10	6	36	-	-	2	1	-
Investigação	3	11	1	7	-	1	-	-	1

Considerando atividades ilustrativas, há a que foi elaborada por Taveira *et al.* (1992) para o estudo das leis básicas de movimentos ortogonais. É apresentada uma proposta de experimento constituído de uma mangueira fixa num suporte e uma plataforma para mostrar a trajetória descrita por um projétil (em sala de aula). A respeito desse tipo de atividade, os autores afirmam que:

Demonstrações experimentais em sala de aula são raras e normalmente limitam-se a mostrar a distância alcançada pelo projétil, quase nunca obtendo diretamente a trajetória. (...) O sistema aqui proposto para demonstração da trajetória de um projétil é de construção simples e permite obter, rapidamente, resultados dos quais podem ser deduzidas leis básicas desse tipo de movimento, através da observação direta da trajetória do corpo. (p. 77)

Outro exemplo consiste no experimento proposto por Bagnato e Marcassa (1997) para a demonstração do conceito de inércia por meio de um bloco suspenso. O conjunto é constituído por um bloco e dois fios. Um dos fios permite que o bloco fique suspenso e o outro, também preso ao bloco, permite que o conjunto seja puxado. Dependendo da rapidez com que a força seja aplicada nesse último fio, um deles se romperá. Segundo os autores, esse comportamento se constitui em um aspecto fundamental para a compreensão do conceito de inércia. Silveira *et al.* (2010) também propuseram uma atividade demonstrativa para ilustrar o “efeito estilingue” em sala de aula para o estudo de colisões. Para isso, utilizaram duas bolas, uma de silicone e outra de bilhar, uma empilhada sobre a outra e ligadas por um fio. Este conjunto, então, é solto sobre um piso duro o que possibilita a ilustração do “efeito estilingue”.

Entre as atividades experimentais de verificação, podem ser citados os trabalhos de Pinho Alves *et al.* (1989), de Peruzzo (2010) e de Monteiro *et al.* (2012).

No primeiro, há a proposta de estudo do movimento uniforme utilizando-se de um tubo com óleo, sobre o qual, a partir de medidas do tempo que uma bolha gasta para percorrer distâncias pré-estabelecidas, são solicitados cálculos da velocidade e da aceleração em cada intervalo de tempo e a construção de gráficos dessas grandezas em função do tempo. Nessa proposta, é apresentado o procedimento experimental e, quando fazem referência aos gráficos, explicitam a seguinte colocação: “Podemos assegurar que o gráfico “ $v \times t$ ” é uma reta horizontal (conforme era de se esperar), com uma pequena flutuação, dependendo da escala. O mesmo se dá com o gráfico da aceleração” (p. 167). A previsibilidade dos resultados é uma característica das atividades de verificação.

Em Peruzzo (2010), tem-se uma proposta que consiste na determinação do valor da aceleração da gravidade através da captação do som do impacto de corpos com o

solo. Para isso, amarram-se, em um fio, 6 esferas metálicas do mesmo tamanho, espaçadas a distâncias iguais. Em outro fio, amarram-se também 6 esferas, iguais as anteriores, posicionadas geometricamente a distâncias proporcionais a quadrados inteiros: 1, 4, 9, 16, 25 e 36. Para a captação e a análise gráfica do som quando as esferas colidem com o chão, depois de soltas, utiliza-se um *software*. A partir da análise quantitativa dos dados experimentais, segundo o autor, é possível determinar o valor da aceleração da gravidade.

Por fim, a proposta de Monteiro *et al.* (2012) tem como objetivo a determinação do coeficiente de atrito estático entre duas superfícies por meio de três procedimentos distintos: o arrasto do conjunto bloco-régua-mola sobre uma superfície horizontal; por meio do coeficiente angular da reta do gráfico que relaciona os valores da força de atrito estático máximo com os valores da força normal; e mediante o deslizamento do conjunto bloco-régua-mola sobre uma superfície inclinada. Para isso, a proposta traz todo o procedimento experimental para a obtenção dos valores envolvidos, bem como a explicitação das leis físicas envolvidas.

Os dados obtidos nesta investigação também indicam que são poucas as atividades de natureza investigativa associadas aos experimentos de baixo custo, sendo mais frequentes na RBEF. Porém, em sua maioria, estão voltadas para o Ensino Superior. Na atividade investigativa, os roteiros são mais abertos e o aluno possui um papel mais central na realização da atividade experimental. Nessas atividades, o aluno é mais ativo na construção do próprio conhecimento. Nesse caso, o papel do professor é questionar, argumentar e desafiar, orientando as etapas do processo desenvolvido pelo aluno de acordo com seu interesse e necessidades, reforçando as interações entre professor e aluno.

As atividades de natureza investigativa podem ser exemplificadas pelo trabalho de Silva & Serra (2013), que propuseram experimentações visando a avaliar as percepções dos estudantes do nível fundamental de ensino sobre a existência do ar. Segundo esses autores,

As atividades visaram contemplar aspectos relativos à investigação levando-se em conta a participação ativa dos estudantes e suas percepções com relação ao fenômeno estudado. As atividades foram planejadas de forma que as crianças participassem da atividade de forma direta, realizando os experimentos e oferecendo contribuições em suas diversas etapas para que pudessem se sentir protagonistas na construção do conhecimento. (p. 13)

Uma das atividades consistiu no uso de um recipiente transparente contendo

água, folhas de papel sulfite e um copo de plástico rígido e transparente. Com esses materiais, foi proposto aos alunos que colocassem o papel dentro do copo e afundassem esse copo no recipiente, de forma que esse papel não se molhasse.

A proposta de Ventura *et al.* (1992) também pode ser classificada como uma atividade de natureza investigativa. Essa proposta envolve o uso de laboratório centrado na análise do experimento.

Apresentamos uma proposta de ensino experimental de Física em que a aula de laboratório, chamada Laboratório Não Estruturado (LNE), é abordada segundo um ponto de vista que enfatiza a identificação, por parte do aluno, da estrutura do experimento que está realizando, uma vez que essa estrutura não é fornecida através de roteiros. Não se trata, portanto, de uma aula de laboratório com um guia de procedimentos que conduz a uma resposta específica. Nessa abordagem, o aluno recebe um texto que apresenta uma introdução teórica do assunto, algumas considerações de natureza prática e a situação-problema a ser investigada. (p. 54)

Nessa proposta, tem-se em vista o estudo do pêndulo simples no qual, para os autores, os alunos são desafiados a estabelecer relações existentes entre período e comprimento do pêndulo. Em seguida, eles são levados à construção de gráficos e modelo matemático (equações) que represente os resultados alcançados e a comparação destes com as previsões teóricas.

Mesmo considerando as características de natureza investigativa desta proposta experimental, observamos que ela ainda possui elementos que também a aproximam de uma atividade laboratorial semiestruturada, sobretudo tendo em conta que é fornecido um texto de apoio que disponibiliza uma série de informações. Além disso, a modelagem empregada nas orientações ao aluno pode apontar para um viés empiricista, cabendo então ao professor ficar atento às questões de natureza epistemológica da ciência para evitar que os estudantes construam compreensões equivocadas do trabalho científico.

Outra atividade de caráter investigativo é a proposta de Carnicer *et al.* (2011), na qual apresentam um tratamento didático de um problema de como “pesar” corpos em situações sem gravidade. De acordo com a proposta, caberá aos alunos apresentarem uma solução teórica e experimental ao problema e construirão uma balança para realizar medidas na ausência de gravidade. Segundo eles, essa estratégia permite o uso da reflexão por parte dos estudantes, bem como o levantamento de hipóteses e a análise de resultados que envolvem os conceitos de peso e massa e o estudo das características do movimento harmônico simples. Para eles, o professor, por meio de perguntas, guiará os alunos na busca de estratégias para a resolução do problema proposto.

Saba *et al.* (1999) também propuseram uma atividade investigativa que consistiu na determinação do valor da velocidade com que uma batata é lançada de um “canhão de batatas”. A atividade, inicialmente, consistiu na discussão dos possíveis métodos para se determinar essa velocidade o que resultou em quatro métodos distintos. Esses métodos resultaram na construção de quatro diferentes experimentos, permitindo, desta forma, em cada um deles, a obtenção do resultado almejado. Por fim, foram feitas discussões sobre todo o processo, bem como a discussão dos resultados alcançados. Segundo os autores, nessa atividade:

O aluno passou a ver o laboratório não como um meio para com confirmar fórmulas aprendidas em sala de aula, mas como local propício à realização de atividades interessantes como a solução de desafios e de problemas próximos à sua realidade; A curiosidade e o interesse despertados inseriram os alunos no problema; O uso de instrumentos de seu interesse e uso na obtenção dos dados (vídeo e computador); Houve nas discussões um saudável espaço para a participação e a criatividade dos alunos; Incentivou-se o trabalho em equipe e a interdisciplinaridade. (p. 89)

Os dados indicam que poucas são as atividades que propõem explicitamente que o professor trabalhe com seus alunos aspectos da Natureza da Ciência, especificamente aqueles que considerem o relevante papel da experimentação para a construção do conhecimento na área da Física. Além disso, conforme aponta Borges (2002), essas atividades devem possibilitar ao professor apontar equívocos relacionados à forma como se concebe a experimentação no senso comum. Segundo ele, é frequente a concepção de que:

A motivação para a atividade experimental dos cientistas é verificar se suas próprias ideias estão corretas. Tal concepção assume que existe um único método científico que pode ser adequadamente representado como uma sequência de etapas, como um algoritmo. (p. 299)

Ainda segundo o autor, nessa perspectiva, assume-se que a atividade experimental é essencial à produção da Ciência e que a observação neutra e desinteressada fornece dados puros, verdadeiros e objetivos.

Para Borges (2002), as atividades experimentais deveriam proporcionar uma leitura mais realista do processo de produção científica:

O laboratório pode proporcionar excelentes oportunidades para que os estudantes testem suas próprias hipóteses sobre fenômenos particulares, para que planejem suas ações e as executem, de forma a produzir resultados dignos de confiança. Para que isso seja efetivo, deve-se programar atividades de explicitação dessas hipóteses antes da realização das atividades. Faz-se também necessário que os professores enfatizem as diferenças entre os experimentos realizados no laboratório escolar, com fins pedagógicos, e a investigação empírica realizada por cientistas. É necessária uma análise mais

cuidadosa da relação entre observação, experimento e teoria (CHALMERS, 1993). Além disso, devem encorajar a discussão aberta das limitações e suposições que permeiam cada atividade no laboratório escolar. (p. 300)

Um caminho para a realização de atividades dessa natureza pode se dar através da execução de propostas de experimentos mais abertos, ou seja, atividades que possuam um caráter mais investigativo. Em propostas dessa natureza, segundo Borges (2002):

(...) cabe ao estudante toda a solução, desde a percepção e geração do problema; sua formulação em uma forma suscetível de investigação; o planejamento do curso de suas ações; a escolha dos procedimentos, a seleção dos equipamentos e materiais, a preparação da montagem experimental, a realização de medidas e observações necessárias; o registro dos dados em tabelas e gráficos; a interpretação dos resultados e enumeração das conclusões. (p. 304)

Todavia, conforme dados apresentados, as propostas de atividades com esta característica não são frequentes nos artigos analisados. Se consideradas as atividades explicitamente voltadas para a Educação Básica, esse número ainda é menor.

Considerações finais

Apontou-se, neste trabalho, que a experimentação no Ensino de Ciências, em particular no de Física, pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades imprescindíveis para a formação do educando, podendo conferir-lhe um papel mais ativo no processo de aprendizado e conhecimentos sobre a natureza da produção do conhecimento científico. Entretanto, também foi ressaltado que o uso dela não implica, necessariamente, a melhoria da qualidade de ensino se não forem criados espaços de reflexão, discussão e de desenvolvimento de ideias que motivem e cativem os estudantes a aprender Física.

Nessa perspectiva, os experimentos de baixo custo podem se constituir em um excelente recurso na educação em Física, sobretudo por suprir a falta de equipamentos e espaços laboratoriais, situação mais comum em escolas da Educação Básica da rede pública de ensino quando comparadas com instituições de Ensino Superior, onde normalmente esse problema é menos intenso.

As análises das propostas experimentais de baixo custo em Mecânica indicam que esses experimentos estão presentes, em sua grande maioria, nas duas principais revistas da área de Ensino de Física do país. Todavia, há diferenças significativas entre elas no tratamento das atividades experimentais. A RBEF está explicitamente voltada

para o público do Ensino Superior, enquanto que o CBEF se volta mais para a Educação Básica. Isso se reflete na maior quantidade de experimentos de baixo custo na segunda revista. Esse dado é compatível com a linha editorial da revista, tendo em vista que a maior parte das escolas brasileiras de educação básica carece de laboratórios didáticos bem equipados.

Outro dado relevante está no fato de que a maioria das propostas experimentais de baixo custo está vinculada a trabalhos de verificação e demonstração. Nesse caso, a proposta mais evidente é a de que os alunos deverão fazer uso de roteiros para alcançar os resultados previamente conhecidos, limitando, desta forma, sua ação. Ao professor cabe o esclarecimento de possíveis dúvidas em relação ao procedimento adotado. Nesse sentido, entende-se que estes experimentos pouco contribuem para uma formação epistemológica mais consistente do aluno. Em outras palavras, atividades dessa natureza não apresentam perspectivas educativas mais consistentes que levem os estudantes a aprenderem criticamente os processos metodológicos da atividade científica.

Por fim, constata-se que, apesar de seu número reduzido, é possível aliar atividades investigativas ao uso de materiais de baixo custo. Nesse caso, esses experimentos, além de serem mais acessíveis, podem proporcionar ao aluno uma formação epistemológica mais crítica, pois ele é desafiado a refletir e a tomar decisões para alcançar o objetivo pretendido. Nesse tipo de experimento, o professor assume a figura de mediador entre os alunos e o experimento a ser realizado, ou seja, faz uso de intervenções quando necessário para o esclarecimento de possíveis dúvidas. Para isso, é importante que os docentes tenham formação inicial e/ou continuada adequada para que se sintam mais aptos a se envolverem com as atividades experimentais, principalmente aquelas de natureza investigativa.

Referências

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes enfoques, Diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- ARRIGONE, G. M.; MUTTI, C. N. Uso das experiências de cátedra no ensino de física. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 60-90, 2011.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de ciências. In MOREIRA, M. A.; AXT, R. (org.). *Tópicos em Ensino de Ciências*. Porto Alegre: Sagra, 1991.
- AXT, R.; BONADIMAN, H.; SILVEIRA, F. L. O uso de 'espirais' de encadernação como molas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol.27, n.4, p.593-597, 2005.

AXT, R.; MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. *Revista de Ensino de Física*, v. 13, p. 97-103, 991.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 9-31, 2002.

BORGES, A. T.; GOMES, A. D. T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, p. 73-74, 2005.

CAMPOS, B. S.; FERNANDES, S. A.; RAGNI, A. C. P. B.; SOUZA, N. F. Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n.1, p.1402-1417, 2012.

CARLOS, J. G.; MONTEIRO JR., F. N. M; AZEVEDO, H. L.; SANTOS, T. P.; TANCREDO, B. N. Análise de Artigos sobre Atividades Experimentais de Física nas Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 2009. Florianópolis. *Anais...*, 2009.

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

MICHA, D. N.; PENELLO, G. M.; KAWABATA, R. M. S.; CAMAROTTI, T. “Vendo o invisível”. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 1501-1506, 2011.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. *Acta Scientiae*, v. 12, n. 1 p. 139-153, 2010.

OLIVEIRA, E.; ENS, R. T.; ANDRADE, D. B. S. F.; MUSSIS, C. R. Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação. *Revista Diálogo Educacional*, v. 4, n.9, p.11-27, 2003.

PINHO ALVES, J. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. Tese de Doutorado em Educação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. *A Nova Aliança*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1997.

QUIRINO, W. G.; LAVARDA, F. C. Projeto “experimentos de física para o ensino médio com materiais do dia-a-dia”. *Caderno Catarinense Ensino de Física*, v. 18, n.1: p.117-122, 2001.

RINALDI, E.; GUERRA, A. História da ciência e o uso da instrumentação: construção de um transmissor de voz como estratégia de ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de*

Física, v. 28, n. 3, p. 653-675, 2011.

SAUERWEIN, I. P. S.; KAWAMURA, M. R., DELIZOICOV, D. O laboratório didático de física no ensino superior: contrastes e transformações. In: Encontro NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, n.5, 2005, Bauru. *Atas...* 2005.

VALADARES, E. C. Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade. *Química Nova na Escola*. n. 13, p. 38-40, 2001.

WISNIEWSKI, G. *Utilização de Materiais de Baixo Custo no Ensino de Química Conjugados aos Recursos Locais Disponíveis*. Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1990.

ZANON, D. A. V.; DE FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. *Ciência & Cognição*, Rio de Janeiro, v. 10, mar. 2007. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212007000100010&lng=pt&nrm=iso>. Último acesso em: 26 de mar. de 2015.

WALDEMIR DE PAULA SILVEIRA. Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Itajubá e doutorando no programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

AGENOR PINA DA SILVA. Bacharel e Licenciado em Física pela Universidade Federal Fluminense. Mestre em Física de Partículas e Campos pela Universidade de São Paulo. Doutor em Astrofísica pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Professor Associado na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Atua no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da UNIFEI.

LUCIANO FERNANDES SILVA. Doutor em Educação pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Araraquara. Professor do Instituto de Física e Química da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Atua nos Programas de Pós-Graduação em Educação em Ciências da UNIFEI e de Pós-Graduação em Educação da UNESP de Rio Claro, SP, Brasil.

Recebido: 17 de junho de 2015

Revisado: 18 de março de 2016

Aceito: 31 de março de 2016