



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

Proposta para estudo experimental do calor específico no ensino médio*Proposal for the experimental study of specific heat in high school.*Cleci Teresinha Werner da Rosa¹; Juliano Cavalcanti²; Luiz Marcelo Darroz³**RESUMO**

Apresenta-se, neste trabalho, uma proposta de atividade experimental para o ensino de Física, referente ao estudo do calor específico de metais. O equipamento didático e os materiais utilizados na atividade são de baixo custo e de fácil aquisição pelas escolas. O procedimento selecionado para o desenvolvimento da atividade proporciona ao estudante do ensino médio a reflexão e a contextualização dos assuntos abordados no ambiente escolar.

Palavras-chave: *calor Específico. Atividade Experimental. Ensino de Física.*

ABSTRACT

This study presents a proposal for an experimental activity for Physics teaching regarding the study of specific heat of metals. The didactic equipment and materials used in the activity are low cost and easy to be acquired by schools. The procedure selected for the development of the activity provides the high school student a reflection and contextualization of subjects addressed in the school environment.

KEYWORDS: *Specific Heat. Experimental Activity. Physics Teaching.*

^{1;2;3}UPF – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS – Brasil

INTRODUÇÃO

O ensino de Física na educação básica, especialmente no ensino médio, tem, entre outros objetivos, o de levar o estudante à interpretação correta dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando-o e dimensionando a interação do ser humano com a natureza e como parte da própria natureza em transformação (BRASIL, 2002). Nesse sentido, é essencial considerar como ponto de partida para o estudo dos fenômenos físicos o mundo vivencial dos estudantes, sua realidade próxima, os objetos e fenômenos que rotineiramente estão presentes em seu cotidiano (DARROZ e PEREZ, 2011).

Nesse contexto, as atividades experimentais têm sido entendidas como possibilidade de aproximar os conteúdos de Física estudados nos bancos escolares do cotidiano dos estudantes de nível médio, amenizando, dessa forma, as dificuldades de aprendizagem que estes, por vezes, apresentam nessa componente curricular (SILVA E ZANON, 2000). No entanto, como salientam Arruda e Laburu (1996), a falta de laboratórios e de equipamentos didáticos nas escolas, a carga horária excessiva dos professores, o número elevado de estudantes por turma, a necessidade de direcionamento dos conteúdos para os vestibulares, a falta de preparo dos professores para desenvolverem esse tipo de atividade, entre outras razões, têm justificado a ausência dessa estratégia no dia a dia das escolas de educação básica. Somando-se a essas dificuldades, evidencia-se que poucas são as contribuições da literatura especializada em termos de atividades experimentais em “ponto de uso” e que os professores possam, dentro de suas convicções e condições de trabalho, levar para a sala de aula.

Diante do exposto e da importância que esse tipo de atividade representa na construção dos conhecimentos em Física (ROSA e ROSA, 2012a), o presente texto visa propor uma atividade experimental para determinação do calor específico de metais, por meio do uso de equipamentos e materiais de fácil aquisição e ao alcance das escolas. Para atingir tal objetivo, apresenta-se, inicialmente, uma reflexão sobre o uso das atividades experimentais no ensino de Física; na sequência, descreve-se a atividade experimental, de modo a enaltecer os equipamentos e procedimentos para a sua realização; e, ao final expõe-se, na forma de resultados e discussões, um conjunto de dados quantitativos que permitem a análise da atividade proposta. Adicionam-se a isso as considerações finais, que discutem a importância desse tipo de atividade no ensino médio e as possibilidades para o professor realizá-las com o uso de materiais e dispositivos simples.

REFLEXÕES INICIAIS

A necessidade de reconhecer os saberes construídos socialmente que os estudantes trazem ao âmbito escolar e de entender que é nesses saberes que os novos conhecimentos devem se apoiar assume, atualmente, grande relevância no processo de ensinar e aprender. De fato, reconhecer as ideias prévias e transformá-las em conhecimento científico, ampliando e reconstruindo tais saberes, é a tônica do novo modelo pedagógico que urge ser adotado como alternativa para a ressignificação do ensino escolar.

Em se tratando de disciplinas científicas, em particular na Física, os documentos oficiais, a exemplo do mencionado na literatura especializada, salientam que

[...] é indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (BRASIL, p. 84).

O sentido de experimentação tratado no documento encontra-se vinculado às atividades experimentais que são – ou deveriam ser – desenvolvidas no ensino médio. Nessa concepção, os professores, particularmente os de Física, têm a seu dispor uma estratégia didática que, além de exercer um papel motivacional, contribui significativamente para a construção dos saberes, possibilitando efetivar um ensino que ultrapassa a dimensão de reprodução do conhecimento. No entanto, apesar das orientações presentes nas legislações educacionais, e ainda que os resultados de inúmeras pesquisas relatadas na literatura especializada da área enalteçam a importância dessas atividades no ensino, sua efetivação no contexto escolar tem sido, no mínimo, problemática.

Silva e Zanon (2000), ao apresentarem os resultados de sua pesquisa sobre a mesma problemática, ressaltam que os professores consideram a experimentação fundamental no ensino, contudo, citam a carência de condições para sua efetivação. Dentre os aspectos comentados pelos pesquisadores, estão problemas como turmas grandes, inadequação da infraestrutura física/material e a reduzida carga horária destinada à disciplina. A esses fatores, acrescentam a ausência de atividades dessa natureza nos cursos de formação de professores e a falta de clareza do papel da experimentação na aprendizagem dos alunos. Ainda, pode-se citar como elemento que dificulta a eficácia das atividades experimentais a abordagem tradicional dada à experimentação, valorizando as demonstrações ilustrativas com vistas à verificação de conceitos teóricos mediante modelos que priorizam o modo de fazer, de observar e de concluir.

Hodson (1992), Pinho-Alves (2000) e Borges (2002) sinalizam a importância de levar para a escola novas propostas didáticas que estejam em consonância com as concepções pedagógicas vigentes. Dentre essas propostas, está a orientação construtivista, que valoriza o estudante como agente da construção de seus próprios saberes e reforça a pertinência do resgate dos conhecimentos como alicerce para os novos. Para esses autores, essa orientação pedagógica e epistemológica deve ser algo natural e irreversível nas ações didáticas desenvolvidas no contexto escolar, especialmente em se tratando da educação básica. Isso leva a que as tradicionais atividades centradas na realização de protocolos extremamente descritivos sejam redimensionadas e assumam ares mais investigativos e abertos.

Na concepção construtivista, a tese central está no entendimento de que o conhecimento decorre de um processo de interação entre o sujeito e o objeto (ROSA, 2011). Dessa forma, as atividades experimentais precisam ser olhadas como espaço de construção, de reelaboração dos saberes, de estruturação dos conhecimentos e de transformação. Para isso, os alunos precisam ser ativos, não apenas fisicamente, mas também intelectualmente, o que deve servir de referencial para as ações elaboradas pelos professores. Nesse sentido, propõe-se que, ao elaborar uma atividade de natureza experimental, o professor considere que o aluno já possui algum conhecimento e que é no resgate desses saberes que os novos deverão se assentar.

Rosa e Rosa (2012a) defendem que, para isso, é necessário haver uma proposta de atividade que inclua etapas anteriores e posteriores à experimentação. Apoiados no estudo de Millar (1987), os autores dividem as atividades experimentais em três etapas: pré-experimental, experimental e pós-experimental. O objetivo é iniciar de modo a valorizar os saberes dos estudantes, recuperando-os na estrutura cognitiva e, também, em um momento posterior, para consolidação desses novos conhecimentos, revisando-os e analisando-os. Na expressão de Rosa e Rosa,

[...] infere-se que a etapa pré-experimental envolva os seguintes itens: pré-teoria, explicitação dos objetivos; formulação de hipóteses e planejamento das ações. A pós-experimental caracteriza-se pela conclusão da atividade experimental, que representa o fechamento desta atividade e a sistematização dos resultados encontrados. Entre as etapas encontra-se a denominada "experimental", destinada à parte de execução da atividade experimental, a qual envolve as ações dos estudantes mediante seus planejamentos e propósitos (ROSA e ROSA, 2012a, p. 4-5).

Nesse entendimento, mostram-se fundamentais aspectos como: contextualização, objetivos, descrição e apresentação dos materiais e equipamentos, formulação de hipóteses, retomada de conhecimentos,

questionamentos e discussões de resultados. Em outro estudo, Rosa enfatiza a riqueza que representa a possibilidade de os próprios alunos colocarem título na atividade, como um “pensar no que foi realizado”

(ROSA, 2012, p. 193). Continua a autora, destacando que o objetivo é oportunizar esse espaço para que, mesmo sinteticamente, os estudantes busquem expressar o que realizaram e o seu entendimento da atividade.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Partindo das concepções e dos referenciais mencionados, apresenta-se, na continuidade, uma proposta de atividade experimental denominada, de acordo com a categorização de Pinho-Alves (2000), de “comprovação”. Isto é, aquela que, no contexto da aprendizagem, exerce o mesmo papel dos exercícios de aplicação ou fixação presentes nos livros didáticos. Nesse sentido, de acordo com o autor, esse tipo de atividade experimental pode funcionar como um exercício, sendo acrescido do caráter motivacional, inerente às atividades de natureza prática. Nas palavras de Pinho-Alves: “O fenômeno físico, objeto de trabalho desta atividade, não deve ser novidade ao estudante, mas deve atuar como suporte fenomenológico para dar validade e comprovar a teoria aprendida em situações novas” (PINHO-ALVES, 2000, p. 283).

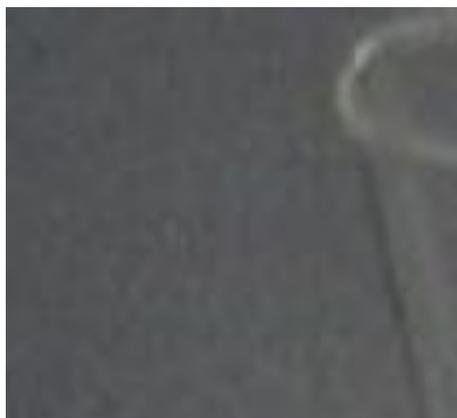
Tendo como pano de fundo essa concepção de atividade experimental, e dentro da categoria apresentada, o presente texto limita-se a descrever os materiais e equipamentos utilizados, bem como os resultados obtidos na realização de testes experimentais, de acordo com os materiais e equipamentos sugeridos. A elaboração de um roteiro-guia para ser utilizado pelos alunos julga-se de responsabilidade do professor, que poderá fazê-lo do modo que melhor se adaptar à sua realidade. Evidentemente que se infere a necessidade de que essa organização seja embasada na concepção construtivista, como sugerem os estudos de Rosa e Rosa (2012b).

A atividade experimental selecionada para o estudo é a medida do calor específico de dois materiais: alumínio e cobre. Os valores desses calores específicos serão determinados separadamente, contudo, a opção por apresentar no texto os dois metais decorre da possibilidade de analisar o procedimento e os resultados para duas substâncias.

Para a realização da atividade experimental, são necessários: uma garrafa térmica de 500 ml (tipo Termolar®); um pedaço de, no mínimo, 15 g de um metal (cobre ou alumínio); balança do tipo balança de momento da marca Marte®; um ebulidor; um Becker; uma proveta e um termômetro. Para preparar o equipamento (garrafa térmica), é preciso descartar a tampa externa e fazer um furo do mesmo

diâmetro do termômetro na tampa interna. A Figura 1 ilustra os equipamentos e materiais necessários para a atividade experimental.

Figura 1 – Equipamentos didáticos utilizados na atividade experimental



Fonte: dados da pesquisa, 2014.

Para sua realização, a atividade dividiu-se em duas etapas: inicialmente, mediu-se a capacidade térmica da garrafa e, posteriormente, o calor específico do metal em estudo. Para efeitos de análise e discussão dos resultados, selecionaram-se, para a atividade, quatro calorímetros (garrafas térmicas), uma amostra de cada metal com massas distintas (27,4 g de alumínio e 113,8 g de cobre), além dos demais equipamentos (balança, becker, ebulidor). Na escola, o professor poderá se limitar à utilização de apenas um calorímetro e um metal.

Para obter o valor do calor específico do metal em estudo (alumínio ou cobre), antes de tudo, é necessário medir a capacidade térmica do calorímetro. Para tanto, o procedimento, que se repetiu para as quatro garrafas térmicas, foi misturar, no interior de cada uma delas, aproximadamente, 110 ml de água quente com 300 ml de água fria. Conhecendo-se a massa do calorímetro, as quantidades de água fria e quente e as temperaturas dessas massas de água, bem como a temperatura de equilíbrio térmico no interior da garrafa, obteve-se o valor da capacidade térmica do calorímetro (C).

As equações (1), (2) e (3) foram as utilizadas na obtenção desse valor, que está representado na Tabela 1, onde se encontram os valores para cada calorímetro.

$$\sum Q_{cedido} + \sum Q_{recebido} = 0$$

(1)

$$Q = C \cdot \Delta T$$

(2)

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

(3)

A equação (1) refere-se ao balanço energético, e as equações (2) e (3) destinam-se a determinar a quantidade de calor. Os valores da capacidade térmica obtidos para cada calorímetro em cada uma das amostras são apresentados nas tabelas exibidas na próxima seção e relacionadas à medida de calor específico dos respectivos metais.

Para a medida do calor específico, procedeu-se de maneira análoga ao executado para a medida da capacidade térmica, tomando-se o cuidado de utilizar a mesma quantidade de água definida anteriormente para a capacidade térmica do calorímetro. Para a obtenção do valor do calor específico de cada amostra nos respectivos calorímetros, iniciou-se pela medida da temperatura da massa de água contida no calorímetro, para, na sequência, inserir o pedaço de metal no interior do recipiente, cuja temperatura inicial era a ambiente. Imediatamente, tampou-se o calorímetro, introduzindo-se o termômetro no orifício da tampa. Aproximadamente um minuto após, verificou-se a temperatura do equilíbrio térmico.

De posse dos valores obtidos no experimento, procedeu-se ao cálculo do valor do calor específico do metal em estudo, utilizando as mesmas fórmulas já mencionadas. Repetiu-se tal processo para cada um dos quatro calorímetros, de modo a obter-se um conjunto de valores para o calor específico do metal em estudo (alumínio). Da mesma forma, repetiu-se o procedimento para obter o conjunto de valores para o outro metal (cobre). Como já mencionado, os valores obtidos com os experimentos estão expressos em duas tabelas, que serão apresentadas na próxima seção.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado da atividade experimental didática, classificada, no estudo de Pinho-Alves (2000), como de comprovação, apresenta-se, na sequência, uma tabela contendo os valores medidos em cada experimento realizado para cada metal (alumínio e cobre). Na perspectiva de variar o calorímetro, optou-se por trabalhar com quatro deles, cujas capacidades térmicas são distintas, e dois metais diferentes (cobre e alumínio). Assim, há os calorímetros 1, 2, 3 e 4 para cada metal.

Por questões de otimização dos resultados, e a fim de não se tornar exaustivo o uso de tabelas, decidiu-se apresentar os valores já calculados de capacidade térmica de cada calorímetro. Dessa forma, a Tabela 1 refere-se aos valores da segunda etapa da atividade e que permitem obter o valor do calor específico para o alumínio.

Tabela 1 – Valores do calor específico do alumínio

C [cal/g]	m _{água quente} [g]	m _{metal} [g]	T _{inicial} água e calorímetro [°C]	T _{inicial} metal [°C]	T _{final} [°C]	c [cal/g.°C]
9,331	399,2	27,4	65	17	64	0,317
18,732	398,4	27,4	61	14	60	0,330
20,443	396,6	27,4	64	17	63	0,330
17,261	400,6	27,4	66	16	65	0,311

Fonte: dados da pesquisa, 2014.

Na primeira coluna da tabela, apresentam-se os valores de capacidade térmica (C) do calorímetro; na segunda coluna, a massa de água quente; na terceira, a massa do metal; na quarta, a temperatura inicial

da água e do calorímetro; na quinta, a temperatura final do sistema que representa a temperatura de equilíbrio térmico; e na última coluna, estão expressos os valores do calor específico do alumínio obtido em cada calorímetro. Nota-se que o valor da temperatura inicial do metal, embora representando o valor

da temperatura ambiente, varia entre os calorímetros, pelo fato de as medidas terem sido realizadas em dias distintos.

Na última coluna, os valores apresentados expressam os resultados finais da atividade experimental. A análise desses valores evidencia características inerentes às atividades experimentais, especialmente as de natureza didática. Dentre essas características, está o esperado calor específico com valor uniforme, seguindo o apresentado no livro didático. Porém, percebe-se uma pequena variação entre alguns desses valores, o que é, normalmente, esclarecido em termos dos desvios de medida, sobretudo quando se efetuam medidas com instrumentos como os utilizados no presente estudo. As variações mais expressivas, assim como a existência da própria variação, tornam-se, entretanto, um desafio para o professor, ao mesmo tempo em que constituem uma excelente oportunidade para provocar discussões sobre o conceito de calor específico.

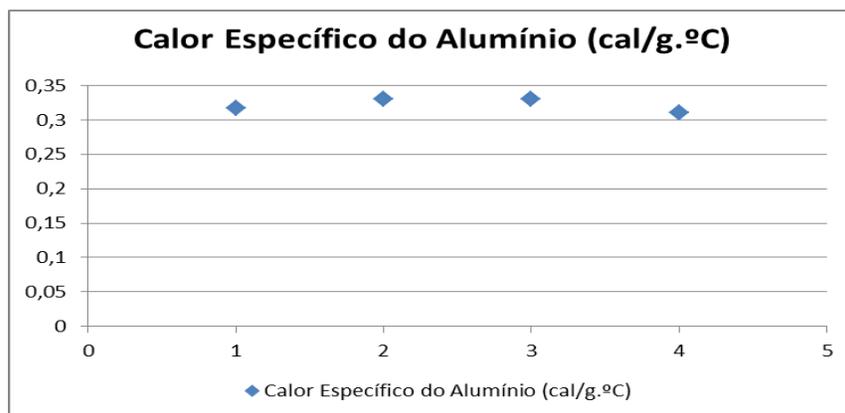
Analogamente, tem-se a Tabela 2, cujos valores referem-se ao cobre.

Tabela 2 – Valores do calor específico do cobre

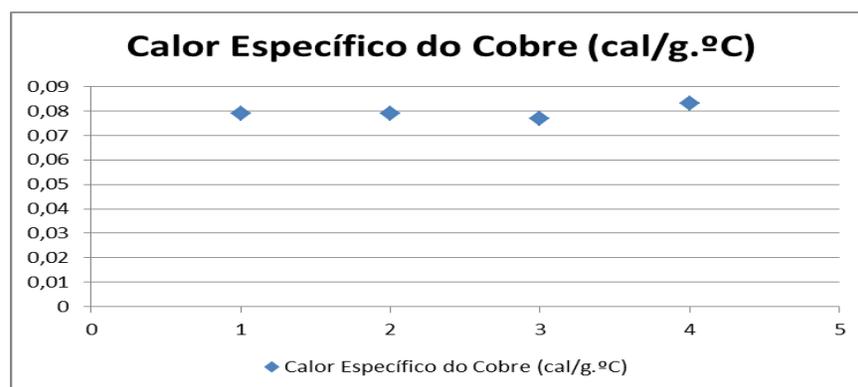
C [cal/g]	m _{água quente} [g]	m _{metal} [g]	T _{inicial} água e calorímetro [°C]	T _{inicial} metal [°C]	T _{final} [°C]	c [cal/g.°C]
18,315	395,5	113,8	61	14	60	0,079
19,096	395,2	113,8	62	15	61	0,079
21,323	399,4	113,8	65	16	64	0,077
26,230	403,8	113,8	63	17	62	0,083

Fonte: dados da pesquisa, 2014.

Os dados expressos nas duas tabelas podem ser visualizados nos gráficos a seguir, encontrando-se, no Gráfico 1, os valores referentes ao alumínio e, no Gráfico 2, ao cobre.

Gráfico 1 – Valores obtidos para o calor específico do alumínio

Fonte: dados da pesquisa, 2014.

Gráfico 2 – Valores obtidos para o calor específico do cobre

Fonte: dados da pesquisa, 2014.

Os dados apresentados neste texto oportunizam a reflexão e a discussão, em sala de aula, de aspectos importantes relacionados ao conhecimento científico em estudo e que se mostram inerentes à realização de atividades experimentais, tais como:

- a relação entre teoria e prática – os valores dos calores específicos anunciados nos livros didáticos e os encontrados nas atividades realizadas em laboratório didático mostram-se diferentes, em razão de aspectos distintos, como os desvios de medida, a pureza do material e os instrumentos de medição, entre outros;

- a diferença significativa entre os valores de capacidade térmica para os calorímetros (garrafas térmicas) – mesmo utilizando massas de água equivalentes no interior dos calorímetros, observou-se uma significativa diferença entre eles, que, na vida cotidiana, pode ser traduzida pela maior ou menor eficiência das garrafas térmicas;
- a massa de metal necessária para obter variações de temperatura – o experimento evidenciou a necessidade de se trabalhar com massas diferentes para cada um dos metais, cujos valores precisaram ser testados por diversas vezes, tendo em vista que, para massas pequenas, não era possível detectar (mensurar) uma variação na temperatura da água no interior do calorímetro. A questão é que o termômetro comum possibilita medir a temperatura de grau em grau, e a quantidade do metal precisa ser suficiente para que se observe essa redução na temperatura na medida do equilíbrio térmico.

Ainda, nesse mesmo quesito, pode-se discutir por que para o alumínio foi possível observar essa redução de temperatura com uma massa aproximadamente quatro vezes menor que a do cobre. Sem dúvida, porém, outros aspectos poderão ser discutidos com base nos experimentos apresentados, fomentando reflexões e aprofundando os conhecimentos abordados em sala de aula.

Por fim, destaca-se que o método utilizado na medida dos calores específicos mostrou-se válido para as questões acima apresentadas e poderá ser aproveitado em sala de aula, especialmente em se tratando do laboratório didático no ensino médio. Além disso, o estudo também pode servir para mostrar aos estudantes situações contextualizadas e de aplicação dos conhecimentos em Física, ultrapassando a visão de que as aulas experimentais apenas “comprovam fenômenos discutidos teoricamente”. Tal “comprovação” também se revelou um aspecto importante sob o ponto de vista didático, evidenciando que esse tipo de atividade experimental, muito criticado na literatura, pode ser adaptado a concepções atuais de ensino, como a vertente construtivista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo apresentou e discutiu uma proposta de atividade experimental para o estudo de calor específico dos metais, envolvendo equipamentos e materiais de fácil aquisição. O objetivo esteve em ofertar subsídio à ação dos professores, especialmente os que ministram aula no ensino médio em escolas públicas.

A alternativa didática selecionada para o estudo foi uma abordagem apoiada na perspectiva de Pinho-Alves (2000) referente à concepção construtivista. De forma mais específica, o autor categoriza as possibilidades de atividades experimentais, discorrendo sobre cada uma delas e suas características. Dentre essas possibilidades, optou-se pela denominada de “comprovação”, que, conforme mencionado ao longo do texto, tem a intenção de transpor para o laboratório os exercícios presentes nos livros didáticos de Física, como por exemplo, as atividades que envolvem trocas de energia na forma de calor.

Os resultados da proposta apresentada mostraram possibilidades e alternativas para discutir o conceito em estudo e acrescidas do incremento que atividades de natureza experimental proporcionam podem auxiliar na apropriação concretas dos conteúdos. Como continuidade do estudo, pretende-se apresentar outras propostas de atividades experimentais, seguindo as demais categorias anunciadas por Pinho-Alves (2000). Ainda nessa direção, surge a necessidade de que materiais orientativos sejam produzidos, para que os professores possam, efetivamente, utilizar esse tipo de atividade em seu fazer pedagógico, sem que, para isso, precisem ter à sua disposição laboratórios sofisticados de Física.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, S. M.; LABURU, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. **Ciências & Educação**, v. 3, p. 14-24, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **PCN+** Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2002.

BORGES, Tarcisio. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

DARROZ, L. M.; PEREZ, C. A. S. Princípio de Arquimedes: uma abordagem experimental. **A Física na Escola**, v. 12, n. 2, p. 28-31, out. 2011.

HODSON, D. Redefining and reorienting practical work in School Science. **School Science Renew**, v. 70, n. 256, p. 33-40. 1992.

MILLAR, B. towards a role for experiment in the science teaching laboratoring. **Studies in Science Education**, v. 14, p. 109-118, 1987.

PINHO-ALVES, José. Fo. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ROSA, Cleci T. Werner da. **A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física**. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ROSA, Cleci T. Werner da; ROSA, Álvaro Becker da Rosa. Atividades experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização de roteiro para aulas de Física. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2012a.

ROSA, Cleci T. Werner da; ROSA, Álvaro Becker da Rosa. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-Americana de Educación**, v. 58, n. 2, 2012b.

SILVA, L. H. de A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens. Piracicaba: CAP