
FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES NUMA VISÃO CONSTRUTIVISTA: CONTEXTOS DIDÁTICOS, ESTRATÉGIAS E FORMAS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA⁺

Suzana Maria Coelho

Antônio Dias Nunes

Faculdade de Física – PUCRS

Lilian C. Nalepinski Wiehe

Grupo de Pesquisa em Didática das Ciências – GPDC

Faculdade de Física – FAFIS

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS

Porto Alegre – RS

Resumo

O presente artigo discute resultados parciais obtidos em uma pesquisa visando a formação continuada de professores dos ensinos Fundamental e Médio, considerando a experimentação como eixo central e a aprendizagem numa perspectiva construtivista. Pretendeu-se analisar como ocorre a apropriação do saber pelos docentes nesse contexto, quais suas dificuldades e que situações favorecem sua aprendizagem, assim como estudar conseqüências dessa formação em suas aulas. Treze professores participaram de oficinas durante as quais se propôs a investigação de fenômenos eletrostáticos com a construção de dispositivos experimentais usando material de baixo custo e, ao mesmo tempo, abriu-se um espaço para reflexão e análise crítica de sua prática pedagógica. A abordagem metodológica da investigação foi qualitativa, os dados tendo sido coletados a partir do registro da produção oral e escrita dos sujeitos da pesquisa, assim como das observações dos pesqui-

⁺ Professional teachers' development through a constructivist approach: didactic contexts, strategies and learning styles in experimental Physics teaching

* *Recebido: maio de 2007.*

Aceito: dezembro de 2007.

sadores. Os contextos didáticos criados possibilitaram a identificação de dificuldades de ordem conceitual e lingüística, assim como de determinadas formas de aprendizagem, tal como a aprendizagem pela ação e pela ação conjunta. Processos de metacognição permitiram um olhar crítico sobre os mecanismos de apropriação do conhecimento científico. Supõe-se que a vivência e a análise de situações semelhantes àquelas que poderão ser propostas aos alunos possa favorecer um isomorfismo com futuras possíveis ações em sala de aula. Esta proposta de formação parece promissora para consolidar mudanças metodológicas advindas de novas concepções e modelos de professor, diferentes daqueles considerados como tradicionais. A análise dos dados relativos às reflexões sobre a prática docente e o modo como aconteceu a transposição de conteúdos e métodos vivenciados para a sala de aula apontam nesse sentido e serão objeto de um futuro artigo.

Palavras-chave: Formação continuada, ensino experimental de Física, abordagem construtivista, formas de aprendizagem.

Abstract

The present paper discusses the partial results obtained from a research that aimed professional development courses for primary and secondary school teachers, under a constructivist and hands-on approach. The intention was to analyze how teachers grasp knowledge under such context, what difficulties emerge and what situations favour their learning process, as well as to study the consequences of professional development courses on their classroom practices. Thirteen teachers participated on workshops during which the investigation of electrostatic phenomena was proposed and low cost experimental apparatus were built, and simultaneously teachers had the opportunity to reflect and analyze their pedagogic practices. The methodological approach of this investigation was qualitative, data were collected with records of oral and written outcomes from researched subjects, as well as records of researchers observations. The learning context generated in those workshops

enabled the identification of both conceptual and linguistic difficulties, along with other learning forms, such as action learning and group action learning. Metacognition processes fostered a critical view upon the mechanisms of scientific knowledge acquisition. It is assumed that the experience and the analysis of situations that are similar to those proposed to students might favour an isomorphism with future classroom actions. This professional development proposal seems promising as to consolidate methodological changes arisen from teachers' new models and conceptions, different from those regarded as traditional. The analysis of the data regarding the reflections on teachers' practices and how the transposition of methods and contents to classrooms happened indicate to this sense and will be covered in a future paper.

Keywords: *Professional development, hands-on teaching of Physics, constructivist approach, learning styles.*

I. Introdução

A falta de apoio material e pedagógico das escolas para o desenvolvimento de metodologias que privilegiem atividades experimentais investigativas, bem como limitações na formação acadêmica do professor em relação ao saber experimental são fatores que contribuem para a ausência ou realização não sistemática de experimentação na realidade escolar do ensino de Física nos níveis Fundamental e Médio. A formação continuada tem, assim, um importante papel por possibilitar aos professores o conhecimento de novas metodologias aplicáveis ao ensino experimental de Física.

Este trabalho apresenta resultados parciais de uma pesquisa desenvolvida durante atividades de formação continuada destinada a professores do ensino Fundamental e Médio, tendo como princípios norteadores uma concepção construtivista da aprendizagem, o educar pela pesquisa e o aprender sobre a natureza da ciência, privilegiando a experimentação como atividade científica central na construção do conhecimento científico.

Analisou-se como ocorre a aprendizagem nesse contexto, assim como foram identificados obstáculos e situações que favoreceram a apropriação do saber pelos docentes. Desenvolver uma metodologia que leve em conta as dificuldades

dos professores, seu conhecimento prévio e as formas como aprendem é importante por sua possível repercussão na prática pedagógica. Acredita-se que a vivência de situações semelhantes àquelas que o professor poderá desenvolver com seus alunos possa promover nele mudanças de concepções quanto a atitudes, métodos e conteúdos, o que facilitaria a integração da metodologia experimentada em sua realidade escolar. Supõe-se que esse isomorfismo, ainda que não obrigatório e certo, possa ser facilitado, quando se associa o “saber” ao “saber fazer” nas atividades destinadas à formação do professor.

II. Pressupostos Teóricos

II.1 Abordagem com características de uma epistemologia construtivista

Optou-se por uma abordagem com características de uma epistemologia construtivista (GIORDAN, 1978, 1996; COELHO et al., 2000; MORAES, 2000; SCHEIN, 2004), no sentido, por exemplo, de se considerar o conhecimento prévio do professor, através das atividades propostas, visando conhecer as idéias prévias e considerá-las no planejamento das atividades; de não se fornecer respostas prontas permitindo a investigação dos fenômenos e a formulação livre de questionamentos com elaboração de hipóteses e ampla discussão dos problemas; de se favorecer a interação social nos pequenos e grandes grupos e mediar as discussões, além de se manter uma flexibilidade no planejamento das atividades. Os professores são responsáveis pela construção de seu conhecimento, são atores de sua própria formação, têm autonomia, constroem os dispositivos experimentais, realizam experimentos, elaboram, testam e confrontam hipóteses, fazem previsões, explicam e comunicam suas idéias.

Numa visão construtivista, que pressupõe a interação do sujeito com o mundo concreto dos objetos e também em termos sócio-culturais, a ação e ação conjunta dos sujeitos que aprendem adquirem um relevante papel nos processos de ensino-aprendizagem. Na aprendizagem pela ação, a ação, ao ser reforçada por um fato, faria a pessoa aprender o que é preciso saber para sua ação dar certo (WEIL-BARAIS, 1993). A própria ação é fonte de conhecimento. Nesse sentido, Piaget opõe os processos de abstração simples e abstração reflexivante, mostrando a importância das atividades manipulatórias na passagem dos aprendizes para níveis de abstração mais elevados e na aquisição do conhecimento construído empiricamente por manipulação de observáveis, de objetos materiais concretos.

No que se refere à ação conjunta, Weil-Barais (1993) considera que:

As situações sociais aparecem como reveladoras de diferenças que permitem aos indivíduos tomar consciência de respostas diferentes das suas. [...] São nas situações em que os sujeitos agem juntos para alcançar um objetivo comum – situações de ação conjunta – que as ocasiões de emergência de conflito são mais numerosas (p. 446).

A experimentação poderia vir a favorecer essas formas de aprendizagem ao propiciar situações para a criação de elos entre o mundo real, transformado pelos procedimentos e pelas técnicas, o dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens e simbolismos utilizados em Física (SÉRÉ et al., 2003).

A relação dialética entre teoria e experimento pode, assim, ser vivenciada em sala de aula, considerando-se esses elementos, essenciais no trabalho científico. Segundo Séré (2003):

Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das 'linguagens', tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens (p. 39).

II.2 Formação de professores

A formação de professores implica duas perspectivas a serem consideradas: por um lado, os saberes referentes aos conteúdos e as especificidades da disciplina a ser ensinada e, por outro lado, aos saberes inerentes à profissão de professor, ou seja, ao saber ensinar. Ambos os aspectos foram contemplados na formação continuada proposta, num contexto de formação pela pesquisa, havendo, assim, a possibilidade de investigar no plano disciplinar e também na perspectiva da prática docente.

Considerando aspectos cognitivos, de atitudes e métodos, quando o aprendiz, aluno ou professor, produz os dispositivos experimentais e investiga procedimentos para que os mesmos funcionem, a experimentação assume características que refletem de alguma maneira a atividade científica. Essa aproximação tem

como prática social de referência o trabalho científico¹. Muitos autores (GIORDAN, 1978; PEREZ, 1983, 1986, 1988; COELHO et al., 2000; SÉRÉ et al., 2003) compartilham essa forma de pensar, ou seja, que é importante criar, no ambiente escolar, situações que reflitam, de alguma forma, o modo de se fazer ciência e que esta similitude possa favorecer a aprendizagem, estimular o gosto pelas ciências e atribuir-lhe uma imagem mais positiva. Através da experimentação é possível adquirir conhecimento não apenas teórico, mas também em termos de atitudes e métodos próprios da atividade científica.

O trabalho experimental, desenvolvido na formação de professores, traz implícitas no seu planejamento mensagens de como são concebidos o funcionamento e a natureza da ciência. Entretanto, considerou-se importante deixar explícitos pontos de vista filosóficos que permitissem uma reflexão dos professores sobre essa natureza como, por exemplo, a dependência teórica das observações e a complexidade das relações entre experimento e teoria (CHALMERS, 1997; DUHEM, 1982). Pesquisas e discussões de temas sobre a história da ciência, como a história da eletricidade estática (CARVALHO, 1973) e a evolução das máquinas eletrostáticas, integram as estratégias adotadas por se considerar que possam permitir uma melhor compreensão da natureza da prática científica. A utilização de leituras e discussões de artigos em didática das ciências, abordando aspectos relacionados à experimentação, como Séré (2000), Borges (2002) e Perez (1983, 1986, 1988), levam também a uma reflexão epistemológica.

Concepções filosóficas mais modernas convergem no sentido de conferirem à teoria um papel primordial na atividade científica (KUHN, 1977; KOYRÉ, 1973; POPPER, 1973; DUHEM, 1982; CHALMERS, 1997), precedendo a observação e sendo imprescindíveis no próprio processo de coleta e interpretação de resultados experimentais. Assim, por exemplo, Duhem (apud MASSAIN, 1982) considera que uma experiência de física não é simplesmente a observação de um fenômeno, mas a interpretação teórica deste fenômeno. Da mesma forma, Koyré (1973) afirma que não somente as experiências válidas são fundamentadas em uma teoria, mas os próprios meios que permitem sua realização são a própria encarnação da teoria.

De um ponto de vista didático, a postura do professor frente à experimentação e suas escolhas relacionam-se com sua própria concepção de ciência. Ou

¹ O conceito de prática social de referência foi criado por Jean-Louis Martinand (apud COELHO, 1991), segundo o qual as práticas sociais de referência seriam atividades sociais que serviriam de referência às atividades escolares.

seja, na sua forma de organizar as atividades experimentais fica implícita uma concepção filosófica que o professor pode manifestar por adotar estratégias baseadas, por exemplo, no indutivismo, no falseamento de Popper, no convencionalismo ou outra. De qualquer forma, a relação teoria-experimento é complexa e dinâmica. O *status* conferido aos dados provenientes da experiência ou à teoria pode variar com a situação e o que parece importante é que o professor tome consciência da complexidade e da natureza dialética desses dois aspectos do trabalho científico.

Segundo Halbwachs (1975), quando o professor apresenta aos alunos uma experiência purificada, o trabalho intelectual de identificação dos fatores pertinentes, que é capital no desenvolvimento da atividade operatória do aluno, é descartado. Ao propor a compreensão do funcionamento de dispositivos técnicos, evita-se um programa linear pré-estabelecido que leva, muitas vezes, à abordagem de problemas sem significado para os alunos.

Uma metodologia fundamentada na construção do material experimental favorece a investigação em nível fenomenológico e técnico dos dispositivos e as ações de fazer e testar o material incitam o sujeito a questionar e investigar os princípios e conceitos envolvidos no experimento e a atribuir um significado pessoal a esses conceitos.

Além disso, reflexões envolvendo a aplicação da metodologia vivenciada em sala de aula e a análise das reações dos alunos caracterizaram um segundo aspecto da formação pela pesquisa proposta. Conforme Astolfi (1991), uma formação pela pesquisa conduziria professores a uma maior capacidade de análise das situações e das tomadas de decisões em sua prática docente. Os resultados obtidos referentes a essa temática serão apresentados, posteriormente, em outro artigo.

Segundo o princípio de isomorfismo, defendido pelo mesmo autor, considera-se que, ao fazer com que professores vivam e analisem situações semelhantes àquelas que poderão propor a seus alunos, seja mais provável que integrem o novo conhecimento em suas estratégias metodológicas.

III. Metodologia

III.1 Abordagem metodológica

O trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa (TRIVIÑOS, 1987; BOGDAN apud LÜDKE, 1986), grande parte dos dados tendo sido obtidos na relação dos pesquisadores com a situação estudada, no caso, o grupo de professores participantes das oficinas.

III.2 As oficinas

Dois pesquisadores mediarão as atividades desenvolvidas com treze professores, tanto nos trabalhos de equipe, de três a cinco componentes, como nas discussões e debates coletivos, durante quatorze encontros de quatro horas.

A metodologia adotada permitiu aos sujeitos da pesquisa investigar com autonomia os fenômenos e o funcionamento dos dispositivos experimentais do ponto de vista físico e técnico e, também, lançar um olhar crítico sobre sua prática docente.

Uma gama variada de estratégias didático-pedagógicas integram essa metodologia, como confecção de material didático de baixo custo, discussões e debates para confrontar pontos de vista e expor hipóteses, teste de equipamentos construídos, possibilidade de questionar, pesquisar e realizar consultas bibliográficas, estudo e análise de textos e artigos envolvendo didática, história e filosofia das ciências, comunicação oral e escrita de argumentos, análise de vídeos, discussões de resultados de pesquisas recentes relacionadas ao ensino de Física, reflexão e planejamento de atividades didáticas para o ensino com base no conhecimento adquirido nas oficinas e relatos orais e relatórios escritos das atividades com alunos.

Vários dispositivos experimentais foram construídos, testados e analisados durante as oficinas², como eletroscópios, eletróforo de Volta, máquinas eletrostáticas, garrafa de Leyden, dispositivos para estudo do campo elétrico, da blindagem eletrostática e do poder das pontas, barquinho eletrostático e balança analítica, detalhados em anexo.

Ferramentas e materiais de baixo custo foram disponibilizados para a construção dos protótipos que foram doados aos professores para utilização nas escolas.

² Os protótipos ou dispositivos experimentais construídos para a realização dos experimentos foram concebidos originalmente pelo Prof. Dr. Norberto Ferreira e foram reproduzidos, aperfeiçoados e testados na Faculdade de Física da PUCRS, assim como os respectivos roteiros, num intercâmbio com a Universidade de São Paulo (USP) através de um Projeto de Instrumentação para Ensino (IPE) desde 1996. No trabalho das presentes oficinas, contou-se com a colaboração do Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa (CIDEPE), coordenado pelo professor Luiz Antônio Ramos, que projetou e construiu, com base num protótipo já existente na Faculdade de Física, desenvolvido no projeto IPE, exemplares da Máquina Eletrostática de Nairne, os quais foram doados aos professores participantes das oficinas.

III.3 Coleta e análise de dados

O corpus foi constituído a partir das transcrições da produção oral dos participantes (PO), de relatórios escritos (R), questionários (Q), observações dos pesquisadores (O) e fotos. As siglas entre parênteses permitirão identificar a origem das citações presentes na análise de resultados.

Três tipos de questionários foram aplicados em diferentes etapas da pesquisa: o primeiro, com o objetivo de detectar obstáculos e dificuldades dos participantes na aprendizagem e no ensino de ciências e suas expectativas em relação a esses aspectos; o segundo refere-se a temas tratados nas oficinas, abordando conceitos de eletricidade estática e o terceiro, aplicado ao final dos trabalhos, constituiu um instrumento de avaliação. As manifestações orais transcritas, as observações dos pesquisadores, assim como os relatórios finais, permitiram ampliar a análise dos aspectos anteriormente mencionados.

O cruzamento de parte desses dados, analisados pela técnica de análise de conteúdo (MINAYO, 1994; TRIVIÑOS, 1987; BARDIN, 2004), possibilitou a construção, após sucessivas leituras para interpretação do material coletado, de categorias, construídas em função do referencial teórico e empírico e dos objetivos da pesquisa, obtendo-se, assim, informações sobre alguns dos processos que levaram os participantes desta pesquisa à apropriação do saber e sobre situações que favoreceram sua aprendizagem.

IV. Resultados

Os resultados obtidos enfocam o conhecimento prévio dos docentes, relacionando-o aos contextos didáticos em que se desenvolveu a pesquisa, tendo sido analisados o “saber fazer” e o “saber explicar”.

A aquisição de conceitos e formas de aprendizagem, incluindo-se a análise dos papéis da experimentação, foram discutidas à luz de processos metacognitivos, levando-se em conta a percepção do professor sobre os processos e mecanismos de apropriação do seu conhecimento (auto-avaliação).

IV.1 Conhecimento prévio e situações de aprendizagem

IV.1.1. Saber fazer – aprendizagem pela ação

Algumas ações mal sucedidas em atividades relativas aos processos de eletrização por atrito, contato e indução, revelam dificuldades conceituais ou então que o saber não é completamente reinvestido nesse contexto.

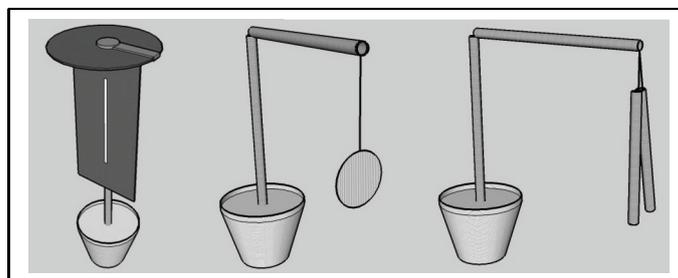


Fig. 1 - Exemplos de eletroscópios (a) eletroscópio de cartão, com base constituída de massa de modelar, o suporte com canudos de plástico e palito de churrasco e o corpo construído com papel offset, papel de seda e grampo bailarina; (b) pêndulo eletrostático, confeccionado com papel alumínio, fio de seda, canudos de plástico, grampo bailarina e massa de modelar e (c) pêndulo duplo, feito com canudos de plástico, massa de modelar e fio de seda.

Essas ações foram evidenciadas durante a construção e o teste de eletroscópios (Fig. 1) e de um modelo de eletróforo de Volta (Fig. 2).

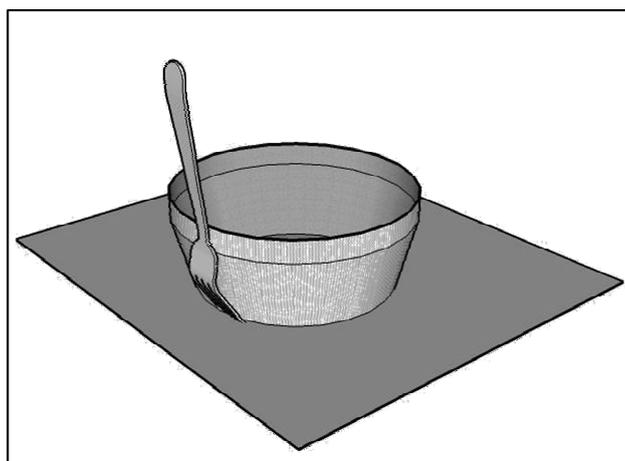
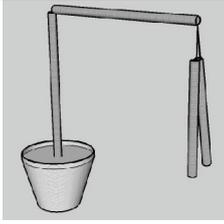
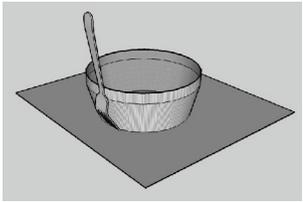
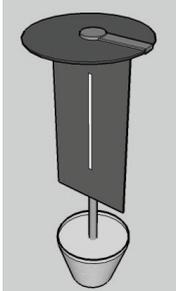


Fig. 2 - Modelo de Eletróforo de Volta, construído com um prato de alumínio, um garfo de plástico e fita crepe. O eletróforo foi eletrizado por indução, sendo colocado em contato com um saco plástico eletrizado por atrito e utilizando-se a mão encostada na sua parte interna como fio terra. Uma lâmpada de néon permitia a identificação do sinal da carga do mesmo.

O quadro a seguir ilustra algumas dessas situações:

Exemplos de ações que não deram certo, observadas durante as oficinas (O)		
1	<i>Tentar eletrizar dois canudos de plástico (pêndulo duplo) encostando-se aos mesmos um canudo eletrizado.</i>	
2	<i>Tentar encostar várias vezes a lâmpada de néon no eletróforo eletrizado.</i>	
3	<i>Atritar consecutivamente o canudo de plástico com dois materiais de naturezas diferentes, por exemplo, papel e pano (eletrização por atrito).</i>	
4	<i>Encostar a mão no eletróforo durante o experimento (condutor e terra).</i>	
5	<i>Tocar o canudo de plástico no eletroscópio de cartão, ao invés de deslocá-lo sobre o mesmo e girá-lo várias vezes.</i>	

Nessas ações, as diferenças entre o comportamento de materiais isolantes e condutores, assim como os processos de eletrização relacionados a estes, não foram inicialmente consideradas nas ações dos professores. No exemplo 1, a eletri-

zação de materiais isolantes por contato não ocorreu e a eletrização dos canudos por atrito somente foi realizada após discussão entre colegas e pesquisadores.

No exemplo 2, sendo o eletróforo um bom condutor, um único bom contato produziria a descarga na lâmpada, descarregando o eletróforo eletrizado. O contato com a mão (exemplo 4) produziria sua descarga e esta ação ocorre com frequência durante os experimentos. Essa vivência conscientiza o professor da condutividade elétrica do corpo humano.

No exemplo 3, a utilização de materiais diferentes, consecutivamente, na fricção pode não produzir ou dificultar a eletrização do canudo, dependendo da sua tendência de ceder ou receber elétrons. A ação que não deu certo, neste caso, suscita questionamentos e uma reflexão que favorecem um melhor entendimento do processo de eletrização por atrito.

No último exemplo, a eletrização do eletroscópio só se torna possível quando diferentes partes do canudo eletrizado tocam o eletroscópio, pois o canudo é isolante.

Ações mal sucedidas dos sujeitos durante o teste dos dispositivos experimentais favorecem uma conscientização da falha por não considerarem corretamente, na situação, alguns conceitos físicos e uma aprendizagem do que é preciso saber para sua ação dar certo. A própria ação é, então, fonte de conhecimento. Ao realizar os experimentos e fazê-los funcionar, o conhecimento é aplicado numa situação real, favorecendo uma contextualização dos conceitos e uma efetiva aprendizagem. Essas situações permitem que se estabeleça uma relação entre o mundo simbólico e conceitual e o referencial empírico, sinalizando como o experimento pode ser importante na construção do conhecimento. É na busca do saber fazer que surgem situações favoráveis à aprendizagem, ou seja, questionamentos, elaboração de hipóteses, confrontação de idéias nas interações entre pessoas, ou entre idéias e observações experimentais, colocando em jogo as concepções prévias do aprendiz, criando-se uma dinâmica que favorece uma efetiva apropriação do conhecimento

Considerou-se um indicador de aprendizagem, encontrado em relatos de atividades com alunos, o fato de os professores terem tomado consciência dessas dificuldades e chamarem a atenção de seus alunos sobre as mesmas.

IV.1.2 Saber explicar: questões conceituais e de linguagem

IV.1.2.1 Problemas de sintaxe e imprecisões de linguagem

Na linguagem do professor, aparecem termos ou explicações não compatíveis com o significado científico, o que pode denotar um desconhecimento con-

ceitual. No contexto de sala de aula, expressões imprecisas, ou mesmo incorretas na explicação do professor, podem induzir o aluno a uma interpretação do fenômeno em questão não compatível com a científica.

O extrato abaixo constitui um exemplo:

Sujeito A- (R)[...] *como o prato estava em contato com o material eletrizado, a mão servia para fazer a separação das cargas, já que o prato em contato com o plástico eles estariam se carregando com as mesmas cargas [...].*

Há um aspecto dúbio na expressão “**a mão servia para fazer a separação das cargas**”, pois a mão não serve para separar as cargas no eletróforo, sendo esta separação provocada pelo indutor (no caso o saco plástico atritado). Por outro lado, sem a mão não ocorreria a eletrização e, portanto, a separação de cargas.

Ainda em relação às questões de linguagem, o termo “**as mesmas cargas**”, usado em lugar de “**cargas de mesmo sinal**”, reflete também uma imprecisão de linguagem que pode interferir na aprendizagem do aluno.

O quadro a seguir traz outros exemplos representativos de dificuldades de sintaxe e imprecisões de linguagem, em que as explicações são, freqüentemente, vagas e incompletas.

Exemplos de extratos de respostas a questões formuladas previamente ao estudo das descargas atmosféricas (Q)	
Questões	Respostas
<i>A seu ver, como se processa uma descarga elétrica?</i>	<i>Sujeito B - Quando nuvens carregadas eletricamente com cargas elétricas se encontram, ocorre uma descarga. Sujeito E - Pelo encontro entre os dois pontos com diferentes sinais. Sujeito D - A descarga se processa em um processo de eletrização.</i>
<i>Diga, sucintamente, como uma nuvem se eletriza.</i>	<i>Sujeito B - Uma nuvem se eletriza através da poeira e das gotas de água sabendo que água são eletrizadas.</i>
<i>Que medidas você considera importantes para proteção das descargas elétricas?</i>	<i>Sujeito C - Um bom condutor para neutralizar os pólos.</i>
<i>A antena externa de TV, a seu ver, pode servir de para-raios? Explique.</i>	<i>Sujeito D - Na lógica pela lei das pontas poderia servir.</i>

Analisando as respostas dos sujeitos, percebe-se, por exemplo, que o verbo “encontrar” sugere colisão, o que não corresponde à explicação científica, assim como o termo “pontos” também não tem significado físico.

Embora, como certos autores denotam (COELHO et al., 2000), seja importante considerar a linguagem do aluno e demonstrar tolerância no sentido de partir, muitas vezes, de uma linguagem mais acessível e próxima à deste último durante os processos de aprendizagem para, gradualmente, incorporar a utilização de uma terminologia científica mais rigorosa, não se justificaria, por outro lado, a utilização de uma linguagem imprecisa, por parte do professor, capaz de gerar interpretações incorretas dos fenômenos, dificultando a aprendizagem de conceitos científicos.

Por isso a importância de serem criadas situações e atividades de ensino-aprendizagem que possibilitem a comunicação e a produção oral e escrita, incluindo-se também o sistema de avaliação em cursos de licenciatura e de formação continuada de professores.

A exigência de uma formação mais rigorosa, no que refere à língua materna, deveria remontar ao Ensino Fundamental e Médio e não somente na disciplina específica de língua portuguesa, mas no conjunto de disciplinas que constituem o currículo escolar. Um esforço coletivo nesse sentido teria reflexos, com certeza benéficos, em todos os setores da sociedade e no exercício da cidadania. Em alguns países, como a França, estão sendo tomadas medidas através de projetos, como a operação *La main à la pâte*³, existente desde 1996, destinada à educação científica de crianças, que contemplam em seus objetivos a aquisição e o domínio das linguagens, entre as quais a expressão oral e escrita:

A escrita é uma forma de exteriorizar, portanto de se trabalhar o próprio pensamento. Permite identificar o que está obscuro e impreciso. Permite também conservar informações coletadas, sintetizar, formalizar para originar novas idéias. Favorece a comunicação de informações, sob a forma gráfica, às vezes difíceis de enunciar e permite o registro dos resultados de um debate (MEIRIEU et al., 1999, p. 11).

³ Em português, Mão na Massa.

IV.1.2.2 Raios e relâmpagos – confusões semânticas

Para estudar os fenômenos relativos aos raios, relâmpagos e trovões, propôs-se a construção de uma garrafa de Leyden (Fig. 3) e a produção de faíscas, eletrizando-se a garrafa com um canudo atritado e com a máquina eletrostática de Nairne (Fig. 4). Essa atividade foi realizada após uma sondagem inicial com vários questionamentos envolvendo o fenômeno das descargas atmosféricas. Materiais bibliográficos, como artigos, referências de livros e sites foram disponibilizados para que os professores buscassem respostas aos questionamentos surgidos. Além disso, os professores assistiram a um vídeo, promovendo-se um amplo debate sobre o tema.

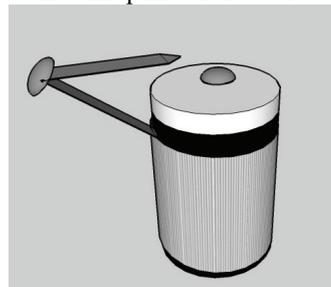


Fig. 3 – Garrafa de Leyden.

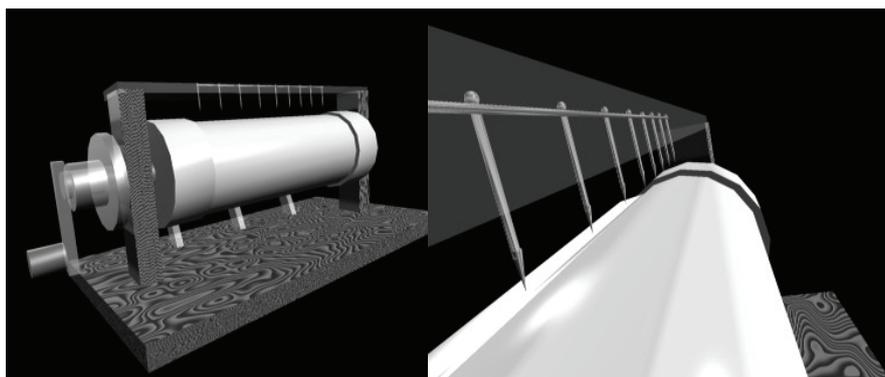


Fig. 4 - Protótipo de Máquina Eletrostática segundo um dos modelos da Máquina de Nairne, primeira máquina eletrostática construída no Brasil.

Na análise das respostas à pergunta “Para você, o que são o raio e o relâmpago?”, observa-se uma confusão semântica em relação a esses dois termos: *raio* é considerado como sendo *luz*, *descarga elétrica*, *barulho*, enquanto que *relâmpago* é compreendido como *som*, *luz* e *descarga elétrica*.

A atribuição de diferentes significados ao mesmo significante e vice-versa encontra uma consonância em textos didáticos, científicos e de divulgação. Assim, por exemplo, segundo Sousa (2005) “É muito comum aplicar-se os termos raios e relâmpagos como sendo sinônimos, apesar de eles serem diferentes e o segundo ser consequência do primeiro”. Raios são considerados pelo autor como “cargas elétri-

cas em movimento ordenado” e relâmpagos, “a iluminação produzida pelos raios”. No entanto, o termo relâmpago reaparece no mesmo texto com o significado de raio:

O relâmpago pode cair no mar? Espelhos não atraem relâmpagos, tampouco irão ‘refletir’ a descarga em cima de alguém. Relâmpagos do tipo solo-nuvem podem ser reproduzidos através de pequenos foguetes conectados a longos fios de cobre lançados na direção das tempestades (SOUSA, 2005).

IV.1.3 Confrontando concepções prévias com resultados da experimentação e /ou outras informações obtidas em artigos, sites e vídeo

No estudo da blindagem eletrostática, foram formuladas inicialmente aos professores, por escrito, questões a respeito do fenômeno a ser estudado:

1) *Como é possível proteger um objeto qualquer de efeitos elétricos de corpos eletrizados em sua proximidade? Comente sua resposta.*

2) *Um corpo encontra-se eletrizado no interior de uma gaiola de Faraday. Um corpo fora da gaiola sofre a ação do corpo que está dentro? Explique.*

3) *Uma gaiola de Faraday pode ser construída com material isolante? Comente sua resposta.*

A análise das respostas dadas às questões acima denota a existência de concepções que diferem da explicação científica, como, por exemplo, a possibilidade da gaiola ser de material isolante “*Acho que sim, pois os materiais isolantes não são condutores*” e a incompreensão dos fenômenos de blindagem interna e externa “*Se as cargas do corpo eletrizado passarem para a gaiola, a gaiola ficará eletrizada então o corpo de fora sofrerá a ação do campo da gaiola*”.

Visando a confrontação das concepções identificadas com resultados experimentais, os professores foram orientados a construir uma gaiola conforme modelo fornecido (Fig. 5), a realizar experimentos, observar fenômenos e explicá-los a partir de questões formuladas para compreensão dos fenômenos da blindagem externa e interna (COELHO et al., 2005).

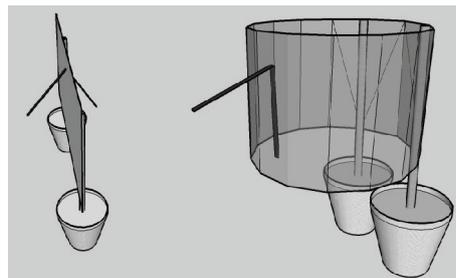


Fig. 5 - Gaiola de Faraday construída com papel sulfite, papel de seda, canudos e bases de massa de modelar.

No estudo do pára-raios, identificam-se duas interpretações distintas à função do pára-raios, conforme mostram os exemplos do quadro a seguir. Uma delas considera que o pára-raios serve para evitar o raio, tendo como papel neutralizar a carga elétrica da nuvem; a outra que o pára-raios constitui o caminho mais provável para que ocorra a descarga elétrica entre a nuvem e a Terra.

Exemplos de respostas à questão <i>Para que serve um pára-raios?(Q)</i>	
Respostas	Interpretações
<i>Sujeito C - Para neutralizar a nuvem, aí não ocorre a descarga elétrica.</i>	<i>Evitar o raio.</i>
<i>Sujeito F - Serve como proteção, para evitar que o raio caia em qualquer lugar.</i> <i>Sujeito B - Para que atraia os raios e eles sejam descarregados para a Terra.</i>	<i>Caminho mais provável para a descarga elétrica.</i>

Essas duas diferentes interpretações sobre a função do pára-raios aparecem também na literatura científica e em livros didáticos. Autores, como Pinto (2000), Máximo (2006) e Gaspar (2000), consideram que o pára-raios tem como função criar um caminho mais seguro para a descarga nuvem-Terra.

Quando uma nuvem eletrizada passa sobre o local, onde o pára-raios foi colocado, o campo elétrico estabelecido entre a nuvem e a Terra torna-se muito intenso nas proximidades de suas pontas. Então, o ar em torno das pontas ioniza-se, tornando-se condutor e fazendo com que a descarga elétrica se processe através destas pontas. Em outras palavras, há maior probabilidade de um raio “cair” no pára-raios (como se diz popularmente) do que em outro local da vizinhança (MÁXIMO, 2006, p. 63).

É por isso que os raios caem em árvores ou edifícios mais altos. Esses corpos são bons condutores em relação ao ar atmosférico ao seu redor. [...] o ar nas proximidades pode ser ionizado, abrindo caminho para a descarga líder e desencadeando todo o processo (GASPAR, 2000, p. 101).

Segundo este último, a função do pára-raios não é a mesma daquela do experimento de Franklin. Neste experimento, “seu objetivo não era atrair ou desa-

fiar raios e relâmpagos, mas impedir que eles se formassem, descarregando previamente a eletricidade das nuvens”. A finalidade do pára-raios seria outra:

[...] Se não foi possível evitar que os raios se formassem, o que hoje ainda não se conseguiu, criaram-se os pára-raios que, por sua vez, criam pontas artificiais para que os raios atinjam a superfície da Terra (GASPAR, 2000, p. 89).

Segundo Pinto (2000),

O propósito do pára-raios é iniciar uma descarga conectante sempre que um raio se aproximar dele e, com isto, criar um caminho de baixa resistência, de tal modo que o relâmpago percorra este caminho escoando em direção ao solo. Os pára-raios do tipo Franklin também são instalados nos mastros de navios [...] O mastro do barco é em geral um ponto bem mais alto que sua vizinhança e portanto suscetível de ser atingido por um raio [...] Felizmente, os barcos são bem menos atingidos por raios do que os aviões, visto que poucos raios ocorrem nos oceanos, principalmente em alto mar (p.152-6).

Outros autores expressam seus argumentos a favor da primeira interpretação, ou seja, que “um bom pára-raios é justamente aquele sobre o qual jamais um raio irá cair” (FASOLO, p. 28).

Em face dessas controvérsias, adquire relevância a discussão desse tema com professores, ressaltando-se o papel do pára-raios como um caminho mais provável para a descarga elétrica. No contexto dessa pesquisa, as estratégias adotadas incluíram a construção e exploração de um protótipo para a investigação do “poder das pontas”, a igrejinha (Fig. 6), confrontando-se as concepções dos professores a idéias de outros autores, expressas no vídeo “Electric skies” (Discovery), em sites, como o do Inpe, e outros artigos referentes à função do pára-raio.

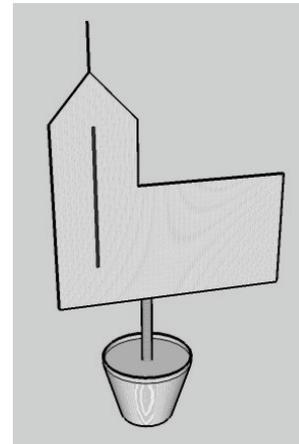


Fig. 6 - Protótipo de uma “igrejinha” construído com papel offset, papel de seda, camudo de plástico e fio de cobre, para investigar o “poder das pontas”.

IV.2 Um olhar sobre a própria aprendizagem – O papel da metacognição

O conhecimento que o indivíduo possui de si mesmo, considerando não apenas suas capacidades, mas também seus modos de funcionamento e seus conhecimentos, é o que se denomina de metacognição. Sujeitos com metacognições no campo das ciências físicas e matemáticas, segundo resultados de pesquisas recentes, parecem ter maior possibilidade de sucesso (BARAIS, 1993, p. 425-6). Nesse sentido, uma reflexão do professor sobre seus conhecimentos e sobre sua própria aprendizagem vem ao encontro dos resultados acima mencionados.

IV.2.1 Aprendizagem de conceitos

Analisando-se as respostas à questão “*Quais foram os conceitos ou dúvidas que foram esclarecidos durante as oficinas?*” do questionário final de auto-avaliação, percebe-se que a grande maioria dos professores refere-se a suas dúvidas e a uma aprendizagem significativa dos conceitos fundamentais de eletrostática e da eletricidade atmosférica, como raios e relâmpagos, assunto considerado relevante mas pouco tratado na universidade.

Sujeito H(Q) - Os conceitos fundamentais dos processos de eletrização e eletricidade atmosférica, que estão presentes de maneira formal no dia-a-dia do professor e nos livros didáticos, foram vistos na construção dos experimentos numa forma mais elementar, o que permite uma melhor compreensão dos mesmos.

Sujeito E(Q) - Vários conceitos, entre eles: vetores do campo elétrico, blindagem eletrostática e o vídeo sobre raios e trovões foram muito esclarecedores, até porque durante a universidade, muitas vezes, a falta de tempo leva a fazer uma leitura rápida sobre esses assuntos [...]

Sujeito C(Q) - De uma maneira geral, para mim graduanda, revendo mais profundamente conceitos básicos de eletrostática, foram esclarecidos vários pontos, então, tanto na parte de eletrostática, até nos relâmpagos, foi muito útil para a minha formação profissional e pessoal.

Sujeito I(Q) - O conceito dos relâmpagos foram de ótima valia para mim, pois eu tinha várias dúvidas que foram esclarecidas.

Sujeito E(Q) - Todas as atividades produziram uma aprendizagem significativa para mim, mas a que mais chamou minha atenção, pois alguns dias ante-

riores, um aluno tinha perguntado-me sobre blindagem eletrostática e fiquei devendo uma explicação melhor. Com o experimento da oficina tive a oportunidade não só de responder melhor para ele, mas para a turma toda.

Os extratos acima ilustram como as oficinas propiciaram uma tomada de consciência e um autoconhecimento maior, por parte dos professores, em relação a suas dúvidas e seus conhecimentos.

IV.2.2 Construção coletiva do conhecimento – interação social – ação conjunta

A abordagem que considera a construção do conhecimento como processo coletivo e não apenas individual, presente nas estratégias metodológicas adotadas nas oficinas, como atividades em grupo, discussões, debates e relatos, passou a integrar a epistemologia do professor participante, como sugerem os extratos abaixo:

Sujeito G(Q) - Através da troca de experiências com outros professores que trouxeram uma outra óptica e ajudaram a ver novos caminhos para passar por estas barreiras.

Sujeito E(Q) - [...] e nas oficinas, além da construção havia o debate para melhor compreensão do fenômeno.

Além de aprender sempre mais, tenho o “poder” de me corrigir, pois tenho somente quatro anos de magistério e tenho muito o que aprender. Por isso, acho importantíssimo o contato com professores que trabalham há mais tempo que eu.

Sujeito J(Q) - Foi muito importante o relato de meus colegas, pois percebi que muitas dúvidas que meus alunos tinham não eram só deles, mas da maioria dos alunos. Também foi importante, pois alguns experimentos que meus colegas fizeram e depois relataram aumentaram muito o meu conhecimento profissional.

Resultados obtidos da análise das respostas ao questionário destinado à auto-avaliação do professor corroboram outras pesquisas que colocam em evidência a relevância dos trabalhos em equipes na formação continuada. Segundo Nóvoa (apud CARVALHO, 1973),

[...] quando o professor estende sua formação para um trabalho coletivo, através da troca de experiências, ele assume esta forma-

ção como um processo interativo e dinâmico [...] O diálogo entre os professores é fundamental para consolidar saberes emergentes da prática profissional (p. 40).

IV.2.3 Estabelecimento de elos entre o concreto e o abstrato – construção de conceitos

O termo “visualizar” aparece com frequência nas manifestações orais e escritas dos professores para se referirem a uma melhor compreensão de fenômenos e conceitos quando eles ou seus alunos se encontram em situação de experimentação concreta.

*Sujeito A (PO) - E eu achei que muitas das minhas dificuldades durante o Ensino Médio frami por eu não conseguir **visualizar** a explicação que o professor estava me dando. Era muito superficial aquela explicação [...]. **Eu sou muito visual, eu tenho que ver** para conseguir me encaixar no raciocínio. Daí eu pensei assim, quando eu resolvi entrar para a faculdade de Física, a minha pretensão era me especializar nesta parte, o dia que eu trabalhasse, trabalhar juntamente sala de aula e laboratório.*

*Sujeito A-(Q) Para mim foi muito válido, sempre fui defensora do teórico prático e com essa experiência embaso mais a minha teoria, os alunos precisam ver para crer, o prático faz com que a teoria seja **visualizada**, pois se vê a aplicação e, sabendo para que serve, não se esquece mais.[...] E o experimento que mais lhes chamou a atenção foi o eletróforo de Volta, pois um prato de alumínio, um saco de plástico e garfo plástico fizeram uma lâmpada acender.*

*Sujeito C(Q) - Este trabalho foi muito importante, pois foi possível a **visualização** da eletrostática.*

Os comentários acima parecem corroborar a idéia de que o experimento exerce um papel facilitador na aprendizagem para determinados sujeitos, por favorecer o estabelecimento de elos entre o mundo real e o dos conceitos, leis e teorias, assim como o das linguagens e simbolismos utilizados em física (SÉRÉ et al., 2003).

Como outras pesquisas sugerem para alunos do Ensino Fundamental e Médio (COELHO et al., 2000; SCHEIN, 2004; SHEIN; COELHO, 2006), esses relatos mostram a importância das atividades de manipulação de material concreto e de observáveis no processo de apropriação do conhecimento construído empiricamente também para professores. O experimento surge como uma atividade fun-

damental que favorece a passagem dos aprendizes para níveis de abstração mais elevados, partindo de processos de abstração simples para se chegar a processos mais complexos envolvendo abstração reflexivante ou reflexiva. Este problema é ressaltado por Halbwachs (1975), ao discutir o papel do experimento e analisar questões fundamentais relacionadas à transposição didática no ensino de Física.

IV.2.4 Desenvolvimento de um raciocínio experimental

A metodologia adotada nas oficinas proporcionou ao professor uma vivência que lhe permitiu pensar, decidir e agir com liberdade. A liberdade de raciocínio torna-se um elemento primordial no seu processo de aprendizagem. Em algumas respostas, percebe-se uma conscientização do sujeito acerca da relevância deste fator no processo de ensino-aprendizagem e uma nova compreensão do professor com relação ao papel do experimento, no sentido de dar-se conta da importância deste último para uma real compreensão dos fenômenos embutidos no simbolismo matemático.

Sujeito G(Q) - Principalmente na liberdade de raciocínio, como na preparação do encaminhamento das experiências para que o aluno não fique preso a cálculos e consiga perceber melhor os conceitos por trás dos números e fórmulas.

IV.2.5 Tomada de consciência do papel das atividades de medição no contexto didático-pedagógico para favorecer a aprendizagem

Alguns professores tomaram consciência do valor da construção de um instrumento de medição para a realização de atividades de medição que permitem quantificar a força elétrica e a carga elétrica.

Sujeito F(Q) - A confecção da balança de precisão; o uso da balança para medir a força elétrica para mim foi fantástica, pois de maneira simples podemos mostrar aos alunos um procedimento que no quadro negro fica difícil de assimilar.

Sujeito H(Q) - Construção e utilização da balança, um dispositivo fácil e genial, que permite ao aluno visualizar e quantificar a carga elétrica.

A análise dos dados coletados permitiu identificar uma tomada de consciência do valor das atividades procedurais na aprendizagem das ciências pelo docente, em comparação a atividades tradicionais utilizando, preferencialmente, o

quadro negro e giz, o que pode significar uma mudança na concepção do professor com reflexos no planejamento de suas aulas.

A criação de contextos didáticos para a apropriação de saberes teóricos e metodológicos por parte do aluno implica que o professor possa dispor de mais tempo para mediar atividades de concepção, de reflexão e tomadas de decisão em sala de aula. Isso não significa uma perda de tempo, mas, ao contrário, um ganho pelo resultado que se torna mais proveitoso e pela aprendizagem mais significativa para o aluno. Vários pesquisadores (SÉRÉ, 2003; COELHO, 1993, 1998, 2000; SCHEIN 2004, 2006; PEREZ, 1983) compactuam com esse ponto de vista, ao discutirem o papel da atividade experimental na educação científica.

Considera-se, dessa forma, que uma reflexão do professor sobre seus conhecimentos e as formas como ocorre sua aprendizagem possa favorecer não só sua própria aprendizagem, mas também repercutir em sua prática pedagógica.

V. Considerações finais

A abordagem metodológica proposta trouxe aos professores uma nova visão, relacionada às suas concepções e à sua prática docente. Ao vivenciar uma epistemologia construtivista, tendo como prática social de referência a atividade científica e, ao participar do processo de pesquisa, relatando e discutindo suas ações pedagógicas e tornando-se ciente de resultados de pesquisas atuais em didática das ciências físicas, o professor adquire um novo olhar, mais crítico, das atividades experimentais, para tomada de decisões mais acertadas em sala de aula. A experimentação, com construção e exploração de dispositivos experimentais numa perspectiva construtivista, fornece ao professor ferramentas para constatar e analisar o conhecimento prévio dos alunos, suas atitudes e métodos, o que poderá auxiliá-lo na condução de sua prática pedagógica, na busca de novas estratégias, objetivos e atividades. O experimento é valorizado pelo docente que lhe atribui um papel facilitador na aprendizagem, por possibilitar-lhe o estabelecimento de relações entre o mundo real e o dos conceitos e símbolos.

Nos resultados deste trabalho, certas deficiências da formação básica do professor foram identificadas, assim como constatadas algumas formas de aprendizagem, cabendo, assim, à universidade assumir seu importante papel na formação inicial e continuada de professores, possibilitando-lhes a aprendizagem em contextos didáticos mais adequados para a superação destes obstáculos.

Resta a hipótese de que os mecanismos de metacognição, associados a um possível isomorfismo entre a formação do docente e as situações que o mesmo

poderá propor a seus alunos, possam repercutir favoravelmente em sua prática pedagógica, consolidando-se assim mudanças metodológicas que motivem os alunos e garantam-lhes a apropriação do conhecimento científico e o gosto pelas ciências. Alguns resultados da pesquisa, cuja análise está em andamento, apontam neste sentido.

Agradecimentos

Ao doutorando Anderson Jackle Ferreira pela confecção dos desenhos e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

Referências

ALMEIDA, M. A. T.; BASTOS, A. M. F. Blindagem eletrostática. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA SOBRE EDUCAÇÃO EM FÍSICA, VII, 2000, Canela.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A Didática das Ciências**. Traduzido por Magda Sento Sé Fonseca. 7. ed. São Paulo: Papirus, 2002.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, dez. 2002.

CARRASCOSA, J. et al. Papel de la actividad experimental en la Educación Científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p.157-81, ago. 2006.

CARVALHO, R. **História da eletricidade estática**. 2. ed. Coimbra: Atlântida, 1973.

CHALMERS, A. F. **O que é Ciência Afinal?** 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1997.

COELHO, S. M. et. al. **Roteiros, protótipos e experimentos do Projeto Instrumentação para Ensino**. Porto Alegre: PUCRS / Faculdade de Física. [S.d].

COELHO, S. M. **Contribution à l'étude didactique du mesurage en Physique dans l'enseignement secondaire. Description et analyse de l'activité**

intellectuelle et pratique des élèves et des enseignants. 1993. Tese (Doutorado em Didática das Disciplinas) - U.F. de Didactique des Disciplines, Paris 7, Paris.

COELHO, S. M. et al. Conceitos, atitudes de investigação e metodologia experimental como subsídio ao planejamento de objetivos e estratégias de ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 122-49, ago. 2000.

COELHO, S. M. et al. Formação Continuada, Pesquisa e Ensino de Ciências. In: REUNIÓN INTERNACIONAL SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA ESPECIALIZACIÓN DE PROFESORES, 2005, Matanzas. **Actas...** Matanzas: RIEFEP, 2005. (CD-ROM).

COELHO, S. M. Referências bibliográficas organizadas em didática das ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 181-92, dez. 1991.

COELHO, S. M.; DI BERNARDO, S.; KOHL, E. Formação de professores do ensino médio pela instrumentação e pesquisa em ciências. In: TALLER INTERNACIONAL DE DIDÁCTICA SOBRE LA FÍSICA UNIVERSITÁRIA, III, 2002, Matanzas. **Actas...** Matanzas: DIDACFISU, 2002. (CD-ROM).

COELHO, S. M.; NUNES, A. D. Relato de uma experiência de Formação Continuada e Pesquisa no Ensino das Ciências Físicas. In: REUNIÃO REGIONAL DA SBPC/RS – A Escola faz Ciência, 2, 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBPC/RS, 2006.

COELHO, S. M.; SÉRÉ, M. G. Pupils' reasoning and practice during hands-on activities in the measurement phase. **Research in Science & Technological Education**, v. 16, n. 1, p. 79-95, 1998.

DEMO, P. **Educar pela Pesquisa**. 4. ed. Campinas: Associados, 2000.

DUHEM, P. L'expérience de Physique. In: MASSAIN, R. (Org.). **Physique et physiciens**. 5. ed. Paris: Magnard, 1982. p. 342-6.

FASOLO, P. Publicação Interessante: Aterre seu Barco. In: RAMOS, L. A. M. **Física Experimental – Eletrostática – Gerador de Van De Graaff**. Canoas: CIDEPE, [S.d]. p. 27-9.

FERREIRA, N. C. Eletrostática: Projeto RIPE. São Paulo: USP / Instituto de Física. [S.d].

GASPAR, A. **Eletromagnetismo**. São Paulo: Editora Ática, 2000. v. 3.

GIORDAN, A. **Une pédagogie pour les sciences expérimentales**. Paris: Centurion, 1978.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **Les origines du savoir**. Paris: Delachaux & Niestlé, 1987.

HALBWACHS, F. La physique du maître entre la physique de l'élève et la physique du physicien. **Revue Française de Pédagogie**, v. 33, 1975. p. 19-29.

KOYRÉ, A. **Études d'histoire de la pensée scientifique**. Paris: Gallimard, 1973.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**. Traduzido por Rui Pacheco. Lisboa: Edições 70, 1977.

LUZ, A. M. R.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2000-2001. v. 3.

LUZ, A. M. R.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2006. v. 3.

MASSAIN, R. **Physique et Physiciens**. Paris: Éditions Magnard, 1982.

MEIRIEU, P. (Org.) et al. **Enseigner les Sciences: à l'école maternelle et élémentaire – guide de découverte. L'opération La main à la pâte**. Paris: INRP, 1999.

MINAYO, M. C. S. (Org.) et al. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 23. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

MORAES, R. É possível ser construtivista no Ensino de Ciências? In: MORAES, R. (Org.). **Construtivismo e ensino de Ciências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000. p.103-30.

PEREZ, D. G. La Metodologia Científica y la Enseñanza de las Ciencias: unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 2, p. 111-21, 1986.

PEREZ, D. G. Três paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 1, p. 26-33, 1983.

PEREZ, D. G.; PAYA, J. Los trabajos practicos de Fisica y Quimica y la metodologia cientifica. **Enseñanza de la Fisica**, v. 2, n. 2, p. 73-9, 1988.

PINTO J. R. **Eletricidade atmosférica**. Disponível em:
<<http://www.dge.inpe.br/wotan>> Acesso em: 30 set. 2005.

PINTO J. R.; PINTO, I. R. C. A. **Relâmpagos: A natureza em alta voltagem**. Eletricidade e Magnetismo. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. 2000b.

PINTO J. R.; PINTO, I. R. C. A. **Tempestades e Relâmpagos no Brasil**. São José dos Campos: INPE, 2000a.

POPPER, K. R. **La logique de la découverte scientifique**. Paris: Payot, 1973.

RODRIGUES, M. I. R.; CARVALHO, A. M. P. Professores-Pesquisadores: Reflexão e Mudança Metodológica no Ensino de Física – o Contexto da Avaliação. **Ciência e Educação**, v. 8, n. 1, p. 39-53, 2002.

SCHEIN, Z. P. **Estudo didático de um experimento centrado em atividades de produção e aplicação de um objeto técnico: a balança analítica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Faculdade de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHEIN, Z. P.; COELHO, S. M. O Papel do Questionamento: intervenções do professor e do aluno na construção do conhecimento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 72-98, abr. 2006.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no Ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003.

SOUSA, R. Raios, relâmpagos e trovões. Disponível em:
<<http://www.ufpa.br/ccen/fisica/aplicada/classif.htm>> Acesso em: 30 set. 2005.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

WEIL-BARAIS, A. et al. **L' Homme Cognitif**. Paris: Presses Universitaires de France, 1993.

Anexo – Exemplos de atividades e experimentos realizados durante as oficinas

Confeção e exploração técnica, teórica e didática de dispositivos experimentais de baixo custo	
Eletroscópios	Construção de eletroscópios diversos: pêndulo eletrostático simples, pêndulo eletrostático duplo, eletroscópio lúdico, canudo duplo, eletroscópio em cartão.
Eletróforo de Volta E Lâmpada de Néon.	Construção e utilização de um Eletróforo. Teste do sinal da carga com a Lâmpada de Néon.
Máquinas Eletrostáticas	História e funcionamento e atividades experimentais com as máquinas de Nairne e de Wimshurst e do gerador de Van de Graaff.
Dispositivos Variados para Estudo do Campo Elétrico	Construção de dispositivos para estudo do campo elétrico: capacitor plano e vetor campo elétrico, a igreja-nha, o barquinho eletrostático, dispositivo tradicional para visualização das linhas de força de cargas puntiformes com a máquina de Nairne.
Garrafa de Leyden	Construção da garrafa de Leyden e produção de faíscas.
Balança Analítica	Construção de uma balança analítica para medição da carga elétrica de um pêndulo duplo e da força elétrica.