

ENSINANDO CONSTRUTIVAMENTE CONCEITOS DE ELETROSTÁTICA SEGUINDO UM PLANEJAMENTO PREVISTO

Shizue Ideriha Shimizu¹, Cristina L. Horii², Jesuína L. A. Pacca³

¹ E.E. “Tarcísio Álvares Lobo”/SP, shizueshimizu@ig.com.br

² Instituto de Física - USP, cristina.horii@usp.br

³ Instituto de Física - USP, jepacca@if.usp.br

Resumo

Os currículos oficiais para as disciplinas de física nas séries do ensino médio trazem em geral sequências definidas e cada vez mais detalhadas quanto ao desenvolvimento na sala de aula. Por outro lado, os mesmos documentos oficiais que tratam dos objetivos formativos e educativos do ensino de ciências, em particular da física, propõem que devem ser utilizados procedimentos e estratégias na sala de aula, que considerem o aprendiz como foco do ensino; isto levaria a tratar o aluno como protagonista de sua aprendizagem. Para os professores, as duas ideias parecem contraditórias: como planejar um conteúdo a ser ensinado e também acompanhar o pensamento expresso pelo aluno? A exigência sobre a capacitação do professor é muito grande para que ele consiga movimentar-se dentro dessa situação para ele conflituosa. Mas é possível tratar os conteúdos disciplinares partindo de uma questão geradora pelos alunos. Apresentamos um trabalho de uma professora de física da rede pública do estado de São Paulo com alunos do terceiro ano do ensino médio, relacionado à eletrostática. A professora planejou discutir os conceitos fundamentais a partir de atividades experimentais, incentivando a observação criteriosa e a análise de medidas, registros e organização dos resultados através de representações, para discutir os conteúdos facilitando o pensar na ação. Um tema-gerador ‘raio’ perpassa toda a sequência, resultando na participação e aprendizagem dos alunos.

Palavras-chave: Ensino de eletricidade, Experimentos na sala de aula, Aprendizagem significativa, Construtivismo na sala de aula.

Introdução

Os currículos oficiais para as disciplinas de física nas séries do ensino médio trazem em geral sequências definidas e cada vez mais detalhadas quanto ao desenvolvimento na sala de aula. Os “cadernos” da proposta curricular do Estado de São Paulo são um exemplo atual desta situação. Por outro lado, os mesmos documentos oficiais que tratam dos objetivos formativos e educativos do ensino de ciências, em particular da física, propõem que devem ser utilizados procedimentos e estratégias na sala de aula, que considerem o aprendiz como foco do ensino; isto levaria a tratar o aluno como protagonista de sua aprendizagem.

Esta visão de caráter pedagógico deveria priorizar as formas particulares de conceber a física, que são apresentadas pelos alunos e, como consequência, enfrentar os erros como suporte para a construção de um conhecimento novo que progressivamente e construtivamente se aproximasse do conhecimento científico. É assim que Astolfi (1999) propõe trabalhar com os erros dos aprendizes.

Ainda nessa perspectiva de natureza construtivista, Freire (2005) tratando o que ele chama de tema gerador, propõe o ensino a partir da inserção do aprendiz em problemas que fazem parte do seu cotidiano e para os quais ele tem perguntas

² Apoio CAPES

³ Apoio parcial do CNPq

até então não respondidas; neste sentido poderiam relacionar com o que nosso senso comum chama de modificação.

Para os professores, as duas ideias parecem contraditórias: como planejar um conteúdo a ser ensinado e também acompanhar o pensamento expresso pelo aluno. De fato, a exigência sobre a capacitação do professor é muito grande para que ele consiga movimentar-se dentro dessa situação para ele conflituosa. Mas é possível tratar os conteúdos disciplinares partindo de uma questão geradora pelos alunos.

Este trabalho apresenta uma sequência de atividades, envolvendo conceitos de eletricidade (corpos eletrizados, circuito fechado, campo elétrico, isolantes e condutores, natureza das cargas que estão interagindo, eletrização, diferença entre corrente elétrica e descarga elétrica, armazenamento de cargas, poder das pontas e blindagem eletrostática) desencadeadas a partir do tema-gerador: raio.

Um dos objetivos do ensino é que o aluno relacione os conteúdos que aprende na escola com os fenômenos de seu cotidiano. Quando a professora ouve e considera as reflexões dos alunos sobre o que ele consegue perceber não só contribui para que o aluno seja mais participativo como atribui significado as observações dentro do conteúdo abordado.

Por ser uma situação-problema que foi trazida por ele, o aluno se sente muito mais motivado e o estudo dos conteúdos passa de uma ação, para diferenciar uma ação qualquer de outra que é uma necessidade para o sujeito. Vigotski (1989) também apresenta a motivação interna do aluno, como essencial para seu aprendizado.

Sempre houve curiosidade pelos conteúdos de Eletrostática porque esses fenômenos são vivenciados no cotidiano. A professora, que desenvolveu essas atividades, teve como objetivo propiciar situações onde os alunos pudessem manusear os materiais em grupo, contribuindo para que pudessem questionar, discutir, dando oportunidade de realizar uma observação criteriosa, além de desenvolver a oralidade, a participação e a colaboração.

Planejamentos das aulas

O planejado para o curso procurou dar conta de atividades que tratavam de conteúdos de eletrostática e se baseassem em dificuldades que já conhecidas sobre as concepções dos alunos (Pacca *et al*, 2003). Entre elas está a visão microscópica do fenômeno, o que exige que se construa um modelo da estrutura atômica que não é observável. Por isso, procurou-se fazer a conexão entre os fenômenos macroscópicos observados através de efeitos elétricos com a compreensão microscópica do que ocorre no interior de matéria. Essas aulas procuravam dar significado ao conteúdo apresentado, respeitando as concepções previamente construídas pelos alunos questionando-os através de perguntas pertinentes que os fizeram refletir, estimulando a participação e levando-os a pensar.

Trabalho desenvolvido na sala de aula*

Para facilitar a discussão de conteúdos fundamentais procurou incentivar a observação e análise de experimentos, pois é muito mais fácil compreender aquilo

*Esse trabalho foi desenvolvido dentro de um grupo de formação continuada de professores de física, atuantes na rede pública. O grupo tem preceitos construtivistas e vem há mais de dez anos desenvolvendo atividades que contribuam com o ensino. <http://www.fap.if.usp.br/~lumini/> 20 a 25 de janeiro de 2013

que se vivencia. Assim, ao efetuar medidas simples, fazer o registro, organizar os resultados, representar com desenhos e gráficos, os alunos desenvolvem, uma forma lógica de pensar e agir, para que compreendam a teoria científica.

Com o terceiro ano de uma escola pública do estado de São Paulo, trabalhava-se formas de eletrização e um dos experimentos era o eletróforo, que confirmava o fato de que havia se eletrizado ao acender uma lâmpada de neon através da descarga elétrica. Por ser uma época chuvosa, com muitos raios e trovões, um dos alunos associou esses fenômenos naturais com o experimento e ficou intrigado com o relâmpago, com sua origem; se também era uma descarga elétrica, como no eletróforo. A professora considerou a observação do aluno e propôs uma sequência de atividades para a classe cujos resultados vêm a seguir:

1ª Atividade: Será que todo raio cai sobre a Terra? O raio pode subir?

Partindo da situação-problema: Será que todo raio cai sobre a Terra? Os alunos foram incumbidos de fazer uma representação gráfica: um prédio com para-raio e uma nuvem carregada, inferindo os tipos de eletrização.

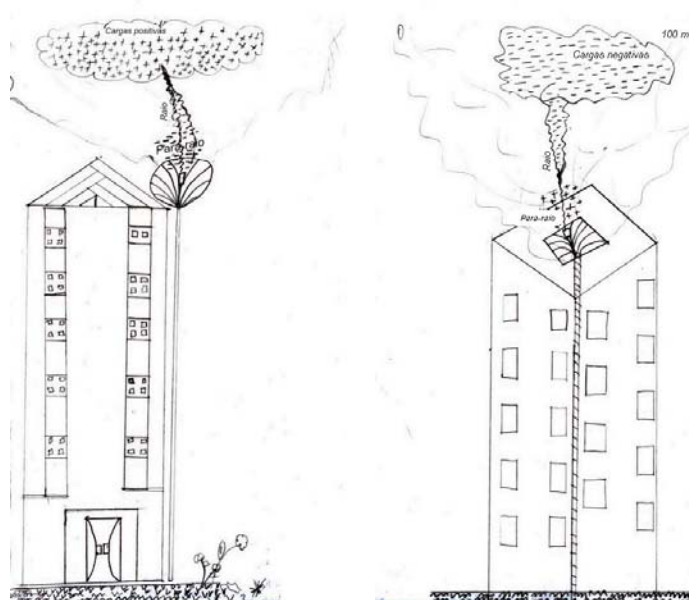


Figura 01: Representação de um grupo de alunos das nuvens carregadas e uma para-raio

Os alunos pensaram no atrito constante das partículas de poeira, vapor d'água, cristais de gelo e de gases que compõem a atmosfera, ganhando e perdendo elétrons e a nuvem ficando mais e mais eletrizada positivamente ou negativamente e, quando essa nuvem eletrizada passa perto do para-raio, pensaram na eletrização por indução aparecendo no para-raio uma carga elétrica de sinal oposto ao da nuvem, devido a distribuição de cargas. Então, o raio subindo representava os elétrons do para-raio descarregando a nuvem positiva e a carga negativa da nuvem sendo atraída pelo para-raio, ou seja, o raio descendo e os elétrons escoando para a Terra. Alguns alunos representaram nas pontas dos para-raios um acúmulo de cargas.

Nesse momento a professora percebeu que essa curiosidade poderia ser ainda mais rica do que ela imaginava, o que exigiu dela uma busca a diversas fontes, ao que decidiu abordar o assunto através de um capacitor que daria uma descarga que poderia fazer com que os alunos pudessem pensar e analisar o conjunto, duas nuvens carregadas com cargas opostas próximas ou uma nuvem

negativa e a Terra positiva induzida e comparar como seria o raio durante a tempestade.

2ª Atividade: Garrafa de Leyden

O objetivo era entender que capacitores armazenam grandes quantidades de carga, mantendo a ddp altíssima entre as duas placas de cargas opostas a uma certa distância; perceber também que se o ar é isolante, mantém o acúmulo de cargas e, é preciso que ele se torne condutor, para permitir uma descarga elétrica.

Eletrizou-se por atrito o PVC com o papel e por indução o eletróforo no PVC. Ainda com o eletróforo sobre o PVC colocou-se o dedo, para descarregar as cargas negativas, deixando o eletróforo carregado positivamente. Ao aproximar as bordas do eletróforo da esfera da garrafa, por indução, as cargas negativas voam, soltando uma faísca de dentro, provocando estalos que podemos ouvir, acumulando dentro dela, cargas positivas. Todas as vezes que a garrafa foi carregada com o eletróforo, seguramos firme com a mão pelo revestimento de papel-alumínio, para a face externa ficar ligada à Terra. Então, essa placa de alumínio fica com um acúmulo de caras negativas, pois a Terra doa elétrons que passam pelo nosso corpo que é condutor. Repetimos esse procedimento dez ou mais vezes, para armazenar na garrafa uma quantidade de cargas de certa intensidade. Como descarregar essas cargas? Segurando a garrafa com as duas mãos, ao mesmo tempo: segurando o papel-alumínio externo e tocando a esfera fechando o circuito ou com os contatos alternativos também fechando o circuito, mão tocando a esfera e os pés a Terra.

Interessante perceber quando o colega não sente o choque, os alunos sugerem tirar o tênis, molhar o dedo.



Figura 02: Representação de um aluno da experiência com a garrafa de Leyden

Um aluno fez um comentário, sobre o ar ser isolante, como a professora esperava, visto que em toda atividade ressaltava-se que chuva e eletrostática não combinam, a umidade do ar descarrega a carga armazenada, ressaltando a importância do isolante mantendo a carga acumulada.

Entre a nuvem e a Terra com a extensa camada da atmosfera, sendo o ar isolante, como pode ocorrer o raio?

Os alunos concluíram que, como todos os opostos, as cargas positivas e as negativas se atraem, mesmo que o ar isolante force a separação. Toda essa atração cria uma enorme ddp de milhões de volts na nuvem, o que acaba atraindo muitas cargas positivas do solo, por indução. As moléculas de ar que estão no meio já não resistem a essa imensa força de atração e se quebram (rigidez dielétrica) tornando condutor, para dar passagem à corrida de elétrons rumo às cargas positivas do solo. Essa corrida de elétrons e o ‘atropelamento’ das moléculas que estão no meio do caminho entre a nuvem e o solo ou vice-versa, geram uma enorme quantidade de energia térmica, luminosa e sonora que chamamos de relâmpago e trovão.

Um aluno fez uma colocação interessante: - *Então, uma descarga elétrica se inicia em um ponto mais alto e pontudo do solo e fecha o circuito, formando um “fio condutor” que liga a terra à nuvem ou vice-versa.*

Continuando a discussão, para que os alunos entendessem essa colocação e o acúmulo de elétrons na ponta do para-raio e conseqüentemente sua função, a professora propôs a atividade a seguir.

3ª Atividade – A pulga elétrica

O objetivo era comprovar o poder das pontas em acumular cargas e descarregar corpos eletrizados próximos, para entender a função do para-raio. Para tal, a professora utilizou uma agulha e materiais que os alunos já haviam manipulado como papel, canudo e isopor.

A partir de certa distância, as cargas do canudo (eletrizada pelo atrito com o papel) descarregam, ou seja, são atraídas pelo alfinete devido ao acúmulo de cargas positivas porque em um corpo metálico há uma maior concentração de cargas nas regiões do corpo onde há pontas. A “pulga” (pedaço de isopor) eletrizada é atraída para outra parte eletrizada do canudo onde haja acúmulo de cargas negativas porque quando atritamos o canudo, não o fazemos de forma uniforme, ficando algumas regiões com mais cargas.

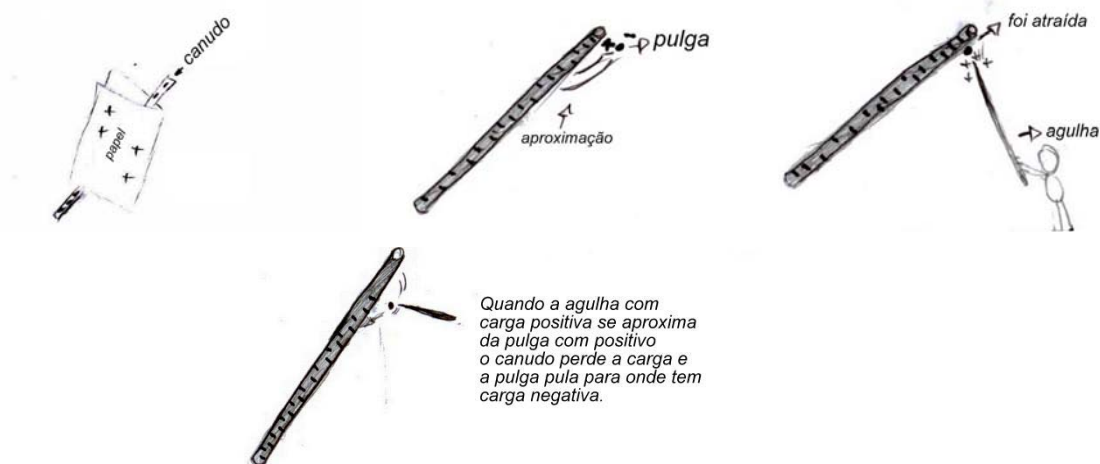


Figura 03: Desenho de um aluno do experimento “A pulga elétrica”

Depois que o experimento foi realizado perguntou-se para os alunos: **por que a “pulga” pula?**

Quando a agulha positiva se aproxima, o canudo perde a carga contrária e a pulga pula para onde é atraída.

Porque o canudo está sendo descarregado pelo poder das pontas da agulha e a pulga pula para onde ainda tem cargas negativas.

Porque a agulha descarrega as cargas elétricas negativas que está em sua volta, fazendo com que ela se movimente para outro local onde há eletrização

A pulga pula porque a agulha descarrega a energia que está envolta, fazendo com que ela se movimente para outro local onde há eletrização.

Além do para-raio que outros recursos poderíamos utilizar para nos proteger dos raios? Pensando nisso, a professora propôs a atividade a seguir:

4ª Atividade – Blindagem eletrostática

O objetivo era entender porque dentro do carro é o lugar mais seguro protegendo seus ocupantes de raios durante uma tempestade, um exemplo de Gaiola de Faraday.

Os condutores têm um comportamento muito particular quando carregados eletricamente, suas cargas elétricas se distribuem em sua superfície externa. A ação dessas cargas no interior do condutor elétrico é nula, ou seja, o campo elétrico em qualquer ponto do interior é zero. Por isso, durante uma tempestade, um dos locais mais seguros é no interior do carro que é feito de materiais condutores. Mesmo que o carro seja atingido por um raio, o interior fica blindado contra influências elétricas, provenientes de cargas na superfície externa deste condutor.

Os alunos acreditam que no interior do carro a pessoa fica protegida pelo fato dos pneus serem isolantes, então, para que percebessem que a proteção era devido a blindagem eletrostática exercida pela estrutura metálica do carro elaborou a seguinte atividade.

Primeiro os alunos eletrizaram o canudo por atrito com o papel, para depois colocar o canudo eletrizado em contato com as peneiras de plástico e de metal. Ambas continham em seu interior papéis de seda picados.

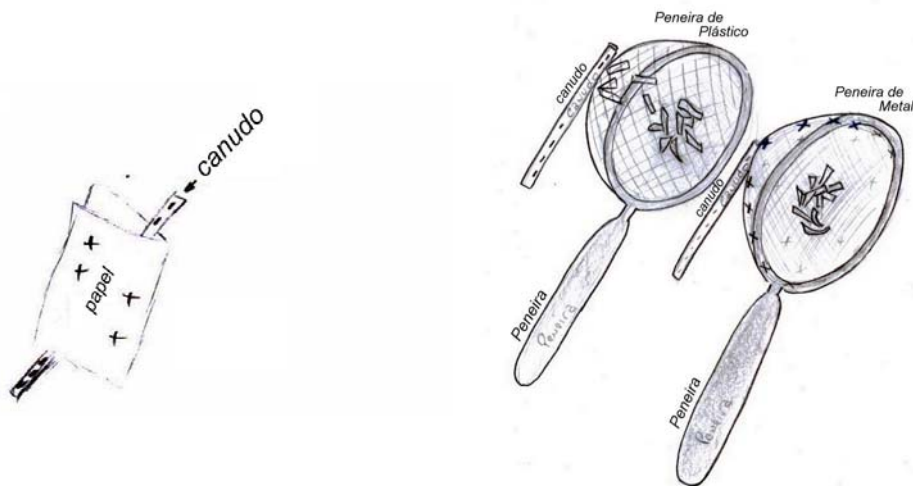


Figura 04: Representação gráfica de um aluno da atividade “Blindagem eletrostática”

Quando o canudo encosta na peneira de plástico as tiras de seda são atraídas, ocorrendo interações elétricas, devido ao aparecimento do campo elétrico.

Na peneira de metal o canudo não atrai as tiras de seda porque estão protegidas pelo metal e dentro não entra carga elétrica, porque elas se distribuem do lado de fora do condutor.

Atividade alternativa para blindagem eletrostática

Os alunos precisavam de uma constatação mais convincente porque o senso comum ainda prevalecia. Então, para perceberem que mesmo sem os pneus, o interior dos carros ainda estaria protegido contra a ação dos raios, nessa atividade com uma lata cilíndrica metálica vazada, podia-se observar se ocorreria algum efeito elétrico com as franjas de seda colocadas dentro e fora da lata. Primeiro fizeram com a tampa isolante na base da lata, depois sem a tampa que representavam os pneus, encostando a borda do eletróforo eletrizado no canto da parte superior da lata. Como há cargas distribuídas uniformemente na superfície externa da lata, a seda se eletriza e as franjas se levantam e se repelem devido às cargas de mesmo sinal. As franjas internas, representando as pessoas, continuam na mesma posição, sem alteração nenhuma, comprovando que no interior do carro não há carga elétrica, com ou sem a tampa isolante na base da lata, sendo a proteção exercida pela blindagem eletrostática causada pela estrutura metálica do automóvel e não tendo nenhuma relação com o fato dos pneus serem isolantes.

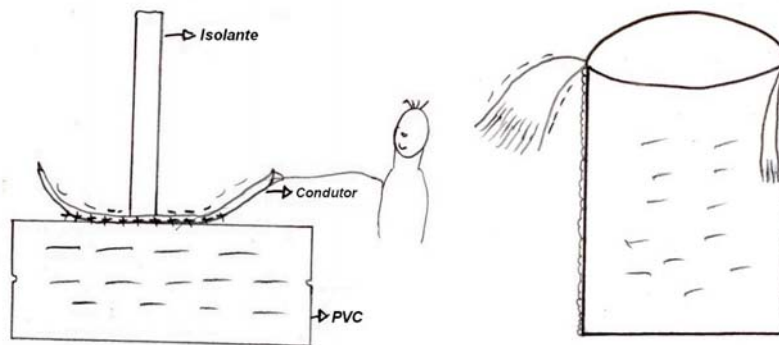


Figura 05: Desenho de um aluno sobre a blindagem eletrostática

Quando o eletróforo carregado positivamente, encosta na lata (condutor), as franjas externas com cargas negativas se levantam porque são repelidas pela parede da lata com cargas negativas.

As franjas internas permanecem imóveis, porque não há carga elétrica na parte interna, as cargas elétricas se distribuem na superfície externa do condutor, comprovando que a região interna fica protegida de descargas elétricas ou raios de tempestades, com ou sem a tampa isolante representando os pneus.

Uma observação feita por um aluno sobre o perigo de se tocar na lataria do carro, após uma tempestade com raios, lembrou a importância dos contatos elétricos para manter uma corrente contínua, diferente da descarga elétrica.

Resultados obtidos e Conclusões

A partir das dúvidas dos próprios alunos sobre os fenômenos que viviam no cotidiano, um conjunto de experimentos simples, deu conta de tratar dos conceitos científicos sobre os fenômenos eletrostáticos, quando o objetivo é compreender a condução de cargas e sua redistribuição nos corpos com modelização que se fundamenta na constituição da matéria. As representações gráficas das estruturas numa linguagem pictórica facilitaram o entendimento do comportamento *dinâmico* de partículas *invisíveis* – algo muito difícil de comunicar somente na forma verbal. Por isso, foram ao encontro de uma preocupação que está sempre presente nas aulas, que é assegurar maior proximidade entre a explicação que a professora dá e aquilo

que o aluno compreende. Nas produções escritas que complementavam os desenhos, pudemos perceber que os alunos usam termos científicos, como 'energia', desconectados de seu significado físico.

A professora foi capaz de dar conta dos objetivos a que tinha se proposto, tratando do aspecto microscópico dos fenômenos da eletrostática. Foi capaz de tratar da possibilidade de armazenamento de cargas elétricas, gerando uma ddp, observando os efeitos produzidos pelos elétrons com 'facilidade' de movimento, da redistribuição de cargas para manter o corpo neutro, da necessidade de circuitos fechados para uma corrente contínua, da descarga elétrica instantânea, da eficiência do poder das pontas, entre outros que talvez puderam também ser percebidos.

Além disso, podemos dizer que, ao escolher essa estratégia, a professora respeitou as ideias dos alunos motivando-os, como aparece nos desenhos ricos em detalhes, resultado do empenho e da atenção dos alunos, durante a investigação.

O grande desafio do professor é buscar formas diferentes de trabalhar o conteúdo, porque a construção de conceitos advém de uma interação do aluno com diversas situações e conexões possíveis. As sequências das aulas, mostram essa preocupação com aluno entendendo o fenômeno, considerando que ele já tem algum modelo sobre aqueles conteúdos e fenômenos. Isto significa pensar a aula com foco no construtivismo da aprendizagem que considera as dificuldades que os alunos têm como elementos significativos para serem focalizados pelo professor.

Ouvir o aluno sobre as ideias que têm acerca dos fenômenos que o preocupam, como o "raio" que nos afeta de tantas maneiras, desde encantamento, temor e até prejuízos financeiros e irreversíveis, como a vida humana. Incluir esse interesse do aluno nas aulas, sem perder o conhecimento científico em construção requer um replanejamento que não é simples. A professora procurou novas informações e novas atividades: situações que tratassem dos conceitos físicos e dos fenômenos próximos ao tema gerador, não foram experimentos quaisquer, simplesmente pelo *show*, foram experimentos significativos e essenciais para que os alunos compreendessem conteúdos e aspectos da eletrostática.

Esse esforço, no entanto, foi recompensado, pelos alunos motivados em resolver o problema que era uma questão real e havia sido sugerida por eles - aspecto fundamental para um aprendizado significativo. Acreditamos que a preocupação contínua do professor em partir das questões dos alunos e acompanhar as respostas geradas no trabalho ativo na sala de aula caracteriza um processo de desenvolvimento construtivista do planejamento do professor. E é possível fazer isso sem perder o conteúdo da física.

Referências

- ASTOLFI, J. -P. **El "error", un medio para enseñar. Colección: Investigación y enseñanza.** Trad. Angel Martinez Gelghoff. Serie: Práctica, n. 15. Díada Editora S.L. Sevilla, 1ª ed., outubro, 1999.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2005.
- PACCA, J. L. A. *et al*, **Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum.** Cad. Bras. Ens. Fis. V.20 nº2, p. 151-167, agosto 2003.
- VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem.** Tradução por Jeferson L. Camargo. 2ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1989.