

## **ANÁLISE DAS IDÉIAS SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS DE ALUNOS COM IDADE ENTRE 10 A 12 ANOS DE UMA ESCOLA EXPERIMENTAL**

Ana Paula Sebastiany<sup>1</sup> e João Batista Siqueira Harres<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este trabalho apresenta a análise das idéias sobre circuitos elétricos simples, de crianças com idade entre 10 e 12 anos, estudantes de uma escola experimental. As idéias foram coletadas a partir da aplicação de uma seqüência de atividades planejadas para favorecer a explicitação das idéias dos alunos, o contraste e a reelaboração dessas idéias, envolvendo questionamentos e experimentos. A análise dos materiais desenvolvidos durante as aulas apontam para concepções avançadas e diferenciadas, em termos de sua complexidade, se comparadas com outros trabalhos correlatos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Idéias dos alunos. Evolução conceitual. Ensino de física. Modelo didático investigativo.

**ABSTRACT:** This paper presents the analysis of the students' ideas between 10 and 12 years old, about simple electric circuits in an experimental school. The ideas were collected from the application of a set of activities designed to access their ideas, the contrast and the redesigning of these ideas through questions and experiments. The analysis shows both advanced and differentiated concepts in relation to its complexity considering the other activities developed in class.

**KEY WORDS:** Students' ideas; Conceptual evolution; Physics teaching; Inquiry didactical approach.

---

<sup>1</sup> Graduada em Licenciatura em Ciências Exatas pelo Centro Universitário UNIVATES.

<sup>2</sup> Doutor em Educação pela PUCRS, com estágio pós-doutoral na Universidade de Sevilha, Espanha. Professor da PUCRS e do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário Univates (Lajeado - RS).

## INTRODUÇÃO

Na busca de melhores resultados na aprendizagem de física, várias propostas têm sido consideradas. Entre estas se destaca experimentação de caráter investigativo. Segundo os pesquisadores, este tipo de atividade permite uma maior participação do aluno em todo o processo de ensino e aprendizagem (**GIL-PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996; DOMIN, 1999; HODSON, 1994**). Nessa abordagem, os alunos têm a oportunidade de participar desde a interpretação do problema até chegar a uma possível solução. Assim, eles podem discutir, questionar e testar suas hipóteses e idéias, confirmando-as ou reelaborando-as, além de coletar e analisar dados para encontrar possíveis soluções para o problema.

Por outro lado, também têm sido apontada à necessidade de que os professores considerem as idéias dos alunos. De fato, resultados de numerosas investigações realizadas nas últimas décadas sobre como os alunos constroem seus conhecimentos apontam que, antes de iniciar qualquer aprendizagem formal em ciências, estes já possuem idéias sobre os fenômenos que os rodeiam (**TREAGUST, DUIT, 2008**). Além disso, estas idéias, em geral, não concordam com o ponto de vista científico (**NIETO, CAMPO; MARTÍNEZA, 1988**). No caso específico da eletricidade, muitas foram as pesquisas que também encontraram estes resultados (**OSBORNE, BELL; GILBERT, 1983; OSBORNE; FREYBERG, 1985; SHIPSTONE, 1984; TIBERGHIEEN; DELACOTTE, 1976; TIBERGHIEEN, 1983; DRIVER et al, 1999**).

Assim, este trabalho objetiva investigar as idéias sobre circuitos elétricos simples apresentadas por crianças com idade entre 10 e 12 anos, estudantes de uma escola experimental, ao longo da aplicação de uma seqüência didática de orientação construtivista. Em particular, analisa-se como o fato destas crianças estudarem em uma escola experimental influi nas características das idéias explicitadas.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É consenso entre pesquisadores da área que a prática pedagógica dominante em nossas escolas está baseada em um modelo que privilegia a memorização de conteúdos, fórmulas e técnicas de resolução de problemas, em detrimento, por exemplo, do entendimento dos conceitos envolvidos nos conteúdos estudados (PORLÁN; RIVERO, 1998; HARRES et al. 2005).

Este modelo vem sendo fortemente questionado, entre outros motivos, por não relacionar os conteúdos fragmentados *aprendidos* na escola com as exigências requeridas nas diversas situações ocorridas no cotidiano. Conforme Camargo e Nardi (2004), essa fragmentação caracteriza certa cultura do conhecimento que vai produzir, depois de permear todo o ensino escolar, uma série de conseqüências, entre as quais possivelmente estão o desenvolvimento de certas habilidades em detrimento de outras. Desta forma, os alunos passam a considerar os conteúdos estéreis, a física difícil, reforçando idéias do senso comum que delegam a cientistas iluminados, seres extremamente diferenciados dos cidadãos comuns, a construção do conhecimento científico e as descobertas e invenções fantásticas.

### A Experimentação no ensino de Ciências

O ensino experimental tem sido apontado como um recurso muito útil para promover a aprendizagem em ciências. No entanto, pesquisas revelam que muitos professores apresentam uma visão simplista da experimentação, imaginando ser possível *comprovar a teoria no laboratório*, ou que a partir do laboratório se possa chegar à teoria (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002). Além disso, muitas vezes, as atividades experimentais, quando realizadas, têm como objetivo apenas verificar conceitos já trabalhados, se tornando meramente uma coleta de dados, não levando em conta a interpretação dos resultados e não tendo características de um processo investigativo (LIMA; MARCONDES, 2005).

**Lima (2004)** aponta que ensinar ciências não é simplesmente introduzir conceitos, mas levar os alunos a refletir sobre os conceitos usando os experimentos como ferramenta para construção e reconstrução das idéias apresentadas pelos alunos. Entretanto, a atual realidade das aulas experimentais demonstra que os professores ainda atribuem prioritariamente objetivos, tais como: a motivação, o desenvolvimento de atitudes científicas, técnicas laboratoriais e o adestramento no método científico, entretanto, não se preocupam com a formação de conceitos e com desenvolvimento de habilidades e competências. Assim, prevalece entre os professores a visão simplista da experimentação, na qual o principal objetivo é o de motivar os alunos, melhorando assim as aulas e adquirir conhecimentos e técnicas científicas. (**ZEMBAL-SAUL et al., 2002**).

Porém, o ensino experimental não deve ser usado somente como um instrumento a mais de motivação para o aluno. Segundo **Barbosa, Paulo e Rinaldi (1999)**, para que as atividades experimentais sejam realmente relevantes é preciso que sirvam para fomentar dúvidas e discussões, trabalhando com as concepções dos alunos, e comparando-as aos modelos a serem estudados. Neste contexto as atividades não serviriam para o aluno verificar o que já foi visto em aula, mas para evidenciar (inclusive para ele mesmo) suas idéias sobre o assunto a ser trabalhado, preparando-o e armando-o para discutir e negociar suas concepções com o grupo e com o professor.

Para que a introdução da experimentação no ensino das ciências seja uma alternativa que favoreça a aprendizagem significativa é fundamental que as atividades experimentais sejam estruturadas através de um processo de investigação orientada, pois, a formação e o desenvolvimento do pensamento crítico e autônomo e das atitudes da pessoa devem ser construídos, preferencialmente, através de atividades investigativas, que promovam a explicitação e evolução das idéias dos alunos, no sentido de promover uma evolução conceitual.

## Idéias dos alunos

Além das atividades experimentais, um aspecto fundamental para favorecer uma aprendizagem significativa é que o planejamento de ensino do professor esteja orientado para partir das idéias dos alunos. Diversos investigadores em ensino de ciências, em especial quanto ao estudo de circuitos elétricos, evidenciaram, através de seus trabalhos, a influência das concepções prévias dos alunos no processo de ensino – aprendizagem (**DRIVER, et al., 1999**). Frente a uma situação problemática concreta que deve ser interpretada e explicada, os estudantes recorrem a modelos e representações que, em geral, não correspondem aos modelos científicos que aparecem nos livros e estudam na escola formal (**PESA; ISLAS, 2004**).

Assim, os estudantes não iniciam a estudar ciências com mentes vazias. Eles possuem idéias ou concepções anteriores sobre vários fenômenos e sobre conceitos de física – circuitos elétricos, em particular. Muitas dessas idéias persistem firmemente, tornando-se uma forma diferente, ou alternativa, de entender os conceitos da física apresentados pelos livros didáticos e professores.

Para **Cubero (1989, p. 12)**,

Os alunos adquirem idéias sobre como são os fatos e fenômenos sociais e naturais mediante suas experiências com tudo que os rodeia, o que escutam e discutem com outras pessoas, ou o que conhecem por outros meios de comunicação... as concepções dos alunos são estáveis, ou seja, tendem a manter-se ao longo do tempo.

Segundo a autora, a aprendizagem significativa ocorre quando quem aprende constrói sobre sua experiência e conhecimentos anteriores um novo conjunto de idéias, isto é, quando o novo conhecimento interage com os esquemas existentes.

No entanto, além da interação entre as idéias dos alunos com a nova informação, é necessário que haja um intercâmbio de idéias entre os alunos e entre estes e o professor, pois este facilitará o processo de aprendizagem. Isso deve ocorrer através de diálogo, confrontação de idéias, atividades de reflexão realizadas coletivamente, nas quais

os alunos precisam re(estruturar) suas idéias a fim de argumentar, justificar e responder aos questionamentos de seus companheiros.

Além da interação, é de fundamental importância o intercâmbio de idéias entre os alunos e destes com o professor. A discussão entre pares sobre os temas abordados em aula, o diálogo e a confrontação de idéias, a atividade de auto-reflexão necessária para defender o próprio ponto de vista e para responder as perguntas de seus companheiros, é uma valiosa experiência para a construção de seus modelos conceituais.

Nesse sentido, **Borragini, et al. (2004)** apontam que:

Se o aluno pode construir seus significados e, ainda, compartilhá-los com o professor, se cria um ambiente mais propício para que ele esteja envolvido no processo de aprendizagem como uma pessoa por inteiro, e não apenas “do pescoço para cima”, pois ele é levado a argumentar e defender sua própria construção, como algo que lhe pertence e que, portanto, tem o direito de manter, melhorar ou abandonar, conforme seu julgamento lhe convier. (p. 8)

Por isso, as idéias dos alunos não podem ser consideradas como sendo conhecimento a ser descartado. O objetivo da formação escolar não deve ser a substituição de concepções e crenças comuns das pessoas, e em desacordo com o conhecimento científico, por conhecimentos e saberes impostos pelas escolas. De fato, é importante reconhecer que estas crenças e concepções não são abandonadas e são úteis em várias situações cotidianas (**BARBOSA; BORGES, 2005**).

No entanto, tomar a aprendizagem como processo construtivo, ou seja, considerar o conhecimento como uma construção progressiva, implica admitir que o trabalho que se realiza em aula possa resultar em modelos explicativos dos alunos, que não necessariamente coincidem com aqueles propostos pelo professor. Dessa forma, a avaliação da evolução das idéias dos alunos ocorre na comparação do que estes pensam após a interferência do professor com o que pensavam inicialmente, no sentido de perceber se houve alteração em termos de complexidade, ou seja, se os alunos construíram um

modelo explicativo que satisfaz as suas *novas* (ou atuais) necessidades e não se está mais próximo do modelo científico aceito atualmente.

Esta mudança no método de ensino implica também em uma mudança no papel do professor em sala de aula. O professor deve passar, então, a atuar como problematizador, questionando/propondo/gerando problemas, a fim de que os alunos percebam o problema e procurem as ferramentas necessárias para solucioná-lo.

Assim, buscando o rompimento da postura pedagógica caracterizada pela reprodução dos saberes e pela fragmentação do conhecimento, características do modelo tradicional de ensino, este trabalho apóia-se nas características do modelo didático investigativo proposto por **Porlán (1993)**.

Nesse sentido, os aspectos fundamentais da seqüência didática adotada foram as atividades experimentais e a consideração e a utilização das idéias dos alunos para o planejamento das aulas. Enfim, adotou-se estas características uma vez que desta forma seria possível favorecer uma aprendizagem mais significativa para os alunos.

## **CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL – EPE**

A Escola Pedagógica Experimental (EPE)<sup>3</sup>, localizada na cidade de Bogotá (Colômbia) é uma cooperativa fundada em 1987 por professores e pais de alunos. Conforme se pode ler no site da escola, ela surgiu da necessidade de responder às inquietudes de um grupo de professores a partir das suas vivências de trabalho com os estudantes e o desejo de aprofundar questões específicas e determinantes da vida escolar mediante projetos de investigação. Assim, a filosofia da escola está orientada para transformar a sociedade e não para perpetuá-la ou simplesmente replicá-la em menor escala. A EPE não tem cercas, não tem paredes, não tem

---

<sup>3</sup> <http://www.epe.edu.co/index2.htm>

uma porta de entrada e outra de saída, está em convivência com a natureza. A escola não tem regulamentos sobre como devem se comportar professores e alunos, ou seja, não há um manual de convivência. A escola também não possui currículo pré-definido no sentido de uma determinação externa sobre o que o aluno deve aprender e sobre a maneira como deve aprendê-lo. De caráter privado, esta instituição escolar atualmente tem matriculado 350 alunos. A maioria vive em Bogotá e pertencem a diferentes grupos sociais.

Pode-se apontar como filosofia dessa escola o desejo de que a escola seja para os jovens a melhor etapa da vida, uma etapa de realizações, de possibilidades e de liderança e que se concentre na tentativa de contribuir para a formação integral de indivíduos que reconheçam a si mesmos e aos outros numa perspectiva sócio cultural. Assim, elaborando um sentido de pertencer e tomando consciência de do seu papel de fazedores de sentido e de cultura. Enfim, a escola trabalha na construção da confiança do indivíduo e do grupo em suas próprias capacidades. Esta é a meta principal dos projetos de sala de aula, nos quais o cunho investigativo é favorecido pela sua localização em uma região afastada do centro urbano da cidade de Bogotá (Colômbia).

Na EPE, a informação não é uma meta, mas sim um apoio importante para a solução de um problema. É a existência de um problema real o que dá sentido à atividade escolar. Na busca de solução destes problemas, aprendem-se muitas informações, não se podem prever antecipadamente quais, já que são diferentes para cada um. Cada estudante aprende coisas diferentes, não só porque vive de maneira diferente. Assim, as atividades escolares se convertem em vivências do conhecimento baseadas na construção da confiança, confiança em si mesmo, no outro, na equipe, na fertilidade do diálogo.

Quanto ao aspecto pedagógico, para esta escola o mais importante são as formas de aproximação dos estudantes ao conhecimento, sejam através de processos coletivos ou de vivências que lhes permitam construir um mundo e entender a existência de múltiplas realidades. Todos os indivíduos são muito importantes, já que



podem contribuir com seus pontos de vista na tomada de decisões, na eleição de projetos e trabalhos num processo de socialização e busca de autonomia.

Em todos os espaços oferecidos pela escola a iniciativa do estudante tem papel preponderante, pois é ele quem escolhe e decide a respeito de seu trabalho. Trata-se, enfim, de conseguir um equilíbrio entre a livre exploração do aluno e a orientação do professor.

## **METODOLOGIA**

Esta investigação se inscreve na perspectiva de caráter qualitativo, utilizando a análise de conteúdo (**MORAES, 1999**) como estratégia de análise de dados. Os sujeitos de investigação foram alunos do quinto ano (idade entre 10 e 12 anos) da Escola Pedagógica Experimental – EPE. Os dados foram coletados durante o segundo semestre de 2006 e são oriundos dos materiais produzidos pelos alunos. Os alunos escolhidos para a análise deste trabalho correspondem apenas àqueles alunos que realizaram todas as atividades, os quais perfazem um grupo de 13 alunos do total de 27 alunos da turma. As atividades foram elaboradas para uma disciplina de prática docente, Seminário de Investigação e Prática Docente I, do curso de Licenciatura em Física da Universidade Pedagógica Nacional, Bogotá-Colômbia, realizada no âmbito do convênio de intercâmbio entre este curso e o curso de Licenciatura em Ciências Exatas do Centro Universitário UNIVATES.

O tema escolhido para investigação versou sobre circuitos elétricos. Optou-se por este tema por que os circuitos elétricos estão presentes em uma grande variedade de situações no dia-a-dia dos alunos. Além disso, este tema tem sido freqüentemente apontado por professores e estudantes do ensino médio como um dos assuntos de maior dificuldade no processo de ensino-aprendizagem (**PACCA, 1997; CAMEL; PACCA, 2005**).

A seqüência didática foi planejada de forma que os alunos construíssem os seus próprios modelos explicativos para o funcionamento de uma lâmpada. Isso foi favorecido com atividades que visavam à explicitação, contraste e reelaboração das idéias dos alunos a partir dos questionamentos e das atividades práticas realizadas. Os dados coletados constam do material escrito produzido pelos alunos durante as aulas ministradas.

A proposta foi estruturada em quatro atividades cujos roteiros de trabalho foram aplicados em dois encontros de duas horas. Tais atividades foram realizadas em caráter coletivo e individual. Embora o conteúdo estivesse pré-determinado uma vez que o problema não partiu dos alunos, durante a aula foi propiciado um ambiente de investigação, negociação e discussão de idéias sobre a temática. A estratégia metodológica utilizada foi construída considerando as características do Modelo Didático Investigativo (PORLÁN, 1993). O primeiro autor atuou como docente nas aulas e o segundo autor, em função de sua proficiência em língua espanhola, fez a tradução das citações.

## ANÁLISE DOS DADOS

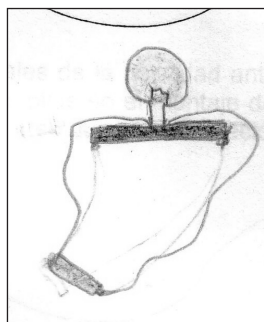
A primeira etapa da seqüência didática tinha como objetivo que os alunos explicitassem as suas idéias, e que depois testassem as suas hipóteses através da montagem de circuitos elétricos, além de explicitar suas idéias (modelo explicativo) para o funcionamento de uma lâmpada. Além disso, também era objetivo, em caráter procedimental, que os alunos manipulassem os materiais que constituem/compõem um circuito elétrico e elaborassem um documento contendo as suas observações, discussões e conclusões sobre a atividade. Em relação aos objetivos atitudinais, estas primeiras atividades buscavam o desenvolvimento de atitudes tais como refletir sobre suas próprias idéias e expressá-las em pequeno e grande grupo.

*Atividade 1: Como você faria uma lâmpada acender utilizando o seguinte material: dois cabos, uma pilha, uma lâmpada e um soquete? Faça um desenho de como seria a montagem.*

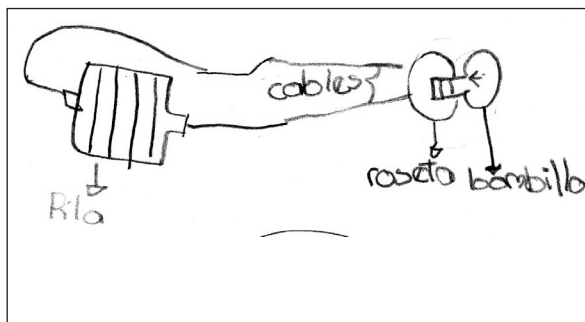
Nessa primeira atividade os alunos deveriam, através de desenhos, formular hipóteses sobre a montagem de um circuito simples. Os quadros 1 e 2 apresentam alguns exemplos representativos das montagens propostas pelos alunos. De modo geral, a análise dos desenhos realizados pelos alunos permite identificar duas concepções sobre a montagem de um circuito simples.

Na primeira delas, os alunos apresentam idéia de como é um circuito, identificando as partes (dois cabos, uma pilha, uma lâmpada e o soquete) e as ligações necessárias para que a lâmpada acenda. Apesar dos alunos apresentarem algumas inadequações, pode-se apontar como avanço o fato de que o circuito é representado fechado. No quadro 1, abaixo, são apresentados alguns exemplos que caracterizam essa concepção.

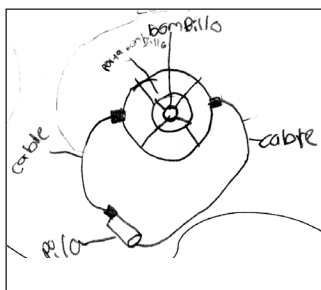
QUADRO 1 – Exemplos de montagens representativas da primeira concepção sobre circuitos elétricos simples



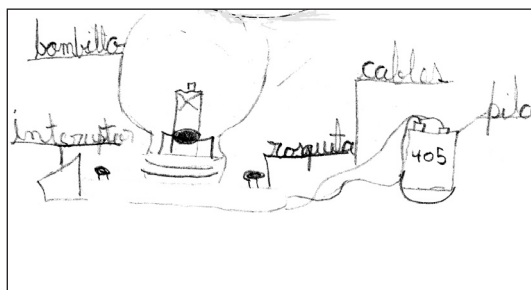
Aluno 1



Aluno 2



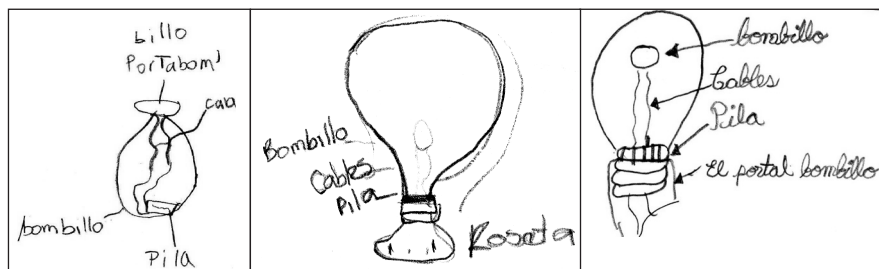
Aluno 16



Aluno 5

Na segunda concepção, os alunos (QUADRO 2) não apresentam a montagem segundo o conceito de *circuito fechado*. Eles representam o circuito como se este se resumisse à lâmpada (*bombillo*, em espanhol). Os fios estariam localizados no interior da lâmpada e a pilha estaria no seu interior ou entre a lâmpada e o soquete. Aqui também não aparece nenhuma identificação dos pólos de uma pilha. Cabe destacar que também aparece a idéia (Aluno 12) de que no interior da lâmpada incandescente, ou seja, no filamento, há uma lâmpada menor. Essa idéia parece indicar de que esse aluno localiza a causa da emissão da luz pela lâmpada, no filamento, ou seja, aparece de forma implícita a idéia de que a função do filamento é de emitir luz.

QUADRO 2 – Exemplos de montagens representativas da segunda concepção sobre circuitos elétricos simples



Aluno 3

Aluno 8

Aluno 12

*Atividade 2: E agora com esses materiais coloque a sua idéia em prática! A sua idéia fez com que a lâmpada acendesse? Se não, encontre uma maneira que a faça acender. Faça um desenho e explique-o.*

Nesse momento foi proposto que os alunos construíssem o circuito de acordo com as hipóteses explicitadas anteriormente. Para isso foram fornecidos aos alunos os materiais necessários: uma pilha, uma lâmpada, um soquete e dois cabos para ligação. Além disso, foi solicitado também que explicassem por escrito porque pensavam dessa forma, ou seja, explicitassem suas idéias referentes a como uma lâmpada acende.

A comparação entre as idéias dos alunos explicitadas nessa atividade e na atividade anterior permitiu o contraste entre teoria (hipótese da montagem) e prática (montagem). Assim, buscava-se avaliar se houve uma evolução nas concepções daqueles alunos na representação do circuito simples. Ou seja, se eles realizaram as conexões dos circuitos corretamente na montagem.

Foi possível perceber que houve uma evolução nas concepções daqueles alunos que representaram o circuito simples como sendo uma lâmpada incandescente, ou seja, estes realizaram as conexões dos circuitos corretamente quando o foram montar.

Para explicar a emissão de luz pelo filamento da lâmpada, os alunos se referiram, em geral, a aspectos externos ao filamento (pilha, ligação, etc.) e não ao processo em si de aquecimento (pela passagem da corrente) e a conseqüente emissão de luz. Nenhum fez associação com o fato de um pedaço de ferro, quando muito aquecido, ficar inicialmente rubro emitindo luz, de forma análoga a um filamento.

Alguns alunos apresentaram idéias bastante simplistas nesta atividade, como a de que a lâmpada brilha pelo simples fato de estar conectada à pilha: *“Porque a pilha como esta conectada a lâmpada”* (Aluno 17). Outros não justificam suas idéias, fazendo apenas uma descrição dos passos seguidos para a construção do circuito: *“Funcionou o experimento. 1ª enrolei os cabos dourados; 2ª nas duas partes do soquete se põem os cabos enrolados; 3ª colocar a lâmpada; 4ª os outros dois extremos dos cabos são colocados com a pilha”* (Aluno 5).

Em geral, os alunos dizem que a lâmpada brilha porque a pilha possui energia ou eletricidade e que estas são transportadas pelos cabos até chegar na lâmpada: *“Porque a pilha tem energia, e a pilha manda energia aos cabos para que a lâmpada acenda”* (Aluno 8); *“A pilha tem eletricidade, e a pilha manda eletricidade aos cabos e por isso a lâmpada acendeu”* (Aluno 12); *“Acendeu pela energia da pilha positiva e negativa e a energia foi transportada pelos cabos até a lâmpada e assim a lâmpada acendeu”* (Aluno 16).

Além disso, em outros depoimentos percebem-se outras idéias. Como por exemplo, o fato de que os cabos possuem energia positiva e negativa e, para que a lâmpada brilhe, os cabos devem ser conectados aos pólos de mesmo nome da pilha: “*O cabo positivo com o lado positivo da pilha e com o cabo negativo fazemos o mesmo*” (Aluno 2). Ou ainda que, com a ajuda da lâmpada, a eletricidade consegue passar pelos cabos internos fazendo com que o filamento emita luz: “*A eletricidade sai da pilha e é transportada pelos cabos até o soquete e com a ajuda da lâmpada ao qual tem uma classe de cabos por a qual vai a eletricidade*” (Aluno 18).

Fazendo uma avaliação geral destas duas primeiras atividades, interligadas entre si, se percebe que, para a idade dos alunos, alguns conceitos importantes para uma compreensão mais ampla de um circuito simples já estão presentes. Os alunos afirmam (e suas montagens confirmam) a presença de uma visão na qual a pilha é considerada como a fonte da energia que circula no circuito e que o caminho dessa energia precisa estar *fechado*.

Porém, nos desenhos realizados pelos alunos na primeira atividade, eles não identificam os pólos da pilha ou que pelos cabos há movimento (de arrasto, para ser mais preciso) de cargas elétricas. Ou seja, os alunos fazem desenhos e elaboram suas explicações de acordo com o que observam no mundo macroscópico. Não tentam ou não conseguem imaginar o que ocorre no interior dos materiais que compõem o circuito.

Outro aspecto que merece ser destacado é a importância da reflexão prévia (Atividade 1) à montagem (Atividade 2). Os alunos relataram durante a segunda atividade que eles conseguiram fazer a construção do circuito porque lhes foi possibilitado um momento de expressarem as suas idéias no papel antes de testarem suas hipóteses. A maioria afirmou que era a primeira vez que manipulava e investigava as conexões necessárias para que a lâmpada brilhasse. Assim, parece que a interação com os objetos desencadeou um processo no qual aquilo que já estava subentendido tornou-se consciente pela reflexão prévia, interagindo com as novas

idéias advindas da experiência. E isso, parece ter favorecido a construção de um entendimento mais significativo.

Finalmente, comparando as análises feitas nessas duas atividades, pode ser considerado um avanço o fato dos alunos não explicitarem modelos de circuitos elétricos, tais como o “modelo monopolar” ou o “modelo bipolar”, encontrados por outros autores (**BARBOSA; PAULO; RINALDI, 1999; FREDETTE; LOCHHEAD, 1980; CLOSSET, 1983; DOMINGUEZ, 1985; RINALDI, 1989; RINALDI; URE, 1994; GRAVINA e BUCHWEITZ, 1996**).

*Atividade 3: O que você acha que aconteceria se colocarmos mais pilhas no circuito construído? Explique.*

A atividade 3 tinha como objetivo fazer com que os alunos explicitassem as suas hipóteses sobre a construção de um circuito com mais pilhas. Ela é analisada a seguir, juntamente com a Atividade 4. Devido às diferentes idéias que foram apontadas pelos alunos e pelas mudanças entre elas após a montagem dos circuitos, optou-se por analisá-las conjuntamente, para assim haver mais clareza sobre as idéias dos alunos antes e depois da montagem.

*Atividade 4: Com os mesmos materiais da atividade anterior (dois cabos, uma pilha, uma lâmpada e um soquete), acrescente mais pilhas na montagem do circuito (até 4 pilhas). O que aconteceu? Por que você acha que isso aconteceu?*

Na última atividade, os alunos tomaram como ponto de partida as hipóteses elaboradas na terceira atividade (reflexão prévia) e, depois, eles deveriam explicitar suas idéias, explicando o que acontece em cada um dos circuitos construídos. Porém, na atividade 3, apareceu uma idéia de caráter mais simplista. Por exemplo, o Aluno 1 ao ser questionado sobre o que aconteceria com o acréscimo de pilhas no circuito, não explicou porque pensava dessa forma e, assim, apenas se deteve em explicitar que o circuito ficaria com mais pilhas.

Na reflexão realizada após a montagem, esse mesmo aluno percebe que a lâmpada brilha cada vez mais e que acrescentando mais de duas pilhas a lâmpada queima. Ao refletir sobre o que pensava anteriormente e o que ele percebeu ao montar o circuito, ele identifica outros aspectos, reformulando assim suas idéias iniciais.

Analisando ainda a idéia explicitada por este aluno, se evidencia que ele também acredita que a energia se encontra na pilha. Com o aumento do número de pilhas, a energia também aumenta, e conseqüentemente haverá mais energia fluindo pelos cabos até a lâmpada. Talvez por isso ele aponte que colocando mais de três pilhas no circuito a lâmpada queimaria, pois, neste caso, haverá muita energia e a lâmpada se sobrecarrega: *“A lâmpada brilha cada vez mais. Mas se você colocar mais pilhas, três ou quatro, digo por experiência que a lâmpada queimou e aprendi muito com isso, por isso não coloque sobre carga”* (Aluno 1).

Os alunos 3 e 5 acreditavam que para que a lâmpada acendesse/brilhasse as pilhas precisariam estar conectadas por cabos, ou seja, eles parecem acreditar que as pilhas só podem funcionar, isto é, fazer acender as lâmpadas se estiverem conectadas por cabos. Se estiverem apenas encaixadas, as lâmpadas não acenderão: *“A lâmpada não brilharia/acenderia porque duas pilhas não estariam conectadas”* (Aluno 3); *“Não acontece nada só que com duas pilhas, terá mais energia e mais luz e dura mais e talvez necessitam-se outros dois cabos ou não”* (Aluno 5).

Embora esta idéia não esteja referenciada em trabalhos de pesquisa sobre as idéias em circuitos elétricos de alunos com esta idade (DRIVER et al., 1999), parece haver, de certa forma, uma coerência com os modelos explicativos desses alunos para o funcionamento de um circuito, já que em sua maioria, eles não identificam os pólos da pilha.

Ao realizarem a montagem do circuito os alunos refletem sobre como estavam pensando inicialmente e, por haver posto-



as em prática, posteriormente reelaboraram suas idéias. O aluno 3 passa a afirmar que *“Há pouca luz e muita energia”*.

Além disso, a idéia de que as pilhas não poderiam estar colocadas uma junto à outra, sem estarem conectadas por cabos, como pensava o aluno 5, não é mais explicitada. Este mesmo aluno também identifica outro aspecto importante, que é a idéia do interruptor: *“Quando tu colocas o teu dedo na metade de duas pilhas a lâmpada se apaga talvez assim começou o invento do interruptor, que serve ligar e apagar a luz”* (Aluno 5). Ele observou que quando colocava o seu dedo entre duas pilhas que estavam conectadas a lâmpada não acendia. Isso o fez relacionar com a idéia de interruptor, ou seja, que podemos ligar e desligar a luz, *fechando* o circuito.

Já outros alunos acreditavam inicialmente que acrescentando mais pilhas no circuito haveria mais energia. Conseqüentemente, a lâmpada brilharia mais e/ou se manteria acesa por mais tempo. Ou seja, eles relacionaram a quantidade de pilhas com a energia disponível no circuito. Além disso, fizeram uma associação de que, havendo mais energia fluindo no circuito, a lâmpada queimaria. Também aparece a idéia de que a lâmpada se tornaria mais potente com o aumento de energia no circuito com mais pilhas: *“Lhe dá mais energia e há mais luz. E provavelmente se queimaria a qualquer momento porque a lâmpada não agüentaria tanto tempo”* (Aluno 8); *“A lâmpada queimaria em certo momento. Porque é muita energia ou a lâmpada seria mais potente”* (Aluno 9); *“Brilhariá mais, mas queimaria a lâmpada”* (Aluno 18).

Após a montagem, a idéia de que há mais luz e mais energia se manteve. No entanto desapareceu a idéia de que a lâmpada poderia queimar pelo acréscimo de energia no circuito: *“Mais luz, mais energia”* (Aluno 8); *“A lâmpada fez uma luz mais forte”* (Aluno 9); *“Brilha mais”* (Aluno 18). Isso nos pode levar a pensar que na hora da montagem dos circuitos, esses alunos não utilizaram mais de duas pilhas, e assim não perceberam que a lâmpada poderia queimar com mais energia.

Outros alunos também apresentam em suas hipóteses a idéia de que o circuito teria mais energia, e conseqüentemente mais luz e/ou mais durabilidade: “*Lhe daria mais energia e duraria mais tempo*” (Aluno 2); “*Não acontece nada, só dura mais tempo por causa da sua carga de energia e ilumina mais*” (Aluno 4); “*Haveria mais luz*” (Aluno 11); “*Há mais energia, mais luz*” (Aluno 12); “*Não, porque o que faz é que dure mais tempo*” (Aluno 17).

Analisando essas idéias podemos concluir que, na concepção desses alunos adicionando mais pilhas ao circuito, este *ganhará* mais energia fazendo com que a lâmpada emita luz com maior intensidade. Devido ao aumento de energia no circuito, a qual sai da pilha, a lâmpada teria uma maior durabilidade. Essa idéia de durabilidade pode estar associada com a idéia da pilha com um *depósito* de energia a qual se *gasta* com o passar do tempo, já identificada em outro trabalho (GRAVINA; BUCHWEITZ, 1996). Ou seja, com somente uma pilha, a lâmpada brilharia por um período, mas com duas, a lâmpada poderia emitir luz por mais tempo. Uma hipótese para a construção desta idéia é o fato de que nas situações do dia-a-dia e em contato com outras pessoas se diz que a energia (ou a corrente elétrica) sai da pilha *é consumida* pela lâmpada ao emitir luz. Em outras palavras, a eletricidade seria algo que se *gasta* nos objetos de uso doméstico (lâmpada, televisão, computador, etc.), em uma concepção distante de uma compreensão (e descrição) que envolva o princípio da conservação da energia.

Depois da montagem, verificou-se que algumas dessas idéias se mantiveram, e outras não, pois para três alunos a lâmpada queima ou funde-se, pois acrescentando mais pilhas no circuito, o mesmo terá mais energia, e a mesma sofre uma sobrecarga. “*Dá muita energia e a lâmpada não agüenta por ser tão pequena*” (Aluno 2); “*A lâmpada queimou por sobre carga*” (Aluno 11); “*Muita luz e muita energia*” (Aluno 12). Aqui, o Aluno 2 acrescenta uma idéia bastante interessante para o fenômeno, ele acredita que a lâmpada queima pelo fato da mesma ser muito pequena e que as pilhas fornecem muita energia ao circuito, ou seja, associa o tamanho da lâmpada em relação à pilha, a sua capacidade de brilho.

De maneira interessante, o Aluno 4 afirma que, acrescentando-se mais pilhas, a lâmpada brilha mais do que com uma só, mantendo assim a sua idéia inicial. Porém, ele agora justifica a intensidade do brilho da lâmpada de outra maneira: *“A lâmpada emitiu mais luz, porque uma pilha iguala-se a duas, mas a lâmpada chega a um ponto que segue iluminando igual, mas tem mais energia”*. Para ele, a energia se encontra na pilha e no momento que são adicionadas mais pilhas ao circuito, as energias se somam e, como conseqüência, a lâmpada emite uma luz mais intensa.

Já o Aluno 17, quando questionado sobre o que poderia acontecer ao circuito no caso de serem adicionadas mais pilhas, apontou que esse acréscimo daria mais durabilidade à lâmpada. Após a montagem, ele explicita apenas, que o acontece é que dessa forma o brilho da lâmpada será mais intenso: *“As duas pilhas juntas dão mais energia, então fazem com que a lâmpada brilhe mais”*.

Merece destaque também o fato de que, na situação inicial, dois alunos indicaram que a lâmpada e/ou circuito teria mais força: *“A lâmpada teria mais força”* (Aluno 15); *“Acende pela energia e mais força”* (Aluno 16). Por estas afirmações se conclui que os alunos não diferenciam os conceitos de força, energia, eletricidade e potência, conforme já identificamos nas idéias das atividades anteriores. Essa não diferenciação entre os conceitos, provavelmente está ligada ao fato de que as atividades foram de caráter introdutório ao estudo dos circuitos e sem grandes repercussões nas explicações de outros fenômenos. Parece que os alunos não vêem necessidade de diferenciar esses conceitos já que é a primeira vez que analisam o funcionamento de um circuito.

Analisando as idéias desses alunos (Aluno 15 e 16) após testarem suas hipóteses, nota-se que eles continuam pensando da mesma forma, ou seja, a montagem reforçou a idéia de que aumentando a quantidade de pilhas no circuito este terá mais energia e que a intensidade do brilho da lâmpada aumenta. Porém, o Aluno 15 ainda acrescenta que esse aumento de energia no circuito resultará na sobrecarga da lâmpada: *“A lâmpada queima porque sofre uma ‘sobrecarga’”*.

Já o Aluno 16 acredita que essa maior intensidade está relacionada com o fato do circuito possuir o dobro de energia: “*A lâmpada acendeu, brilhando mais forte porque tem o dobro de energia positiva e negativa*”. Isto é coerente com as idéias já apontadas, de que no interior da pilha estariam esses dois tipos de energias.

Analisando as idéias dos alunos de forma mais ampla, percebe-se que eles apresentam idéias que podem ser identificadas com um modelo *fonte-consumidor*, propostos por **Fredette, Lochhead (1980)** e **Shipstone (1984)**, no qual a corrente elétrica que flui na pilha vai se gastando à medida que avança no circuito. Esta concepção pode ser resultado do uso indeterminado de termos tais como corrente elétrica e energia. Outros autores reforçam esta idéia referindo-se ao uso incorreto dado a estes termos na vida cotidiana (**ANDERSON, 1986; ANDRÉS, 1990**).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seqüência didática estruturada tinha por objetivo propiciar aos estudantes a construção de suas explicações para os fenômenos investigados. As análises realizadas indicam que isso ocorreu, uma vez que os estudantes passaram a ter maior consciência de suas próprias idéias. Provavelmente, isso se deveu ao fato de que os alunos tinham liberdade de testarem as suas idéias e reelaborá-las se necessário, assim como identificar outros aspectos a serem contrastados com suas hipóteses anteriores à montagem.

Especificamente quanto às idéias apresentadas pelas crianças, vários aspectos merecem comentários. Por exemplo, como justificativa para explicar o aparecimento de luz no filamento da lâmpada, a idéia mais complexa identificada foi a de que o filamento da lâmpada é o lugar em que, de algum modo, aparece a luz. Para que isso ocorra, é suficiente que a energia chegue ao soquete para acender a lâmpada. Outra idéia que aparece, mas de natureza mais simplista, é que a iluminação da lâmpada é associada a alguma coisa que ocorre no circuito, a explicação escrita comum nestes exemplos

é que a energia armazenada na pilha percorre os cabos e chega até a lâmpada, produzindo o seu brilho.

Como constataram pesquisadores como **Borges e Gilbert** (1999) e **Pacca et al.** (2003), em circuitos simples com uma pilha ligada a uma lâmpada, os alunos pensam em geral que há uma causa localizada na pilha e um efeito que é o acender da lâmpada. O agente causador que age entre eles é chamado de eletricidade ou energia. Estes termos são usados sem muita distinção. Segundo estes autores, os alunos não explicam esse processo em termos da corrente elétrica e, conseqüentemente, não identificam características essenciais tais como: fluir, ter uma direção de percurso, ser constituída de cargas, etc. A energia não é associada com a origem e a natureza do material que compõe a pilha e os alunos dizem que a energia provém da pilha.

Nos casos aqui analisados, alguns chegam a afirmar que a energia está na pilha e que o fio transporta algo que é a *carga elétrica*. Porém esta atribuição aparentemente não está apoiada no sentido microscópico da interpretação do fenômeno. Juntamente a essa dificuldade, aparecem outras inadequações tais como: “o pólo positivo manda energia positiva”, “manda mais energia”. A palavra corrente elétrica não aparece nessas explicações. Também o processo pelo qual a lâmpada acende, brilha, raramente é atribuído a um efeito atômico ou da corrente que percorre o filamento.

Coerente com seu nível de desenvolvimento, a análise dessas idéias revela que os alunos não fazem referência à idéia de circuito com continuidade: o positivo e o negativo (energia ou eletricidade) se encontram no soquete ou no filamento da lâmpada e aparece a luz, e assim cessa o circuito. De cada lado da pilha chega alguma coisa: “energia positiva e negativa” e estas, de alguma forma, se equilibram após percorrer o circuito. Outra idéia é que o fluxo de energia que constitui o circuito parece ser interrompido quando esta *encontra* a lâmpada. A energia chegaria até a base da lâmpada pelos dois caminhos e, de algum modo, faria a lâmpada acender. Em algumas explicações muito específicas dos alunos, um fio transporta a energia positiva da pilha e o outro fio transporta a energia negativa.

Além disso, cabe destacar o fato de que a maioria dos alunos, tanto através das experiências realizadas, como de suas aprendizagens espontâneas e das interações com outras pessoas - adultos e crianças -, são capazes de transcender a realidade. Eles chegam a algumas conclusões, de certa forma avançadas, sobre circuitos elétricos simples como, por exemplo, de que a eletricidade sai da pilha; que a eletricidade desloca-se pelos cabos e que o caminho deve ser fechado. O aluno transcende a realidade porque ele não vê a eletricidade sair da pilha, nem circular pelos cabos, ou seja, os alunos dão explicações que não se referem àquilo que é imediatamente evidente.

Os alunos não vêem a eletricidade. Devem imaginá-la e verificar seus efeitos, construindo um modelo que, como vimos nas idéias explicitadas nas atividades, se ajusta a *sua realidade*, originando idéias a partir de suas vivências. Ou seja, os alunos tendem a explicar uma situação de acordo com o que eles vêem e observam. E isto pode ser apontado como um avanço já que, apesar na idade desses alunos, em alguns momentos eles tentaram imaginar e identificar o que ocorria no interior do circuito.

Outro resultado interessante foi a constatação da riqueza da atividade com desenho para diagnosticar esses modelos pouco formalizados e oferecer material para discussão e idéias na sala de aula. Além disso, essa atividade é realizável independentemente da competência particular de cada um no domínio do assunto, o que torna os alunos mais espontâneos e dispostos a se expressarem.

De forma mais ampla, podemos caracterizar e concluir que as análises realizadas quanto às idéias dos alunos, se enquadram no modelo apresentado por **Borges (1998)**, caracterizado como *modelo de eletricidade como fluxo* no qual a corrente elétrica se apresenta como a própria eletricidade fluindo através do circuito. Termos como *energia*, *corrente* ou *voltagem* são pouco diferenciados e são usados como equivalentes. A pilha é um recipiente passivo cuja função é apenas armazenar a *substância* que se move através do circuito e é consumida nas lâmpadas ao produzir luz. A idéia de que existe algo, de natureza indefinida, movimentando-se pelo circuito é usada em maior ou menor grau por praticamente todos os sujeitos. Isso parece

vir da necessidade que as pessoas têm de postular a existência de uma ligação material entre a fonte das ações e os objetos sobre os quais ela atua.

Enfim, os resultados e as análises deste trabalho oferecem subsídios para uma melhor compreensão das idéias (e de sua evolução) dos alunos sobre circuitos ajudando os professores a planejarem suas aulas, bem como encaminhar discussões mais produtivas em sala de aula. A atenção para as expressões dos alunos pode auxiliar muito com vistas à aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, B. The experiential gestalt of causation: a common core to pupils preconceptions in science. **European Journal of Science Education**, v. 8, n. 3, p. 155-171, 1986 ①

ANDRÉS, M. M. Evaluación de un plan instruccional dirigido hacia la evaluación de las concepciones de los estudiantes acerca de los circuitos eléctricos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 8, n. 3, p. 231-237. 1990. ①

BARBOSA, J. O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 105-122, 1999. ① ②

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. Ambiente de aprendizagem para o modelamento de energia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005. Bauru, SP. **Anais...** Bauru, SP : ABRAPEC, v. 1, 2005. p. 1-11. ①

BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 1, p. 7-31. 1998. ①

BORGES, A T.; GILBERT, J. K. Mental models of electricity. **International Journal Science Education**, v. 21, n.1, p. 95-117. 1999. ❶

BORRAGINI, E. F.; KREY, I.; MARIANI, M.; RABAIOLLI, G. L. Investigação e desenvolvimento de estratégias experimentais para a evolução conceitual em ensino de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, **Anais...** Jabotivatuvas, MG, 2004. ❶

CAMARGO, S.; NARDI, R. Formação inicial de professores de física: marcas de referenciais teóricos no discurso de licenciandos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, **Anais...** Jabotivatuvas, MG, 2004. ❶

CARMEL, N.; PACCA, J. L. A. As concepções da corrente elétrica e o funcionamento da pilha. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., Jabotivatuvas, MG. **Anais...** Belo Horizonte : UFMG, 2005. p. 1-12. ❶

CLOSSET, J. L. Sequential reasoning in electricity. In: **Research on physics education**. proceedings of the first international workshop. La Londe les Maures: Editions du CNRS, p. 313-319, 1983. ❶

CUBERO, R. **Cómo trabajar con las ideas de los alumnos**. Díada: Sevilla, 1989. 78 p. ❶

DOMIN, D. S. A review of laboratory instruction styles. In: **Journal of Chemical Education**. v. 76, n. 4, p. 543-547, 1999. ❶

DOMINGUEZ, M. E. **Detecção de alguns conceitos intuitivos em eletricidade através de entrevistas clínicas**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física da UFRGS. Porto Alegre: UFRGS, 1985. ❶



DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P.; WOOD-ROBINSON V. **Dando sentido a la ciencia en secundaria:** investigaciones sobre las ideas de los niños. Madrid: SEP/Visor, 274p. 1999. ①

TREAGUST, D.; DUIT, R. Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. **Cultural Studies of Science Education**, n. 3, p. 297-328, 2008. ①

FREDETTE, N.; LOCHHEAD, J. Student conceptions of simple circuits. **The Physics Teacher**, v. 18, n. 3, p. 194-198, 1980. ① ②

GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 110-119. 1996. ① ②

HARRES, J. B. S. et al. **Laboratórios de ensino:** inovação curricular na formação de professores de ciências. Santo André: ESETec Editores Associados, 2005. 99 p. ①

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 12, n. 3, p. 299-313. 1994. ①

GIL-PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. In: **Enseñanza de las Ciencias**. v. 14, n. 2, p. 155-63. 1996. ①

LIMA, V. A. **Atividades experimentais no ensino médio:** reflexão de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. Dissertação (Mestrado) São Paulo: USP, 2004. ①

LIMA, V. A.; MARCONDES, M. E. R. Atividades experimentais no ensino de química: reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, 2005. ①

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Educação**, Porto Alegre, n. 37, p. 7-32. 1999. ①

NIETO, P. V.; CAMPO, M. J. M.; MARTÍNEZA, F. Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 285-290. 1988. ①

OSBORNE, R.; BELL, F.; GILBERT, J. Science teaching and children's views of world. **European Journal of Science Education**, v. 5, n. 1, p. 1-14. 1983. ①

OSBORNE, R.; FREYBERG, P. **Learning in Science**: the implications of children's science. Portsmouth, NH: Heinemann. 1985. ①

PACCA, J. L. A. O significado da eletricidade para os alunos do 2º grau: circuitos elétricos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12., Anais... Belo Horizonte: SBF. 1997. ①

PACCA, J. L. A. et al. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 151-167. 2003. ①

PESA, M.; ISLAS, S. M. Concepciones de los profesores sobre el rol de los modelos científicos en clases de física. **Enseñanza de la Física**, v. 17, n. 1. 2004. ①

PORLÁN, R. **Constructivismo y escuela**: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación. Sevilla: Díada, 1993. ① ②

PORLÁN, R.; RIVERO, A. **El conocimiento de los profesores**: el caso del área de ciencias. Sevilla: Díada, 1998. ①

RINALDI, C. **Concepções alternativas em eletricidade básica**. Dissertação (Mestrado), Rio de Janeiro: UFF, 1989. ①

RINALDI, C.; URE, M. C. D. Concepções de adultos não influenciados pelo ensino formal sobre eletricidade. **Revista de Educação Pública**. Cuiabá: Mato Grosso, v. 3, p. 145-161. 1994. ❶

SHIPSTONE, D. M. A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. **European Journal of Science Education**, n. 6, p. 185-198, 1984. ❶ ❷

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir dos resultados experimentais”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 19, v. Especial: p. 7-27, 2002. ❶

TIBERGHIEU, A.; DELACOTTE, C. Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 a 12 ans. **Revista Francesa de Pedagogía**, n. 34, p. 32-44. 1976. ❶

TIBERGHIEU, A., 1983, Revue critique sur les recherches visant a elucidar le sens des notions de circuits électriques pour les eleves de 8 a 20 ans. **Atelier International d'été: Recherche en Didactique de la Physique**. La Londe les Maures. France. ❶

ZEMBAL-SAUL, C. et al. Web-based portfolios: a vehicle for examining prospective elementary teachers' developing understandings of teaching science. **Journal of Science Teacher Education**, v. 13, n. 4, p. 283-302, 2002. ❶

