

## EXPERIMENTAÇÃO SELETIVA E ASSOCIADA À TEORIA COMO ESTRATÉGIA PARA FACILITAR A REFORMULAÇÃO CONCEITUAL EM FÍSICA<sup>1</sup>

ROLANDO AXT, MARCO ANTONIO MOREIRA e FERNANDO LANG DA SILVEIRA<sup>2</sup>  
*Instituto de Física - UFRGS*  
*Caixa Postal 15051, 91500 Porto Alegre, RS*

### RESUMO

É descrita uma experiência de ensino através da qual se procurou mostrar a futuros professores de Física, no ensino médio, como identificar e como enfrentar as dificuldades conceituais de seus alunos, a partir do reconhecimento de suas próprias dificuldades. Passou-se, então, a operar de diversas formas sobre essas dificuldades, mas sempre conduzindo o processo ensino-aprendizagem de modo a nele engajar ativamente os futuros professores. Nesse processo, a experimentação acoplada à teoria teve papel fundamental. São apresentados resultados qualitativos e quantitativos.

### ABSTRACT

A teaching situation is described in which an attempt was made to show to prospective high school physics teachers how to identify and face the conceptual difficulties of their students taking their own difficulties as a starting point. These difficulties were approached in several ways but always actively engaging the teachers-to-be in the teaching-learning process. In this process, experimentation coupled to theory had a fundamental role. Qualitative and quantitative results are reported.

---

<sup>1</sup>Parcialmente financiado pelo CNPq.

<sup>2</sup>Instituto de Física da UFRGS e Instituto de Física da PUCRS.

## INTRODUÇÃO

O indivíduo, ao interagir com o mundo em que vive, constrói concepções com as quais tenta explicar os fenômenos que observa ao seu redor. Se essas idéias ou concepções estão em desacordo com aquelas que, convencionalmente, são consideradas conhecimento científico, costuma-se chamá-las, na literatura, de "concepções intuitivas", "concepções espontâneas", "concepções alternativas", etc. [1].

A respeito de tais concepções, numerosos estudos revelaram, na última década, que elas se manifestam com frequência (é considerável o número de indivíduos que as apresentam), regularidade (os resultados das pesquisas são bastante reprodutíveis) e persistência (elas retornam mesmo em estágios mais avançados de escolaridade).

É difícil afirmar, pois, se determinada concepção é fruto, exclusivamente, da mais pura imaginação do indivíduo ou, apenas, do contato com educação formal/informal, ou se resulta de ambos, cada qual interferindo, em maior ou menor escala, diante das inúmeras variáveis que podem intervir no processo de consolidação das idéias através das quais ele procura se situar no mundo. O que se sabe é que, ao se defrontar, no ensino formal, com determinado problema, não necessariamente pela primeira vez em sua vida, o aluno poderá ter já concebido idéias com as quais se julga capaz de explicá-lo. Comparadas com as concepções formais de que se vale o professor para explicar essa questão, as concepções do aluno podem ser consideradas fora do contexto e, por conseguinte, errôneas. Fora do contexto, i.e., fora de um padrão de conhecimento compartilhado pela comunidade científica, também se situam muitas idéias manifestadas, errônea e inconscientemente, por professores em suas aulas [2] e por autores de livros de texto, nas páginas das suas obras [3].

Em vista disso, preferimos adotar aqui a expressão "concepções contextualmente errôneas" [4] para denominar, distintamente, essas idéias. (Utilizaremos daqui em diante a abreviatura CCE<sub>s</sub>.)

Os estudos realizados nos últimos anos, aos quais nos referimos no início, conduziram a um extenso mapeamento sobre como os alunos explicam os fenômenos físicos através de idéias próprias, as quais conflitam com o formalismo proposto pelo professor. Esse mapeamento, contudo, apenas levanta problemas e serve, é claro, para alertar os professores sobre como pensam os alunos possibilitando, já e eventualmente, que conduzam o processo instrucional levando isso em consideração.

Menos numerosos são os estudos que avançam para o delineamento, a implementação e a avaliação de propostas de estratégias de ensino para conduzir o aluno à reformulação conceitual [5,6], i.e., que facilitam sua aproximação ao conhecimento científico e o capacitam a identificar idéias conflitantes com tal formalismo [7,8]. Neste trabalho, descreve-se uma tentativa de andar nessa direção.

### HIPÓTESE

O abandono de determinada concepção e sua substituição por aquela que deverá ser aprendida implica em mudança ou reformulação conceitual [7]. Esta reformulação pode significar tanto reconciliar um conceito novo com um já existente, sabendo-se distingui-los, como adotar conscientemente o novo e lançar o anterior ao esquecimento.

No procedimento adotado neste estudo, levou-se em consideração a persistência das CCEs, as quais permanecem e ressurtem mesmo quando, em um primeiro momento, se acredite ter sido consolidada a sua remoção e a substituição por conceitos científicos [9,10].

As aulas tradicionais, com exposições orais, sessões de exercícios e de resolução de problemas, demonstrações experimentais, recursos áudio-visuais, etc., parecem não ter eficácia para uma significativa parcela de alunos no que concerne à reformulação conceitual [10,11,12]. O clima de pouca participação no processo faz com que as contradições, frequentemente, passem despercebidas por alunos e professores.

Aparentemente, o ensino em geral, mas em particular a experimentação, quer quando usada de forma mais restrita na demonstração, quer quando envolve o aluno diretamente, em aulas de laboratório, apesar do seu efeito momentaneamente esclarecidos, o qual de resto uma boa aula expositiva também apresenta, não pode ser considerada "a priori" como instrumento de reformulação conceitual.

Mas, ao lado desse papel tradicional no ensino de Física, a experimentação possui um potencial heurístico, desafiador, motivador, elucidador muito pouco explorado em nosso meio, particularmente no que se refere à aprendizagem de conceitos e à reformulação conceitual.

A experimentação pode ser utilizada para colocar o aluno diante de situações concretas e de evidências que ativem seu pensamento e o tornem consciente da eventual existência de uma discrepância entre a sua maneira de pensar e aquilo que a evidência está a indicar ou, ainda, o façam verbalizar idéias nas quais o professor identificará um conflito do qual o aluno não toma consciência.

Pretende-se, neste estudo, examinar a experimentação como meio de fazer aflorar contradições entre o pensamento do aluno e a realidade a fim de promover uma mudança conceitual. Sendo assim, é nossa hipótese que:

*Uma experimentação geradora de conflitos entre o pensamento do aluno e a realidade, e indissociada do conhecimento científico aceito, é útil para promover a reformulação conceitual no sentido de apropriação pelo aluno deste conhecimento científico.*

Conseqüentemente, submete-se a experimentação, i.e., os experimentos selecionados e a sua forma de apresentação, à condição de meio para atingir a reformulação conceitual em um contexto mais amplo, não exclusivamente experimental mas voltado para a integração teoria-experimento.

Nesse sentido, aceita-se como imperativo que o aluno seja envolvido ativa e deliberadamente no processo de supera

ção das suas CCE<sub>s</sub>, a fim de conduzi-lo à reflexão sobre seus próprios erros e contradições, passando assim a questionar a sua maneira de pensar e abrindo a perspectiva para que uma reversão conceitual definitiva possa ocorrer.

### ESTRATÉGIA

A estratégia adotada baseia-se na argumentação. Esta é apresentada na forma de evidências experimentais (argumento experimental) complementadas com perguntas e proposições que envolvam abstrações nas quais poderão ou não ser utilizados dados disponíveis do experimento (argumento teórico).

São estes argumentos, reunidos em função das contradições detectadas nos alunos, que comandam a escolha do experimento, i.e., dado um determinado argumento necessário, passa-se a selecionar e eventualmente conceber o experimento que poderá ser útil para veicular tal argumento. Não interessa, pois, o quão impressionante um determinado experimento possa ser, ele só será utilizado se for útil naquilo que está sendo pretendido, ou seja, se for vislumbrada nele a possibilidade de gerar contradições entre o pensamento do aluno e o pensamento formal. A esse tipo de experimentação denominamos efetiva.

Há, pois, uma preocupação maior em estudar mecanismos capazes de fortalecer uma visão científica das coisas em detrimento de concepções pré-existentes, do que em fazer um levantamento de tais concepções, embora isto tenha sido feito. Aliás, as concepções detectadas por nós nesse tipo de levantamento foram, em sua maioria, identificadas também por outros pesquisadores [13].

### METODOLOGIA

Nove estudantes do 6º semestre do curso de Licenciatura em Física da UFRGS participaram desta experiência, trabalhando em grupos espontaneamente constituídos e interagindo com membros dos outros grupos e com o professor.

Foi feita uma sondagem inicial com base em um teste com questões objetivas, previamente validado, para detectar concepções errôneas referentes ao conceito de corrente elétrica [11]. Nesse teste, dois alunos obtiveram escore considerado muito bom e sete apresentaram um desempenho fraco: a média destes foi de um terço dos acertos possíveis.

Mesmo reconhecendo-se o fato da forte persistência das CCE<sub>s</sub>, o teste revelou dificuldades conceituais que, se bem que costumam manifestar-se regularmente entre alunos de Física Geral (2º semestre) [11], não deveriam mais existir entre alunos de 6º semestre de um curso de Licenciatura em Física. As concepções dos alunos, detectadas nesse teste, juntamente com outras, surgidas posteriormente no contato professor-aluno, estão discriminadas na 1ª coluna da Tabela 1, sob os títulos "concepções sobre corrente elétrica", "concepções sobre tensão" e "concepções sobre resistores".

Diante de uma nova situação, os alunos eram solicitados a fazer hipóteses, a predizer o que iria ocorrer para, a seguir, experimentar e confrontar o resultado com a hipótese feita. Ao expressarem suas idéias, tornaram possível a identificação de concepções que o teste não havia ajudado a descobrir.

O resultado do teste serviu como referencial para as primeiras atividades propostas. Estas permitiram detectar outras dificuldades conceituais em função do que novas atividades foram introduzidas.

Todas essas atividades tinham de ser consistentes com a proposta de operar sobre concepções errôneas. Na segunda coluna da Tabela 1 está discriminada a estratégia utilizada na forma de argumentação experimental (AE) e argumentação teórica (AT) de acordo com o objetivo que se procurava atingir isoladamente, numa seqüência endereçada ao, e subsidiada pelo, referencial teórico delineado pelas variáveis que compõem a conhecida Lei de Ohm.

A experiência durou 7 semanas, totalizando 14 períodos de 2 horas e o trabalho era reiniciado em cada encontro.

no ponto em que fora interrompido no anterior. Quando necessário, diante da constatação de que persistiam incompreensões sobre determinado conceito, retomava-se a discussão desse conceito e das suas implicações.

Embora as questões contidas no teste preliminar não tenham sido abordadas explicitamente nas aulas, uma segunda aplicação desse teste, após o ensino, indicou uma melhora no desempenho dos alunos.

Esta avaliação, contudo, não foi considerada para fundamentar resultados. A diferença entre os escores das duas aplicações do teste, foi utilizada para que cada aluno se pronunciasse sobre as razões do seu crescimento. Para isto, foram formuladas duas perguntas através das quais se pretendia saber dos alunos a que fatores eles atribuíam a melhora ocorrida e como explicavam o fraco desempenho na primeira aplicação do teste, apesar de já terem estudado o assunto várias vezes, na escola e na universidade.

### APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após o ensino, foi aplicado um teste com questões abertas direcionadas para a compreensão de conceitos, inéditas para os alunos e já testadas previamente por outros autores [14, 15]. Este teste mostrou uma boa compreensão dos mecanismos que regem o comportamento da corrente elétrica no circuito e dos fenômenos aos quais ela está associada. Três alunos tiveram um desempenho plenamente satisfatório. Cinco por vezes ainda apresentaram deficiências no que concerne a uma visão microscópica daquilo que se passa no interior dos componentes do circuito, embora dominassem plenamente as variáveis macroscópicas. Apenas um não respondeu todas as questões e nas que respondeu apresentou ainda concepções em desacordo com o modelo científico tanto do ponto de vista macroscópico quanto microscópico.

As dificuldades dos alunos em apresentar explicações microscópicas deve-se a que o estudo não enfatizou este aspecto, embora tenha sido abordado diversas vezes. Basta ana-

TABELA 1: CONCEPÇÕES E ARGUMENTOS

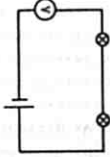
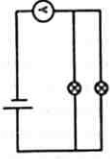
CONCEPÇÕES SOBRE CORRENTE ELÉTRICA	ARGUMENTOS UTILIZADOS: (AE) - Argumentação Experimental (AT) - Argumentação Teórica
<p>1) Constância na corrente elétrica: Ela seria sempre a mesma, independentemente do número de resistores ou do tipo de ligação feita.</p>	<p>(AE) - Ligar, a uma pilha, primeiro um e depois dois resistores (em série). Medir, cada vez, a corrente elétrica. Usar lâmpadas L (2,7V, 300mA) ou L' (6V, 150mA) (Figura 1). (AE) - Repetir, ligando duas lâmpadas em paralelo (Figura 2). Comparar as correntes elétricas nas diversas ligações feitas.</p>
<p>2) Consumo de corrente elétrica: Ela seria "gasta" nos resistores. Receberiam mais corrente os mais próximos, para alguns do pólo positivo, para outros do pólo negativo da pilha. A posição ou a ordem dos resistores no circuito afetaria a corrente elétrica. Uma alteração em dado ponto do circuito afetaria a corrente elétrica a partir desse ponto.</p>	<p>(AT) - Por que, então, é necessário que o circuito seja fechado para se constatar a existência de corrente elétrica? (AE) - Ligar uma lâmpada L, em série com uma lâmpada L', a uma pilha. Medir a corrente elétrica. Inverter as lâmpadas. Medir novamente a corrente elétrica. Observar o brilho das lâmpadas em cada situação. Medir a corrente elétrica em diversos pontos do circuito. (AE) - Inverter a posição da pilha. Comparar a corrente elétrica e o brilho das lâmpadas em relação à atividade anterior.</p>
 <p style="text-align: right;">Figura 1</p>	<p>(AT) - Num circuito há duas lâmpadas ligadas em série. Uma brilha e a outra não. Passa corrente por esta última? (AE) - Ligar uma lâmpada L', em série entre duas lâmpadas L, a uma pilha. Comentar o resultado em termos da corrente elétrica do circuito (Figura 3). (AT) - O que acontece com o brilho da lâmpada na figura 4 quando se aumenta o valor de a) <math>R_1</math> e b) <math>R_2</math>? (AT) - Como você concilia a ideia de "consumo" de corrente elétrica com a de conservação de carga elétrica?</p>
 <p style="text-align: right;">Figura 2</p>	



TABELA 1 (continuação)

3) Pilha como reservatório de cargas:  
A pilha seria um reservatório de cargas. Estas, quando ligado o circuito, saíam de um dos pólos e retornariam ao outro como água que percorre um canalamento vazio e retorna ao reservatório.

4) Movimento dos elétrons:

Estes sairiam do pólo negativo da pilha e percorreriam o circuito rapidamente até ingressar novamente no pólo positivo. Dentro da pilha seriam de algum modo - impulsionados novamente em direção ao pólo negativo.

(AE) - Estudo do princípio de funcionamento da pilha seca. Reações químicas. Separação de cargas.

(AT) - Há relação entre a separação de cargas por atrito ou por indução e a separação de cargas na pilha seca? Que vantagens possui esta última sobre os processos eletrostáticos?

(AT) - O que ocorre no interior de uma pilha quando ela está sendo usada?

(AT) - Analise as trocas de energia num circuito, inclusive as da pilha seca.

(AT) - Como se explica que as lâmpadas acendem logo que o interruptor fecha um circuito, inclusive quando a distância entre o interruptor e a lâmpada é grande?

(AT) - Exposição do modelo de elétrons livres sobre a condutividade elétrica.

(AT) - Discussão da velocidade de arrastamento de um elétron no interior de um condutor. Confrontar esta velocidade com a de propagação do campo elétrico no interior de um condutor.

(AT) - Construir uma analogia.

Em resumo, foi usada a seguinte analogia: numa rua muito comorrida, o fluxo de pessoas (apesar de seu movimento desordenado), através de uma valeta transversal à rua, é zero quando o número de pessoas que cruzam a valeta nos dois sentidos é o mesmo (condutor sem campo elétrico aplicado). Uma luzada uniforme de vento ao longo da rua faria o papel do campo elétrico. Neste caso, mais pessoas atravessariam a valeta (mais elétrons numa secção transversal do condutor) num determinado sentido. Isto aconteceria simultaneamente em outras valetas (outras secções transversais de condutor). A presença quase simultânea do vento (do campo elétrico) não exige, pois, que a mesma pessoa (o mesmo elétron) cruze todas as valetas (secções transversais do condutor) ao mesmo tempo.

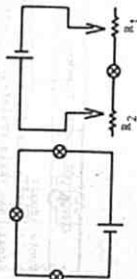


Figura 3

Figura 4

TABELA 1 (continuação)

<p style="text-align: center;">CONCEPÇÕES SOBRE TENSÃO</p>	
<p>(AT) - Relacionar diferença de potencial, campo elétrico, força sobre carga, movimento de carga. (AT) - Como se modificam essas grandezas quando uma segunda pilha é ligada ao circuito (em série com a primeira).</p>	<p>(AT) - Relacionar diferença de potencial, campo elétrico, força sobre carga, movimento de carga. (AT) - Como se modificam essas grandezas quando uma segunda pilha é ligada ao circuito (em série com a primeira).</p>
<p>5) Fonte ideal: A pilha seria uma fonte de tensão ideal. Não teria resistência interna. Não poderia, pois, afetar a corrente elétrica do circuito.</p>	<p>(AE) - Estudar o princípio de funcionamento de uma pilha seca. Comparar as tensões entre placas de Zn, Al, Cu, Fe num pólo e grafite no outro, em solução fraca de <math>H_2SO_4</math>. Mostrar a polarização. Mostrar como despolarizar (resistência interna) (Figura 5). (AT) - A tensão (ddp) nos terminais da pilha é a mesma a) se o circuito estiver aberto ou fechado e b) se o resistor for muito grande ou muito pequeno? (AE) - Ligar um resistor a outro, em série e em paralelo, e medir cada vez a tensão nos terminais da pilha. (AE) - Ligar a pilha a um resistor grande e depois em "curto". Medir a tensão nos terminais em ambos os casos.</p>
<p>6) Incompreensão do conceito de diferença de potencial (tensão): Este conceito é usado indistintamente com o de corrente elétrica. Mesmo quando o conceito desta é compreendido, tensão ou diferença de potencial permanece algo vago e difícil de verbalizar. A corrente elétrica seria uma propriedade da fonte, em lugar da diferença de potencial (pilha como fonte de carga, não de tensão).</p>	<p>(AE) - Recorrer a experimentos simples de eletrostática. Explicar a causa de faíscas e descargas (mesmo as não visíveis). (AT) - Explicar como a separação de cargas, e a posterior descarga, está ligada ao surgimento de uma diferença de potencial. Estabelecer uma clara relação de causa e efeito. Em que se converte o trabalho feito ao atritar um bastão de PVC com feltro ou papel seco? Analisar isso em termos de energia. (AT) - Apresentar uma tabela com dados, de dispositivos domésticos, para potência e corrente elétrica. Por exemplo:</p>

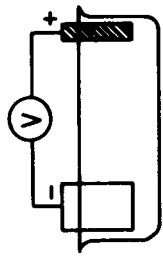


Figura 5

TABELA 1 [continuação]

Dispositivo	P(j/s)	I(A)	P/I
Aquecedor	660	3	220
Lâmpada	110	0,5	220
Outros			

Explicar a tensão como algo que está disponível na tomada e que, ao contrário da corrente elétrica, é comum aos diversos dispositivos da tabela.

(AT) - Por que a tensão desaparece logo que o bastão elétrico se descarrega (produzindo faíscas) e não desapa-  
rece na tomada?

(AE) - Demonstrar a separação de cargas em máquinas eletrostáticas. Explicar o seu funcionamento.

(AT) - Que vantagens apresenta uma pilha, uma bateria ou uma usina elétrica sobre as máquinas eletrostáticas? Em que se resume, em última análise, a função de todos esses dispositivos?

(AT) - Analisar um capacitor de placas paralelas em termos da separação de cargas, da diferença de potencial, do campo elétrico e do movimento de carga elétrica no interior desse campo (Figura 6).  
Como chega a se estabelecer a carga elétrica nas placas do capacitor?

O que acontece nas figuras 6 e 7 quando as ligações AB são completadas?

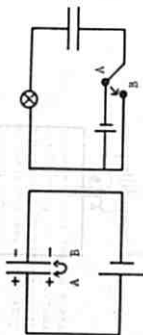


Figura 6

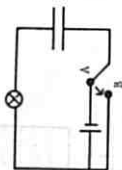


Figura 7

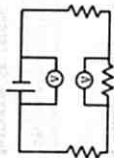


Figura 8

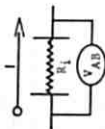


Figura 9

TABELA 1 (continuação)

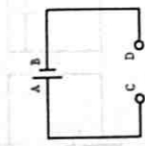
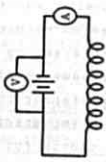
<p>7) Posição dos resistores: Lâmpadas iguais e ligadas em série não es- tariam sujeitas à mesma tensão. A queda de tensão em uma lâmpada afetaria a queda de tensão da outra.</p>	<p>(AF) - Em circuito com duas lâmpadas iguais ligadas em sé- rie, medir a tensão em cada lâmpada. Inverter a fon- te e medir novamente. Medir também a corrente elétri- ca. (AT) - Sendo a corrente elétrica <math>I</math> a mesma e sendo os resis- tores <math>R</math> iguais, o produto <math>V \cdot IR</math> deve ser o mesmo em cada resistor. (AE) - Usar lâmpadas diferentes (em série) e medir a tensão em cada uma. Inverter as lâmpadas. Medir a tensão nas lâmpadas.</p>
<p>8) Supressão de tensão na pilha: A queda de tensão nos resistores do circui- to seria toda suprimida da tensão da pilha. Um acúmulo de resistores em série poderia até "zerar" a tensão desta.</p> 	<p>(AE) - Usar dois voltímetros. Um registra a tensão <math>V_A - V_B</math> nos terminais da fonte, o outro mede todas as possí- veis quedas de tensão no circuito (Figura 8). (AE) - Aumentar e diminuir o número de resistores. Fazer ca- da vez o balanço das quedas de tensão e comparar com a tensão nos terminais da fonte. (AT) - Numa pilha de força eletromotriz <math>\mathcal{E}</math>, a tensão <math>V_A - V_B</math> nos terminais é dada por <math>V_A - V_B = \mathcal{E} - IR_i</math> (Figura 9). <math>I</math> é a corrente elétrica do circuito e <math>R_i</math> é a resis- tência interna da pilha. Se <math>I = 0</math>, <math>V_A - V_B = \mathcal{E}</math>. (Portan- to, apenas quando há corrente elétrica e que a resis- tência interna pode reduzir <math>V_A - V_B</math>). Este valor, em dado circuito, é igual à soma de todas as quedas de tensão (resistores, contatos, fios de ligação). (AT) - Qual será a tensão nos pontos CD e AB da figura 10? Qual será a tensão quando um resistor de pequena re- sistência completar o circuito em CD? (AE) - Responder as perguntas também com base em dados expe- rimentais.</p>

Figura 10

TABELA 1 (conclusão)

CONCEPÇÕES SOBRE RESISTORES	
<p>9) Constância das resistências: Resistências não apresentariam variação. A resistência do filamento de uma lâmpada seria a mesma, frio ou em funcionamento.</p>  <p style="text-align: center;">Figura 11</p>	<p>(AE) - Levantar a curva <math>V \times I</math> de uma lâmpada de filamento (tipo L ou L').</p> <p>(AE) - Levantar a curva <math>V \times I</math> de um fio (fino e longo) de cobre e de um fio de NiCr. Comparar os resultados e discutir os motivos das diferenças encontradas (exemplo e contra-exemplo).</p> <p>(AE) - Resistência equivalente. Comparar as configurações (em série e em paralelo) de resistores (lâmpadas). Como se justificam as diferenças nas correntes elétricas medidas na atividade anterior com aquelas que seriam esperadas de um circuito ideal?</p>
<p>10) Contatos e condutores ideais: Não haveria resistência exceto nos resistores propriamente ditos do circuito.</p>	<p>(AE) - Fazer o balanço das quedas de tensão em todos os componentes do circuito. Como se explica a diferença encontrada?</p> <p>(AT) - Quando uma corrente elevada atravessa os fios condutores, estes aquecem e o revestimento plástico começa a derreter. Como se explica isso?</p>
<p>11) Desconsideração da temperatura: A temperatura não é cogitada como fator determinante de resistividade. A lei de Ohm é aplicada independentemente de suas limitações (condutores metálicos, temperatura).</p>	<p>(AE) - Levantar a curva <math>V \times I</math> para um fio de cobre (longo e fino) enrolado em forma de bobina (Figura 11). Mergulhar a bobina em água com gelo fundente e levantar novamente a curva <math>V \times I</math>.</p> <p>(AT) - Comentar a lei de Ohm. Delimitar sua validade.</p>

lisar a experimentação proposta na Tabela 1 para se constatar que prevaleceu uma análise macroscópica das variáveis físicas do circuito. (Não se está minimizando com isso o resultado menos favorável quanto a uma visão microscópica. Este é desenvolvido em disciplinas de nível universitário e as deficiências soresentadas indicam a necessidade de uma preocupação maior com esses aspectos nas disciplinas de Física Geral e em outras, mais avançadas, nas quais temas como a condutividade elétrica são abordados.)

As opiniões dos alunos sobre o trabalho realizado e sua avaliação sobre os resultados são apresentados na Tabela 2.

Em suas respostas, os alunos consideraram a experimentação um fator determinante para aclarar conceitos e desenvolver uma compreensão mais aprofundada das noções básicas de um circuito elétrico.

A falta de um estudo anterior mais detalhado na parte conceitual, a predominância do formalismo (matemático) e das sessões de solução de problemas as quais, muitas vezes, mascararam a existência de falhas conceituais, a condução dos cursos sempre no mesmo ritmo, sem uma demora maior nos pontos problemáticos do conteúdo, o fato de, conseqüentemente, terem conseguido aprovação em várias disciplinas sem que fosse exigido domínio de conceitos básicos, são explicações que eles dão pelo fraco desempenho no pré-teste. Embora não transpareça nas respostas, o resultado pouco favorável desse teste, pela simplicidade das questões propostas, surpreendeu o grupo, pois, a rigor, apenas dois obtiveram um escore satisfatório.

Os alunos também se referem, em suas respostas, à estratégia de terem sido solicitadas predições ou hipóteses antes da experimentação (para posterior confirmação ou não) como um fator positivo. Também a integração teoria-experimento foi considerada relevante. A teoria foi se consolidando à medida que os conceitos se articulavam dentro de referencial teórico.

TABELA 2: RESPOSTAS DOS ALUNOS\*

<p>Pergunta 1. Qual a razão pela qual, apesar de você ter estudado este assunto diversas vezes, no 2º grau e na universidade, seu desempenho no teste, sobre conceitos relativos a um circuito elétrico simples, ficou aquém da expectativa?</p>	<p>Pergunta 2. A que fatores você atribui a melhora de desempenho na segunda aplicação do teste?</p>
<p>(I) "Quando estudei circuitos elétricos no 2º grau e na universidade ficava-se preso apenas à teoria e a problemas propostos em livros, sem levar a fundo noções básicas que em seguida eram consideradas sabidas por todos."</p>	<p>(I) "O sucesso do trabalho desenvolvido deve-se ao fato de termos partido da prática e de termos desenvolvido a fundo as noções básicas do circuito elétrico. A partir daí formalizamos a teoria, o que então pode ficar consistente e com bom embasamento."</p>
<p>(CR) "A parte prática é muito importante e antes não havia acontecido esse tipo de trabalho, ficando restrito ao trabalho teórico."</p>	<p>(CR) "A melhora aconteceu devido ao trabalho prático e não só ao estudo teórico. Também influenciou a previsão teórica que era feita antes de iniciar as atividades".  <u>A "previsão teórica" refere-se às hipóteses feitas pelos alunos e que freqüentemente não se confirmaram depois, justamente porque partiam de concepções errôneas.</u></p>
<p>(CP) "Acho que pelo fato de eu nunca ter assimilado bem certos conceitos primitivos."</p>	<p>(CP) "A minha pequena melhora talvez se deva ao fato de que certos conceitos estão bastante enraizados e não é tão fácil assimilá-los corretamente e também pela interpretação errada de certas questões."</p>
<p>(JM) "Devido à confusão entre o que acontece em um circuito em série ou em paralelo quando associamos capacitores, resistências e pilhas."  <u>Este aluno verbalizou com freqüência concepções que faziam transparecer a confusão à qual se refere.</u></p>	<p>(JM) "Atribuo à clareza de compreensão do que se passa nos circuitos, após ter estudado diversas variações de associações em série e em paralelo de resistores, pilhas (capacitores)."</p>

TABELA 2 (continuação)

<p>(DM) "Meu desempenho, no 1º teste, foi relativamente bom. Acredito que este desempenho deve-se a um pouco de prática que tenho, fora dos bancos escolares, no trato com <u>eletricidade</u>."</p>	<p>(DM) "Certamente a uma <u>melhor</u> compreensão das leis da <u>eletricidade</u>, principalmente a lei de Ohm. A época do 1º teste acreditava que, se determinado circuito fornecia uma certa corrente, esta sempre seria a mesma, independentemente das <u>modificações</u> nos componentes do <u>circuito</u>. Hoje entendo que há um <u>compromisso</u> entre V, R e I. Portanto, no circuito (real) nada é <u>constante</u>."</p>
<p>(R) "Na universidade o formalismo toma conta e a parte conceitual fica para trás. Ficamos (em Física <u>General</u>) praticamente seis meses apenas resolvendo problemas, privados de raciocinar <u>com calma</u> sobre determinado conteúdo."</p>	<p>(R) "A melhora, embora não tenha sido 100%, é, obviamente, atribuída às atividades (práticas) realizadas ao longo deste semestre, que contribuíram bastante na clareza dos conceitos."</p>
<p>(M) "Creio que o motivo principal foi a falta de maior contato experimental e estudo mais profundo e interessado sobre o assunto."</p>	<p>(M) "Sem dúvida nenhuma foi por causa de todo o raciocínio construído a partir de experimentos."</p>
<p>(S) "Devido a ter estudado muita teoria e não ter visto nada na prática. Teoria essa que na maioria das vezes considerava apenas coisas ideais."</p>	<p>(S) "A melhora foi devido aos vários trabalhos práticos (com <u>embasamento</u> teórico) que proporcionaram um estudo real e diversificado dos circuitos."</p>
<p>(R) "Na 1ª aplicação do teste havia muitos conceitos que não estavam claros e, além disso, este foi um assunto ao qual eu não havia dado a devida importância porque não é o assunto mais interessante para mim."</p>	<p>(R) "Com o trabalho desenvolvido em aula compreendi melhor alguns conceitos e aprendi mais coisas sobre conceitos. Não houve mais melhora sinceramente porque talvez tenha faltado mais dedicação."</p>

\* Observações acrescentadas pelos autores estão sublinhadas.



O mesmo teste [11] inicialmente utilizado foi reaplicado, quatro meses mais tarde, na função de teste de retenção, na 1ª aula após as férias de verão. Obteve-se o seguinte resultado:

TABELA 3: ESCORE PERCENTUAL DE ACERTOS NO TESTE DE RETENÇÃO

Nº alunos	Escore percentual
5	>90%
3	>70% e <90%
1	50%

Os escores obtidos pelos alunos no pré-teste (média: 6,3) e no teste de retenção (média: 11,9) foram comparados estatisticamente (o escore máximo possível é 14). A diferença entre as médias relacionadas é significativa em nível inferior a 1% ( $t = 4,86$ ).

#### IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

A experimentação, associada a uma estratégia específica, i.e., adotada seletivamente e indissociada da proposta de ensino como um todo, servindo de base para estabelecer uma didática que faça aflorar contradições e que permita resolvê-las, mas servindo-se também dos recursos necessários para sua implementação, pode contribuir de forma significativa para a consolidação da aprendizagem de conceitos científicos, até mesmo quando antecedidos por outros que precisam ser substituídos ou reformulados.

Quando se constata, como neste estudo, que quase-professores estão longe de demonstrar firmeza em conceitos básicos, apontando eles próprios a falta de oportunidades anteriores

res nas quais já poderiam ter resolvido essas questões, como um dos motivos para justificar suas deficiências, deve-se insistir na necessidade de um emprego mais intenso e mais consistente do ensino experimental nas escolas, tanto de 1ª quanto de 2ª graus, e na importância de o professor saber que existe - e ser capaz de detectar - idéias conflitantes com aquilo que pretende ensinar, as quais seus alunos já trazem para aula e com as quais provavelmente permanecerão após essa aula.

É sabido que muitas vezes os próprios professores transmitem concepções contextualmente errôneas [2, 16] e que o mesmo se verifica com os livros didáticos que adotam [3].

O círculo vicioso deve ser rompido sempre que haja oportunidade para tal. A formação de novos professores parece um lugar natural para isso acontecer embora, como já afirmamos, CCEs fiquem facilmente mascaradas, sendo apenas reveladas quando adotamos critérios de avaliação diferentes daqueles baseados num formalismo matemático de pouca utilidade nos níveis mais elementares de ensino.

Estratégias como a aqui adotada, a qual, como dissemos, se valeu dos recursos necessários para sua implementação, i.e., equipamentos, materiais, etc., ou outras não necessariamente com tanta ênfase na experimentação, deveriam ser comuns em nossos cursos de Licenciatura. Os professores saberiam, depois, encontrar as melhores formas de levá-las, integral ou parcialmente, às suas aulas.

Se o que se quer é que conceitos básicos sejam aprendidos no ensino básico e no secundário, deve-se ter o cuidado de dar uma formação adequada aos professores e deve-se dar a estes as condições e os recursos necessários para uma atuação comprometida com um ensino de boa qualidade.

Uma formação adequada deve repousar sobre firmeza conceitual e sobre o domínio e a disponibilidade dos meios que permitem atingi-la.

## REFERÊNCIAS

- 1) Salvatti FV, A.P., 1986. Conceitos espontâneos em Física - os problemas inerentes a uma definição. Revista de Ensino de Física, 8(1): 49-58.
- 2) Axt, R., 1988. Professores de hoje, alunos de ontem ... (dificuldades com alguns conceitos-chave sobre fluidos). Cad. Cat. Ens. Fís., 5(1): 7-18.
- 3) Axt, R. e Brückmann, M.E., 1989. O conceito de calor nos livros de ciências. Cad. Cat. Ens. Fís., 6(2): 128-142.
- 4) Moreira, M.A., 1990. Pesquisa em ensino - aspectos metodológicos e referenciais teóricos. São Paulo, Editora Pedagógica Universitária.
- 5) Evans, J., 1978. Teaching electricity with batteries and bulbs. The Physics Teacher, 16(1): 15-22.
- 6) Costa, I., Guimarães, L.A.H. e Almeida, L.C., 1989. Da pesquisa para a sala de aula: um exemplo da mecânica. Cad. Cat. Ens. Fís., 6(2): 105-127.
- 7) Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. e Gerzog, W.A., 1982. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. Science Education, 66(2): 211-227.
- 8) Axt, R., 1986. Conceitos intuitivos em questões objetivas aplicadas no concurso vestibular unificado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura, 38(3): 444-452.
- 9) Dominguez, M.E. e Moreira, M.A., 1988. Significados atribuídos aos conceitos de campo elétrico e potencial elétrico por estudantes de Física Geral. Revista de Ensino de Física, 10: 67-82.
- 10) Silveira, F.L., Moreira, M.A. e Axt, R., 1987. Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento. Ciência e Cultura, 38(12): 2047-2055.

- 11) Silveira, F.L., Moreira, M.A. e Axt, R., 1989. Validação de um teste para detectar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. Ciência e Cultura, 41(11): 1129-1133.
- 12) Silveira, F.L., Moreira, M.A. e Axt, R., 1990. Validação de um teste para detectar concepções alternativas sobre calor e temperatura. Trabalho em andamento.
- 13) Manrique, Ma. J., Varela, P. e Favieres, A., 1989. Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad. Enseñanza de las Ciencias, 7 (3): 292-295.
- 14) Ganiel, U., 1988. Electrostatics and electrodynamics - a case of micro versus macro. In AIP Conference Proceedings 173 - Cooperative Networks in Physics Education, Oaxtepec, Mexico, 1987, pp. 225-234.
- 15) Mestre, J. e Touger, J., 1989. Cognitive research - What's in it for physics teachers? The Physics Teacher, 27(6): 447-456.
- 16) Queiroz, G. e Azevedo, C.A., 1988. A ciência alternativa do senso comum e o treinamento de professores. Cad. Cat. Ens. Fís., 5(1): 7-18.