

## ELETRICIDADE: ATIVIDADE DE ENSINO COERENTE COM UM MODELO CONSTRUTIVISTA

*Dirceu da Silva\**

*Regis Lattouf\**

**Resumo** A elaboração de problemas geradores de atividades constituiu-se em verdadeiras dificuldades para professores e pesquisadores, pois além de haver uma vasta gama de possibilidades para criá-los, ainda há necessidade de serem fundamentados dentro do paradigma adotado. Se este é o construtivismo, nos vemos diante de várias incertezas que podem ser diminuídas à luz das concepções mais atuais. A atividade que estamos apresentando aqui, foi elaborada a partir da necessidade de avaliarmos a aprendizagem dos alunos e de levantarmos os resquícios de conceitos espontâneos ainda presentes, ao final de um tópico de ensino de circuitos elétricos, em um curso de física da 3ª série do 2º grau. Assim, mostraremos o problema gerador da atividade, a descrição da dinâmica das aulas e os resultados obtidos.

**Palavras-chaves:** Ensino de Física; Construtivismo; Avaliação; Atividade Construtivista; Ensino de Eletricidade.

**Abstract** The task of developing problems that will generate classroom activity is difficult for teachers and researchers. The possibilities are innumerable and the alternatives chosen must fit the adopted teaching paradigm. If this approach is constructivist, more recent concepts can reduce the degree of uncertainty. The activity described here resulted from the need to evaluate 51 third-year high school students at the end of a Physics class in electrical circuits. This study presents the problem that generated the activity, the description of the classroom dynamics and the results obtained.

**Descriptors:** Physics teaching; Constructivism; Evaluation; Constructivist activity; Teaching of Electricity.

### Introdução

A importância e o papel das atividades tem sido reconhecida por diversos autores (Carvalho *et al.*, 1995), como sendo fundamental para que se consiga produzir uma aprendizagem conseqüente que permita desencadear um programa de investigação pelos alunos (Gil Perez, 1993), isto é, que seja a "porta de entrada" para um trabalho construtivista (Stavy, 1991) e que os estudantes desenvolvam e construam um conhecimento de forma ativa, não ficando apenas na repetição de conteúdos memorizados, buscando-se um diálogo necessário com os programas propostos na atualidade (além dos já citados, Duschl e Gitomer, 1991; Astolfi e Peterfalvi, 1993; McDermott, 1993; Carvalho e Gil Perez, 1993 etc.), bem como estratégias de ensino

que busquem um "crescimento" conceitual<sup>1</sup> coerente com o trabalho de natureza científica (Wheatley, 1991 e Furió, 1994).

Após um período de propostas gerais sobre as ações pedagógicas voltadas para a cognição dos alunos, um dos grandes problemas enfrentados hoje por professores do ensino fundamental e médio (e por pesquisadores também!) não está na forma como o ensino deve ser conduzido ou nas formas de agir do professor ou ainda nas suas posturas, pois há consensos internacionais bem fundamentados. Então o problema recai na construção dos problemas, questões, situações de laboratório etc., que sirvam como início do

\* Professor da Faculdade de Educação da UNICAMP

\* Aluno do curso de Licenciatura de Física da Faculdade de Educação da USP

processo de construção do conhecimento, pois não é tarefa simples e imediata conseguir-se chegar a algo que possa ser o elemento que irá iniciar um processo de explicitação das idéias dos alunos, iniciar alguma forma de perturbação dos mesmos e permitir que haja um objeto de foco único para todo o grupo classe.

Esta dificuldade surge, devido serem enormes as possibilidades de formulação e de caracterização de uma pergunta, problema ou questão (forma objetiva que desencadeia a atividade em si), além do que, a decisão sobre o que perguntar aos alunos passa a configurar uma dúvida significativa, além do que há a necessidade de se ter um senso criativo que não é diretamente desenvolvido por caminhos lógicos ou pelo conhecimento e domínio conceitual de uma teoria.

De fato, como aponta Coll (1992), a decisão sobre o tipo de atividade, a forma de apresentação e a seqüência a ser adotada, são os pontos mais problemáticos e espinhosos no processo de elaboração de um ensino, pois não são pequenas as possibilidades e não é simples justificá-las dentro dos vários princípios teóricos que se acredita e adota, pois a habilidade específica de "criar" uma atividade passa evidentemente por uma sólida concepção teórica do conhecimento que se tenta ensinar e por um saber sobre como o aluno pensa e apreende (Silva, 1995).

Críticas a projetos de ensino conceituados (Solomon, 1994) apontam a falta de um conjunto de problemas realmente coerentes com as concepções teóricas dos proponentes dos projetos; como se ocorresse uma adaptação da teoria a um conjunto de atividades concebidas em outros moldes, pois estas já eram conhecidas

e consagradas pela comunidade, mas não expressam o novo paradigma. Estudos realizados nos livros didáticos dos USA, mostram que as atividades constantes nos atuais são muito semelhantes àquelas que aparecem no textos da década de 1930 (Wesley, 1987).

Pesquisas sobre a forma como são trabalhadas as atividades e o seu tipo (Mohapatra, 1990), mostram que o conhecimento dos alunos é fragmentado e estes apresentam diferentes heurísticas para solucionar problemas semelhantes. Pois as atividades não são pensadas como um elemento que possa dar continuidade ao processo, mas sim como momentos pontuais. A necessidade de se buscar um eixo de ensino é muito relevante (Fernandes Neto e Silva, 1995), pois não podemos esperar que alunos do 2º grau possam fazer conexões entre os diversos tópicos de um conhecimento.

Situada a problemática atual, o que estamos nos propondo aqui é apresentar o problema central gerador de uma atividade de ensino do tópico de circuitos elétricos e os resultados da sua aplicação em uma sala de aula real, da 3ª série do 2º grau de um curso regular.

### **Bases Teóricas Atuais para Sustentação do Ensino**

Para estruturarmos a atividade como um todo, pois entendemos que o problema não encerra (em si mesmo) os desejos de provocarmos uma aprendizagem adequada sem um ambiente que compõe um "espaço construtivista", buscamos uma fundamentação em alguns autores atuais que apresentam sugestões e propostas interessantes a respeito do que venha a ser a

idéia de um ensino pautado em elementos construtivistas.

O termo construtivismo que hoje assume várias conotações, estando presente nos discursos de filósofos, psicólogos e educadores, sendo empregado para designar idéias ou posturas diferentes das tradicionais a respeito do significado da própria aprendizagem, necessita de esclarecimentos. Entenderemos por construtivismo uma postura teórico-metodológica frente ao conhecimento, que permite reler os processos de ensino, bem como as concepções que se tem sobre o objeto deste.

Compreendemos que o conhecimento é edificado por um indivíduo ou por um grupo, como um processo continuado, mas não linear e que a verdade, diferentemente de como acreditavam os pensadores positivistas, não pode ser apropriada mas sim perseguida. Dessa maneira, as noções sobre um objeto variam de pessoa para pessoa, sofrendo modificações quanto ao entendimento em sujeitos diferentes e, também se alterando com o passar do tempo (Novak, 1988). O nosso aluno, nessa perspectiva, não é visto como um recipiente passivo de conhecimentos, mas como ser dialético, em constante transformação (Silva, 1995).

A forma de entender o sujeito é a base para operar mudanças significativas nas ações pedagógicas e interferir no processo de aprendizagem dos alunos (Castorina, 1988). Deve-se, dentro dessa filosofia, rechaçar a figura do professor como mero transmissor de conhecimentos e atribuir-lhe uma tarefa importante no processo de ensino. A nova postura, revestida de uma prática dialética, deve ser capaz de estabelecer conexões entre o conhecimento que será objetivamente ensinado e as

condições endógenas (internas ao sujeito) através da qual o aluno vai construir sua aprendizagem. Em poucas palavras, deve conseguir manter um "diálogo" entre o conhecimento escolar e o conhecimento do aluno (Johsua e Dupin, 1991).

A tônica da aula, concebida dessa forma, fica permeada pela maiêutica socrática, em que se deve lançar novos desafios para o aluno e dialogar dentro do conhecimento que ele apresenta, para buscar a sua superação (Bovet, s/d). Além disso, existem no aluno estruturas operatórias internas bem definidas, que constituem a base sobre a qual o professor se apoiará para trabalhar com os conhecimentos que devem ser ensinados.

A necessidade de provocar conflitos cognitivos aparece em muitos trabalhos, chegando a representar um consenso básico na área de pesquisa em ensino (Zylbersztajn, 1983; Rowell e Dawson, 1985; Scott, Asoko e Driver, 1991; Gil Perez, 1993)<sup>2</sup>. Além disso ocorre a necessidade explícita de partir das idéias que os alunos já apresentam, pois estas influenciam diretamente o seu aprendizado (Scott, 1993; Miras, 1993).

O sucesso do conflito é apontado como residente na habilidade do aluno reconhecê-lo e resolvê-lo (Scott, Asoko e Driver, 1991); ou ainda, como sugere Dreyfus, Jungwirth e Eliovitch (1990), os conflitos produzidos não necessariamente produzem o sucesso esperado, pois as construções para resolver o conflito não caminham sempre no sentido que o professor desejou, pois há uma necessidade do professor "gerenciar" a sua aula de forma que possa incluir novos desafios e redirecionar os antigos buscando preencher as lacunas existentes nas concepções dos alunos e permitir a

explicitação das suas idéias, para que haja a possibilidade de debate.

Uma feliz assertiva sobre a questão da construção de conhecimentos foi proposta por Resnick (*apud* Driver, 1986 e Gil Perez, 1993), que pode ser resumida em três princípios:

- 1- aprender é construir significados; não se lê a realidade como ela se apresenta;
- 2 - compreender algo significa construir significados, pois os fragmentos isolados são esquecidos rapidamente e;
- 3 - tudo que se aprende depende dos conhecimentos que já se tinha antes.

De fato, o conhecimento calçado apenas na memória, que seja distante e ausente do contexto dos alunos é esquecido rapidamente (Benllock, 1984).

Caminhando mais para dentro da sala de aula, Gil Perez (1993), propõe que o professor no processo de ensino construtivista seja um *diretor de pesquisas*, um orientador que participa do grupo-classe colocando novos problemas diante das descobertas que vão sendo construídas, buscando sistematizar as idéias dos alunos e guiando o processo de aprendizagem com vistas à sua não dispersão. No contexto do ensino construtivista os alunos são encarados como pesquisadores novatos que participam de um programa de investigações. Dessa maneira, o *currículum* deve ser concebido como um programa de atividades que permita aos alunos, sob orientação do professor, investigar, sistematizar e testar seus conhecimentos, cumprindo no contexto de sala de aula os passos mais próximos aos da investigação científica.

Outros aspectos importantes do ensino construtivista são as relações sociais na sala de aula e a reestruturação após o conflito. (Silva, 1990; Johsua e Dupin, 1991). Além disso, devemos ter em mente que os alunos nunca estão desprovidos de concepções prévias, que é um consenso muito bem fundamentado na área (Carvalho *et al.*, 1993; Carvalho e Gil Perez, 1993). Há portanto a necessidade de fazer com que os alunos explicitem essas idéias prévias, utilizando-se as mesmas como ponto de partida para a produção de conflitos. Esta fase que estamos considerando aqui deve ser eminentemente individual, para permitir o levantamento de elementos para o trabalho em grupo.

O papel do professor parece estar

na promoção de debates e discussões para enfrentar as perturbações. Neles, o professor também participa do processo de cooperação e deve ter claro o seu papel de agente provocador, de instigador. (Carvalho *et al.*, 1992).

Ainda, deve criar um ambiente rico, que atente para os processos que se aproximam do fazer ciência, onde possa ser dada ao aluno a possibilidade de construir o seu conhecimento através da investigação (Millar e Driver, 1987).

Buscando não estender demasiado estas propostas, (Wheatley, 1991) propõe uma estratégia de ensino muito coerente com os que estamos sugerindo aqui. Basicamente o problema central da aprendizagem pode ser resumido em:

- 1 - Tarefas, que devem ser desenvolvidas com diferentes estratégias, mas enfocando o centro do conceito e através de um processo rico, que deve ser acessível para o aluno e incentiva-lo à discussão. É preciso encorajá-los a

usarem os seus próprios métodos, promover discussões e trocas, fomentar o trabalho em grupo, fazer orientações apropriadas, ter elementos para colocar outras perguntas, ser instigador e mostrar outras aplicações.

- 2 - Criar grupos cooperativos, fazendo com que os alunos trabalhem em pequenos grupos para buscar soluções conjuntas criando um clima de constantes desafios no próprio grupo ou no grupo classe.
- 3 - Compartilhar as idéias, permitir que os estudantes troquem com a classe os seus métodos, as suas sínteses e as suas conclusões, sem que professor faça julgamentos, mas buscando um clima de negociação no sentido de um consenso.

Explicitadas as nossas premissas sobre como deve ser um ensino em linhas gerais, partiremos para a descrição da atividade.

### A Construção da Atividade

A atividade foi planejada para permitir que os alunos aplicassem e desenvolvessem os seus conhecimentos, que havíamos ensinado em um bimestre letivo de um curso de eletricidade dinâmica, com três aulas semanais.

Situando o "estado da arte" do curso: No momento de aplicação da atividade os alunos já haviam estudado:

- Carga elétrica, distribuição e propriedades gerais.
- Corrente elétrica: modelo de fluido simples e efeitos
- DDP
- Lei de Ohm: resistores
- Associação de resistores
- Energia e Potência Elétricas.

Na maioria dos tópicos fizemos um levantamento inicial das concepções dos alunos, usando como referencial alguns estudos sobre conceitos alternativos (Thiberghien, 1983; Shipstone, 1984 e 1989; Varela Nieto *et al.*, 1988; Driver *et al.*, 1989; Santos, 1991), fazendo adaptações e mudanças às nossas conveniências e objetivos educacionais.

Foram trabalhadas algumas experiências de laboratório, principalmente as medidas elétricas de corrente e de DDP, além de exercícios mais tradicionais de provas de ingresso às grandes universidades.

Assim sendo queríamos aplicar um atividade<sup>3</sup> que, mantendo coerência com as bases teóricas apresentadas, pudesse:

- 1 - Levantar os resquícios de conceitos espontâneos ainda presentes nos alunos;
- 2 - Permitir e fomentar a atividade investigativa dos alunos;
- 3 - Permitir que os alunos pudessem desenvolver aquilo que eles aprenderam, através da busca da construção de modelos explicativos;
- 4 - Manter a atividade dentro da "Zona de Desenvolvimento Proximal" dos alunos (Onrubia, 1993) e portanto potencialmente rica de significados para eles;
- 5 - Integrar os conceitos principais vistos no bimestre, buscando a construção de uma síntese pelos alunos.

Dentre as muitas possibilidades, após muitos tateios e elaborações percebemos que podíamos fazer uma tradução dos muitos problemas freqüentes em livros didáticos e em exames de acesso à

universidade. Estes apresentam muitos problemas enfocando o chuveiro elétrico, por ser um dispositivo que requer para ser explicado, entre outras coisas, a síntese dos conceitos de resistência elétrica e de potência. Chegamos a um problema que atendia os requisitos apresentados.

*Atividade:*

[1ª página] Considere que um chuveiro doméstico tem como elementos essenciais os resistores de níquel-cromo. A partir desta informação, faça um projeto, individual-

mente, dos resistores de um chuveiro que tenha 04 (quatro) possíveis aquecimentos (verão, primavera, outono e inverno).

Suponha que para um banho adequado, haja a necessidade de se manter uma fluxo de água constante, isto é, descarte a hipótese de que você possa diminuir (ou aumentar) o fluxo de água para obter uma variação da temperatura maior (ou menor).

[2ª página] Se você quiser fazer um cálculo aproximado para saber quais devem ser os valores da potência elétrica dissipada em cada um dos modos de aquecimento, considere:

Temperatura média da água:

- no verão: 29°C
- na primavera: 23°C
- no outono: 18°C
- no inverno: 12°C

*Temperatura da água em um banho não tépido (normal): 37°C*

*Calor específico da água: 1 cal/g. °C*

*Fluxo de água adequado para um banho normal: 0,08L/s (≅ 80g/s)*

*ddp para funcionamento do chuveiro mais comum: 220V*

*Lembre-se:*

<i>Se:</i>	<i>então:</i>	<i>onde</i>
$\Delta Q = mc\Delta T$	$P = mc\Delta T / \Delta t$	$\tau = \text{trabalho}$
$P = \tau / \Delta t$	$P = Ui$	$T = \text{temperatura}$
		$t = \text{tempo}$

Esta proposta de trabalho foi apresentada em duas páginas propositadamente, para indicar que a necessidade de cálculos dependia do sujeito.

O problema que a atividade encerra é aberto, no sentido de que há muitas respostas possíveis, o que permite o debate entre alunos e a busca de soluções mais econômicas, já que é um dispositivo real.

Faz parte também da vivência quotidiana dos alunos e por ser algo que trivialmente não se vê o que tem em seu interior, permite haver a dimensão "lúdica" do tentar explicar para compreender.

Para chegar-se a uma solução mais criativa era necessário usar um conjunto de conceitos estudados anteriormente.

Fornecemos dados sobre as condições de funcionamento do chuveiro e as equações e fórmulas matemáticas, por serem estas entendidas como elementos para a análise do problema e também não estávamos interessados em avaliar a habilidade de operar com as mesmas, mas sim de focar os conceitos estudados. Evitando-se assim, prolongar o processo de investigação (dos alunos) por muito tempo.

### **Caracterização dos Alunos Pesquisados e da Atividade**

O trabalho foi desenvolvido em duas salas de alunos da 3ª série do 2º grau, de um curso regular matutino de uma escola pública da cidade de São Paulo, com algumas características especiais, num total de 51 alunos, sendo 17 do sexo masculino e 34 do sexo feminino.

O tempo utilizado para que houvesse a discussão entre os alunos e a posterior explicação foi de 3 aulas *consecutivas* de 50 minutos cada, totalizando 2 horas e 30 minutos.

As duas primeiras aulas foram basicamente de discussão entre os alunos, enquanto que a terceira foi de explicação do professor, procurando um consenso quanto ao melhor modelo de chuveiro a ser fabricado. É importante lembrar que a atividade foi considerada como uma aplicação dos conceitos aprendidos a uma situação prática relacionada ao cotidiano.

A atividade proposta está baseada em dois procedimentos que abordam assuntos diferentes da física: Num primeiro momento, a questão exigia que o aluno se lembrasse de algumas idéias simples de termodinâmica para calcular os valores das

energias que deveriam ser dissipadas pelos resistores para que o chuveiro funcionasse corretamente em cada estação do ano. Num segundo momento, o aluno deveria fazer uso da potência (energia dissipada por unidade de tempo) para chegar aos valores das resistências correspondentes, também, a cada Estação. Uma vez solucionada esta parte da tarefa, o aluno deveria descobrir, formulando e testando hipóteses, qual seria o modelo adequado de circuito (ligação dos resistores em paralelo ou, em série ou misto).

### **Descrição da Dinâmica das Aulas**

Nas duas salas de aula pesquisadas, observamos quase os mesmos comportamentos e buscamos dirigir as atividades segundo a mesma seqüência, descrita abaixo.

No primeiro momento, os alunos procuraram resolver individualmente a questão. Os quinze minutos iniciais da aula foram dedicados à leitura e à formulação de hipóteses e estratégias. Como consequência da abrangência de possibilidades geradas pelo problema, os alunos sentiram necessidade de compartilhar suas idéias com os colegas. Desse modo, houve a formação espontânea de grupos com 3 ou 4 alunos, cada. É importante ressaltar que essa iniciativa não isolou os alunos em seus próprios grupos. Houve constantemente trocas de informações entre os grupos, de modo que, praticamente, todos os alunos estavam integrados ao processo coletivo de solução. Durante esta etapa de, aproximadamente, uma hora e meia, o professor circulou pelos grupos procurando discutir as concepções dos alunos, sem contudo, indicar as possíveis soluções.

Os conflitos cognitivos foram observados em muitos momentos, nas discussões dos grupos pequenos, pois havia hipóteses diferentes e o embate dessas provocou várias discussões e reflexões acerca do objeto do problema proposto. Observamos mudanças de posturas a todo instante, onde alunos deixaram as suas hipóteses iniciais em detrimento de outras mais explicativas, além de conversas que visavam recordar aspectos dos conceitos tratados.

Algumas hipóteses discutidas pelo grupo foram apresentadas espontaneamente ao professor a fim de que este confirmasse sua validade ou procedência. Com base nas hipóteses foi possível identificar um raciocínio mais profundo do que as construções lingüísticas sugeririam inicialmente.

Parte significativa do tempo utilizado pela discussão em grupo foi destinado ao cálculo dos valores das resistências elétricas respectivas a cada "estação". Foi possível observar que na esquematização do circuito elétrico alguns alunos levaram um tempo adicional seguindo o método da tentativa e erro para a definição da disposição adequada dos resistores (série, paralela ou mista).

Mais ao final da aula, o professor solicitou que os alunos sistematizassem as suas respostas para entrega e em seguida houve um intervalo de quinze minutos, aproximadamente, para que os alunos descansassem e o professor selecionasse as respostas mais freqüentes, para comentá-las com a classe.

Os quarenta minutos restantes, foram utilizados para apresentação e comentários

sobre as respostas obtidas. Essa etapa final da aula foi bem recebida, visto que praticamente, toda a classe já havia dirimido suas dúvidas nas discussões coletivas, cabendo ao professor adicionar informações de ordem técnica sobre o funcionamento do aparelho.

### Dados Obtidos

Para facilitar a análise dos dados, dividimos as respostas dos alunos em três categorias que constituem uma possível hierarquização dos níveis de elaboração menor para o nível maior. O nível menos elaborado está representado pela categoria 1 e o mais elaborado corresponde à categoria 3.

#### *Categoria 1*

Agrupamos nesta categoria aqueles alunos que apresentaram algum tipo de dificuldade, quer seja de ordem conceitual ou não concluiu o seu raciocínio para explicar satisfatoriamente o problema proposto; lançaram algumas hipóteses (ainda que algumas corretas) e não elaboraram uma forma mais cabal de resposta, perdendo-se ora nos cálculos e ora abandonando o problema com uma resposta qualitativa muito geral.

Foram agrupados também nesta categoria alunos que apresentaram esquemas de circuito que não possibilitariam o perfeito funcionamento do chuveiro ou que não apresentaram esquema algum, nem mesmo explicações verbais equivalentes a um modelo razoável.

Para não tornar extenso iremos apresentar alguns exemplo de respostas, selecionados segundo o critério de serem mais expressivas.

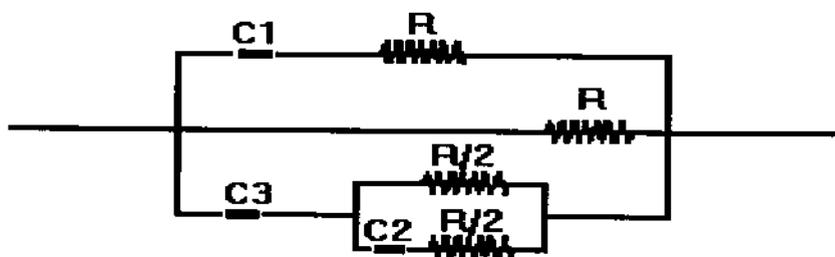
*Exemplos de respostas:*

*Aluno 1:*

“no verão:  $29^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T = 8^{\circ}\text{C} \quad 3 \times \Omega$   
 na primavera:  $23^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T = 14^{\circ}\text{C} \quad 3 \times \Omega$   
 no outono:  $18^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T = 19^{\circ}\text{C}$   
 na primavera:  $12^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T = 15^{\circ}\text{C} \quad x \Omega$

$P = 0,08 \text{Kg} \cdot 1 \text{ cal/g } ^{\circ}\text{C} \cdot 8^{\circ}\text{C} = 0,64 \text{J}$

$P_i > P_o > P_p > P_v$        $P = \frac{mc\Delta T}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow P \propto \frac{1}{R}$



Verão:  $\Delta T = 8^{\circ}\text{C} \rightarrow R = R\Omega \Rightarrow 3R$  Verão: Nenhuma chave é acionada  
 Primavera:  $\Delta T = 14^{\circ}\text{C} \rightarrow R = (2/3)R\Omega \Rightarrow 2R$  Primavera: A chave C1 é acionada  
 Outono:  $\Delta T = 19^{\circ}\text{C} \rightarrow R = (4/7)R\Omega \Rightarrow \approx 1,5R$  Outono: C1 e C2 são acionados  
 Inverno:  $\Delta T = 24^{\circ}\text{C} \rightarrow R = (1/3)R\Omega \Rightarrow R$  Inverno: C1 e C3 são acionados”

Este aluno apresenta uma tentativa de estabelecer uma relação de proporção entre os valores do chuveiro, mas não consegue chegar a um resultado satisfatório. Perde-se nos cálculos e estabelece uma relação de proporcionalidade invertida.

*Aluno 2:*

[após tentar alguns cálculos desconexos, tenta buscar uma hipótese explicativa]

“A hipótese de que a resistência elétrica é constante. (Se metálico) fosse ao contrário não precisa de aquecer. Se a temperatura do

aparelho for maior que a resistência o aparelho simplesmente iria queimar.”

Inferre-se da resposta deste aluno que há uma confusão entre os conceitos de temperatura e de resistência elétrica e que a sua resposta não dá conta de solucionar o problema proposto.

*Aluno 3:*

“Um chuveiro elétrico que funciona com uma voltagem de 220V. Tem quatro possíveis aquecimentos: verão onde a temperatura média da água é de  $29^{\circ}\text{C}$ ;

primavera com  $T=23^{\circ}\text{C}$ ; outono com  $T=18^{\circ}\text{C}$  e inverno  $T=12^{\circ}\text{C}$ . Nota-se que há entre as temperaturas uma variação muito pequena e que vai diminuindo de estação para estação, mas não é possível aumentar ou diminuir o fluxo de água para obter uma variação de temperatura maior ou menor.

A intenção é construir um chuveiro com 4 resistores (cada um com uma resistência diferente) e uma chave que os acione no momento que determinado resistor deve operar."

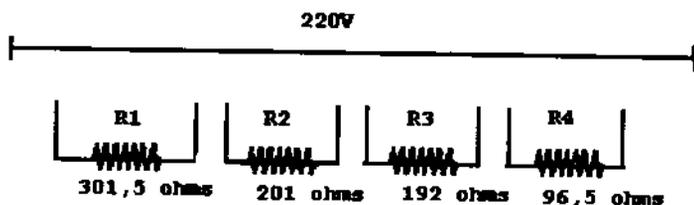
Este aluno apresenta uma repetição do problema colocado e uma hipótese básica de modelo do chuveiro, sem especificar como seria a disposição dos resistores. Também não fornece um desenho esquemático do chuveiro, o que nos leva a inferir que ele não conseguiu resolver o problema proposto.

### Categoria 2

Reunimos, nesta categoria, os indivíduos que acertaram os procedimentos para o cálculo das resistências. No entanto, apresentaram alguns pequenos erros conceituais simples que fazem os resultados finais serem discrepantes.

*Exemplos de respostas:*

Aluno 4:



onde: R1: verão, R2: primavera, R3: outono e R4: inverno

Construindo-se um chuveiro com 4 resistores e 4 chaves, uma para cada resistor respectivamente, conseguimos um modelo de chuveiro, quanto maior o resistor, maior a temperatura da água."

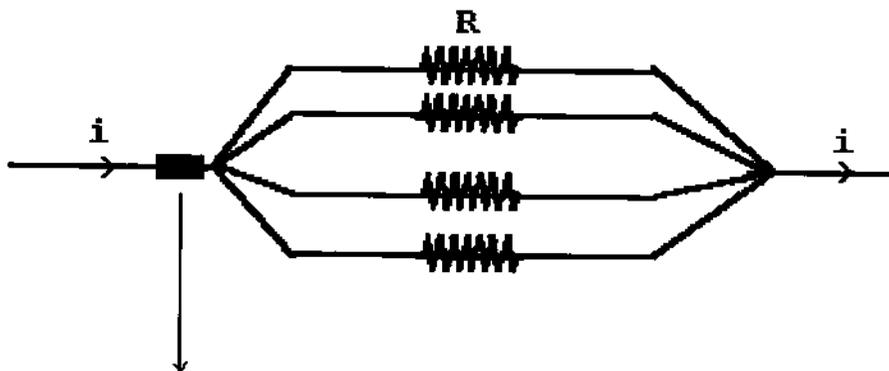
Este aluno apresenta um circuito esquemático interessante (usa uma linha unifilar), mas por não ter convertido a unidade da quantidade de calor, dada em calorias, para joule, obteve, com isso, resultados que não correspondem com os valores das resistências em ohms. Além do que, usou uma lógica inversa: atribui ao maior resistor a maior dissipação de energia.

*Aluno 5:*

[aluno apresenta vários cálculos matemáticos e comenta:]

“Ao iniciarmos os cálculos para descobrir a resistência e a potência do chuveiro, notamos que os valores não foram

convertidos para Joule. Mesmo os cálculos estando errados as experiências podem ser baseadas sobre eles, pois os valores são aproximados. A partir destes supostos valores descobrimos que serão necessários quatro resistores diferentes e específicos para cada determinada estação. No verão, em que temos altas temperaturas, a corrente elétrica é pequena, mas a sua resistência é grande sendo assim usado um resistor maior. Na primavera a corrente elétrica deve ser um pouco maior para a sua resistência ser menor. Desta forma, é basicamente o que deve acontecer com os resistores, quanto maior for a  $i$ , menor será a resistência, como no inverno, sendo maior a corrente e menor a resistência.



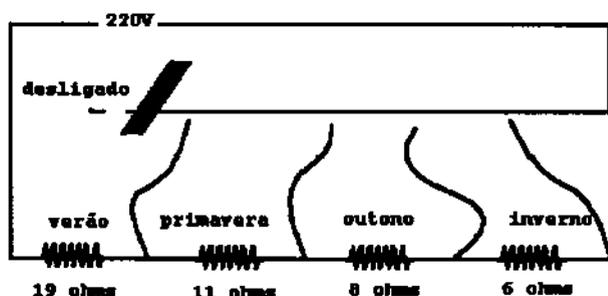
→ aparelho usado para que passe a corrente elétrica por apenas 1 resistor de cada vez, sendo o suporte que distribuirá a  $i$ , escolhendo o resistor que deve ser usado.”

É interessante observar que o aluno reconheceu que estava enganado quanto aos reais valores obtidos para resistência. Isto se torna ainda mais evidente quando notamos que ele não define a unidade que está trabalhando. A observação que ele faz é

definitiva para acreditarmos na compreensão de fato.

*Aluno 6:*

[após apresentar os seus cálculos, mostra o esquema geral do seu circuito]



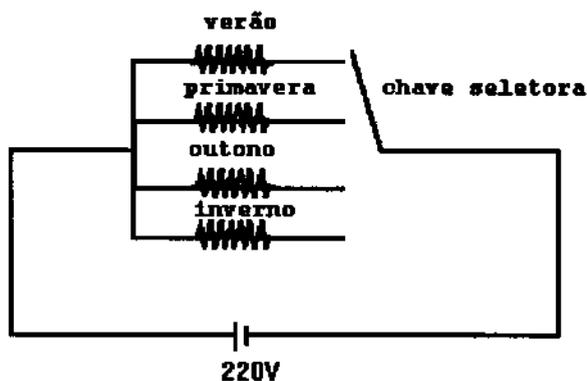
O aluno 6 não estabeleceu corretamente os nós do circuito, de modo que os valores das resistências seriam somados conforme a posição da chave variasse da posição primavera para inverno. No entanto, o aluno percebeu que a melhor distribuição das resistências seria em série. Elaboração que poderia ter otimizado a sua solução.

### Categoria 3:

Estão nesta categoria os alunos que formularam corretamente o raciocínio referente a toda questão. Inclusive, apresentaram esquemas de circuitos totalmente adequados com a proposta do problemas.

### Exemplos de respostas:

#### Aluno 7:



onde a resistências são: verão =  $18\Omega$ , primavera =  $10\Omega$ , outono =  $8\Omega$  e inverno =  $6\Omega$

no verão: $29^{\circ}\text{C}$	$+8^{\circ}$	$\rightarrow 640\text{cal/s}$	$\rightarrow 2560\text{J/s}$
na primavera: $23^{\circ}\text{C}$	$+14^{\circ}$	$\rightarrow 1120\text{cal/s}$	$\rightarrow 4480\text{J/s}$
no outono: $18^{\circ}\text{C}$	$+19^{\circ}$	$\rightarrow 1520\text{cal/s}$	$\rightarrow 6080\text{J/s}$

no inverno: 25°C +25° → 2000cal/s → 8000J/s  
 para 1cal = 4J

$$P = \frac{U^2}{R} \quad \text{Prv}=2560\text{J/s} \quad \text{Ui}=2560 \quad 2560 = \frac{48400}{R}$$

220i=2560    Rv=19Ω    i=12A  
 Prp=4480J/s    220i=4480    Rp=11Ω    i=20A  
 Pro=6080    220i=6080    Ro=8Ω    i=28A  
 Pri=8000    220i=8000    Ri=6Ω    i=36A

No chuveiro projetado por mim e representado acima com um desenho, quatro resistências em série estão ligadas. A chave desliga uma a uma, da direita para esquerda, mudando a resistência equivalente. Sendo a voltagem e o fluxo de água constante, quanto menor a resistência equivalente, maior a potência do sistema, aumentando mais a temperatura da água. Então quanto maior a resistência equivalente, mais fria a água, e quanto menor ela for mais quente será a água.

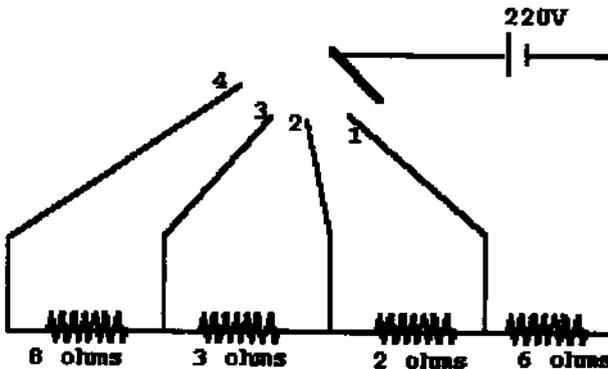
Como as resistências do outono e da primavera, ligadas em série, resultam numa resistência quase igual a que o verão

precisa, podemos facilmente economizar nos custos no momento de montar o circuito do chuveiro.”

A resposta deste aluno é muito elaborada, pois aparece até a necessidade de otimizar o circuito.

*Aluno 8:*

[após apresentar todos os cálculos das potências elétricas dissipadas, valores das resistências elétricas e correntes elétricas para cada “estação” com muitos detalhes, mostra o circuito esquemático:]



Apesar do aluno não fornecer comentários por escrito, apresenta uma solução correta, mostrando também uma necessidade de localizar os resistores espacialmente, usando os conceitos de associação destes. A resposta mostra também uma elaboração sofisticada.

Resumidamente, obtivemos a seguinte classificação dos alunos:

categoria	Nº de alunos
1	7
2	11
3	33

### Conclusões e Comentários

Háviamos proposto apresentar uma atividade de circuitos elétricos, caracterizando um momento de sistematização de um módulo de um curso de 3ª série do 2º grau. Tal atividade foi muito bem recebida pelos alunos, pois houve um envolvimento muito significativo dos mesmos, mostrando que conseguimos aproximar a situação proposta ao trabalho de investigação.

Pudemos mostrar que pode-se fazer dos momentos de trabalho em sala de aula (que são usados também para se avaliar o aprendizado) algo mais produtivo e prazeroso, quando comparados com as questões e exercícios tradicionais.

Se o objetivo da atividade também é avaliar, pode-se criar um espaço para aprendizagem fora do contexto meramente burocrático de exigências de respostas memorizadas ou de apresentação de habilidades de usar-se técnicas e algoritmos mecanicamente.

Assim, mostramos ter conseguido, dentro de um grau satisfatório, avaliar com aprendizado! E não avaliar pela simples

necessidade do ato. Sobretudo, pode-se também localizar, com esse tipo de ensino, as dificuldades dos alunos que não conseguiram apresentar soluções aceitáveis, pois aqueles alunos que não conseguiram solucionar o problema, apresentaram elaborações carregadas de conceitos espontâneos, que ao serem analisadas, permitem ao professor fazer um novo trabalho de forma muito mais qualificada.

É interessante observar que muitos alunos não seguiram o procedimento matemático mais simples. No entanto, obtiveram respostas corretas e de certo modo mais criativas, visto que determinaram antes as correntes elétricas que circulariam no fio correspondente a cada "estação". Este procedimento é mais trabalhoso, mas não foi cerceado pelo professor, pois expressa uma heurística também adequada.

Registramos que apenas um aluno, explicitamente, percebeu que poderia reduzir o número de resistências se somasse o valor da de outono com a de primavera. É particularmente interessante esse tipo de resposta, visto que para esse aluno não foi suficiente a solução trivial, ele sentiu necessidade de otimizar o sistema, mostrando assim, um domínio considerável do conteúdo.

Poderíamos ter fornecido o problema desencadeador da atividade sem as condições de funcionamento do chuveiro, as temperaturas médias da água nas estações do ano, e as fórmulas etc. Isto teria aumentado o grau de dificuldade do mesmo, pois os alunos teriam que fazer uma pesquisa para obtê-los. O que provavelmente teria estendido o tempo da atividade.

O bom resultado da atividade pode ser confirmado pela análise da tabela classificatória dos alunos em categorias, na

qual quase 65% atingiram completamente os objetivos propostos. Os quais somados com os da categoria 2, pois estes também têm respostas relativamente satisfatórias, eleva o resultado para mais de 86%. O que confirma o alto grau de rendimento da atividade.

Como comentário final, é necessário pensarmos se poderíamos generalizar este tipo de atividade para outros cursos com realidades distintas destes alunos.

Sempre é perigoso enveredarmos por esquecermos as especificidades dos cursos e as realidades subjacentes nas escolas. Contudo, pode-se usar o mesmo problema, desde que se tenha o cuidado de gerenciar o aprendizado dos alunos em ressonância com as suas características; há provavelmente situações onde o professor deve prolongar os trabalhos, permitindo que os alunos também aprendam a formular hipóteses. Porém nos cursos que têm uma tônica tradicional, onde o aluno tem papel passivo, este tipo de trabalho pode ser completamente infrutífero. Em poucas palavras: A atividade em si deve ser coerente com o paradigma do curso que se está praticando. Se o enfoque que se dá a ele é construtivista, esta atividade mostra que se consegue um grau de aprendizado muito satisfatório, diferentemente do que observamos tradicionalmente no ensino da Física.

## Notas

1. Evitamos o termos mudança conceitual, pois como sustenta Villani (1992), é muito difícil mudar radicalmente as concepções dos alunos. Crescimento pereceu mais adequado, pois encerra a idéia de evolução no sentido de melhorias das concepções.
2. Manifestações contrárias ou paralelas à idéia de se provocar desequilíbrios cognitivos têm aparecido na literatura, provocando ao nosso ver uma

polêmica saudável que pode acender um debate teórico de revisão dos princípios gerais adotados pela maioria dos pesquisadores. Vide por exemplo Rowell (1989), Stavy (1991) e Mortimer (1996).

3. Usada também para avaliação como todas as outras do curso, já que não trabalhamos com a idéia de aplicação de instrumentos avaliativos em situação de exame, mas sim de forma mais continuada.
4. Fato semelhante ocorre quando alguém usa uma calculadora para fazer uma operação aritmética simples. Tal como:  $30 \times 35$  e obtém por um engano de manipulação o resultado: 150 e não percebe que o seu resultado deveria ser muito maior. Noutras palavras falta-lhe a ordem de grandeza da operação que ele executou, o que pode levar a inferir que as suas operações são resultados mais mecanicamente.

## Referências Bibliográficas

- Astolfi, J. P. e Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et Construction de Situations Didactiques en Sciences Expérimentales. *ASTER*, nº 16, 103-142.
- Benllock, M. (1984). *Por un Aprendizaje Constructivista de las Ciencias*. Madrid: Visor.
- Bovet, M. et al. (s/d). Causalité et Apprentissage. Pré-print Université de Genève. Fac. de Psychologie (CH-1211, Genève-4).
- Carvalho, A. M. P.; Castro, R. S.; Laburu, C. E. e Mortimer, E. F. (1992). Pressupostos Epistemológicos para a Pesquisa em Ensino de Ciências. *Cadernos de Pesquisa*, Nº 82, pp. 85-89.
- Carvalho, A. M. P.; Garrido, E.; Laburu, C. E.; Moura, M. O.; Santos, M. S.; Silva, D.; Abib, M. L. V. S.; Castro, R. S.; Itacarambi, R. R. e Gonçalves, M. E. R. (1993). A História da Ciência, a Psicogênese e a Resolução de Problemas na Construção do Conhecimento em Sala de Aula. *Revista da Faculdade de Educação*, 19(2), 245-256.
- Carvalho, A. M. P. e Gil Perez, D. (1993). *Formação de Professores de Ciências*. São Paulo: Cortez Ed.
- Carvalho, A. M. P.; Garrido, E. e Castro, R. S. (1995). El Papel de las Actividades en la Construcción del Conocimiento en Clase. *Investigación en la Escuela*, nº 25, 61-70.
- Castorina, J. A. et al. (1988). *Psicología Genética - Aspectos Metodológicos e Implicações Pedagógicas*. Porto alegre: Artes Médicas ed.

- Coll, C. (1992). *Psicología y Currículum*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Dreyfus, A.; Jungwirth, E. Eliovitch, R. (1990). Applying the "Cognitive Conflict" Strategy for Conceptual Change - Some Implications, Difficulties and Problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Driver, R. (1986). Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.
- Driver, R. (1988). Un Enfoque Constructivista para el Desarrollo del Currículo en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120.
- Driver, R. (1989). Students' Conceptions and the Learning of Science. *International Journal of Science Education*, 11(special issue), 481-490.
- Driver, R.; Guesne, E. e Tiberghien, A. (1989). *Ideas Científicas en la Infancia y en la Adolescencia*. Madrid: Eds. Mec e Morata.
- Duschl, R. A. e Gitomer, D. H. (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.
- Fernandez Neto, V. e Silva, D. (1995). O todo e as Partes: Uma Releitura da Estrutura dos Conceitos de Física no 2º Grau. *Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Niterói, SBF, 376-379.
- Gil Perez, D. (1993). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como Investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Johsua, S. e Dupin, J. J. (1991). Démarches de Modélisation et Interactions Sociales en Classe: Un Exemple en Physique. In G. Garnier, et al. (org.) (1991). *Après Vygotski et Piaget - Perspectives Sociale et Constructiviste*. Ecoles Russe et Occidentale. Bruxelas: De Boeck-Wesmael S. A., 69-84.
- McDermott, L. C. (1993). Como Ensinamos y como Aprenden los Estudiantes. Un Desastre? - 2ª parte. *Revista Enseñanza de la Física*, 6(2), 19-28.
- Millar, R. e Driver, R. (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education*, Vol. 14, 33-62.
- Miras, M. (1993). Un Punto de Partida para el Aprendizaje de Nuevos Contenidos: Los Conocimientos Prévios. In C. Coll, et al. (1993). *El Constructivismo en el Aula*. Barcelona: Editorial Graó, 25-45.
- Mohapatra, J. K. (1990). Episodic Conceptualization: A Possible Cause of Manifest Alternative Conceptions Amongst Groups of Pupils in Some Indian Schools. *International Journal of Science Education*, 12(4), 417-427.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para onde Vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39.
- Novak, J. D. (1988). Constructivismo Humano: Un Consenso Emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 213-223.
- Onrubia, J. (1993). Enseñar: Crear Zonas de Desarrollo Próximo e Intervenir en Ellas. In C. Coll, et al. (1993). *El constructivismo en el Aula*. Barcelona: Editorial Graó, 101-123.
- Rowell, J. A. (1989). Piagetian Epistemology: Equilibration and the Teaching of Science. *Synthese*, 80, 141-162.
- Rowell, J. A. e Dawson, C. J. (1985). Equilibration, Conflict and Instruction: A New Class-Oriented Perspective. *European Journal of Science Education*, 7(4), 331-344.
- Santos, M. E. V. (1991). *Mudança Conceitual na Sala de Aula*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Scott, P. H. (1993). Overtures and Obstacles: Teaching and Learning About Air Pressure in a High School Classroom. In J. D. Novack, (org.) (1993). *Proceedings of Third International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University, in press.
- Scott, P. H.; Asoko, H. M. e Driver, R. (1991). Teaching for Conceptual Change: A Review of Strategies. In R. Duit; F. Goldberg e H. Niedderer (Ed.) (1991). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremen. Bremen: Institut Für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Shipstone, D. (1984). A Study of Children's Understanding of Electricity in Simple DC Circuits. *European Journal of Science Education*, 6(2), 185-198.
- Shipstone, D. (1989). Eletricidad en circuitos sencillos. In R. Driver; E. Guesne e A. Tiberghien, (1989). *Ideas Científicas en la Infancia y en la Adolescencia*. Madrid: Eds. Mec e Morata, 62-88.
- Silva, D. (1990). O Ensino Construtivista da Velocidade Angular. Coleção Textos: *Pesquisa para o Ensino de Ciências*, nº 4, FEUSP.
- Silva, D. (1995). Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura. São Paulo, Faculdade de Educação da USP. Tese de Doutorado.

- Solomon, J. (1994). The Rise and Fall of Constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- Stavy, R. (1991). Using Analogy to Overcome Misconceptions About Conservation of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.
- Thiberghien, A. (1983). Revue Critique sur les Recherches Visant à Elucider des Notions de Circuits Électriques pour les Élèves de 8 à 20 ans. *Proceeding of the First International Summer Workshop. Lalonde les Maures (France)*, 75-90.
- Yarela Nieto, P.; Manrique de Campo, M. J. e Favieres Martinez, A. (1988). Circuitos Eléctricos: Una Aplicación de un Modelo de Enseñanza-Aprendizaje basado en las Ideas Previas de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 6(3), 285-290.
- Villani, A. (1992). Conceptual Change in Science and Science Education. *Science Education*, 76(2), 223-237.
- Zylbersztajn, A. (1983). Concepções espontâneas em Física: Exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. *Revista de Ensino Física*. 5(2), 3-16.
- Wesley, W. G. (1987). Toward a Cognitive Physics Course. In J. D. Novack, (1987). *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, Vol. III, 578-580.
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. *Science Education*, 75(1), 9-21.
- White, T. R. e Gunstone, F. R. (1989). Metalearning and Conceptual Change. *International Journal of Science Education*, 11, 459-463.