

Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples

Abstract. *Validation of a test to detect whether the student possesses scientific conceptions about electric current in a simple circuit. A paper and pencil test — formed by 14 multiple choice and single answer items — is proposed with the objective of checking whether the student has the right (scientific) conceptions about electric current in simple circuits. The “wrong” choices include alternative conceptions such as that current is consumed, current is a property of the generator, the generator stores charge, charge is consumed etc.. The test items were partly taken from the literature and in part proposed by the authors. The instrument was administered to several different groups of students: the results provided evidence of validity for the instrument.*

Resumo. É proposto um teste de papel e lápis constituído de 14 itens de escolha múltipla e resposta única com o objetivo de detectar se o aluno possui concepções corretas (científicas) sobre corrente elétrica. Nas alternativas “erradas” oferecidas encontram-se as concepções alternativas de que a corrente é consumida, a corrente é uma propriedade da fonte, a fonte armazena carga, a carga é gasta etc. Os itens (questões) que integram o teste foram em parte retirados da literatura e em parte propostos pelos autores. São apresentados resultados da aplicação desse instrumento em diferentes grupos de alunos e apresentadas evidências da validade do teste.

Fernando Lang da Silveira
Instituto de Física, UFRGS e
Instituto de Física, PUCRS
Marco Antonio Moreira
e Rolando Axt
Instituto de Física, UFRGS

Resultados de pesquisa têm mostrado que, assim como em mecânica e em outras áreas da física, também em eletricidade os alunos apresentam muitas concepções alternativas, ou seja, concepções com significados contextualmente errôneos, não compartilhados pela comunidade científica. Particularmente na área de circuitos elétricos simples, várias pesquisas foram já conduzidas¹⁻³. Entre as regularidades já detectadas nessa área, através de tais pesquisas, pode-se mencionar uma tendência a considerar corrente elétrica como uma noção primária com características de energia e de substância: ela pode ser consumida e apresenta propriedades de um fluido material. Em um circuito simples, muitos alunos consideram que um gerador (em geral uma pilha ou uma bateria) fornece sempre a mesma intensidade de corrente elétrica e que essa intensidade é “compartilhada” por outros elementos como, por exemplo, lâmpadas existentes no circuito. Para esses alunos, a corrente elétrica em um circuito flui sempre na mesma direção enfraquecendo-se gradualmente, à medida que passa através dos componentes resistivos do circuito, de tal maneira que, nessa seqüência, cada componente acaba recebendo menos corrente elétrica do que o anterior. Nesse modelo não há conservação de corrente elétrica. A intensidade da corrente elétrica varia quando ela encontra um obstáculo (componente resistivo) em seu caminho, sem ser influenciada por outros obstáculos que possam

existir mais adiante. De um modo geral, parece que os alunos tendem a raciocinar localmente, ou seja, aplicam um modelo não conservativo em que o circuito elétrico não é visto como um sistema dentro do qual uma perturbação em determinado local causa uma alteração global, isto é, em todo o circuito.

Concepções desse tipo foram encontradas entre estudantes de segundo grau e universitários em distintos países. Em nosso meio, foram detectadas por Moreira e Domínguez⁷, que constataram também sua grande estabilidade: quando não são levadas em conta, *de maneira explícita*, na instrução, provavelmente resistem a ela, ou seja, são apresentadas pelos alunos também ao final da instrução. Aliás, essa parece ser uma característica geral das chamadas concepções alternativas. Quando não há uma intenção explícita de promover a mudança conceitual, não se deve esperar que ela ocorra naturalmente, espontaneamente. Muitos alunos apesar de, aparentemente, terem “adquirido” concepções científicas, tendo inclusive resolvido muitos problemas, nos quais o domínio dessas concepções supostamente é necessário em soluções numéricas e literais, em determinadas situações posteriores à instrução voltam a apresentar as mesmas concepções alternativas que evidenciaram antes da instrução. Ao que parece, em vez de haver uma mudança conceitual, isto é, uma troca de significados alternativos por significados científicos, o que ocorre é uma coe-

xistência de concepções alternativas e científicas na estrutura cognitiva do aluno. Assim sendo, pode acontecer que, a médio ou longo prazo, as concepções científicas sejam esquecidas e persistam, com algumas modificações, as concepções alternativas originais.

Em uma ótica ausubeliana⁹, pode-se interpretar a concepção alternativa original como sendo o subsunçor que serve de ancoradouro para a nova aprendizagem (os significados científicos), a qual é percebida como uma simples extensão (aprendizagem subordinada derivativa) dos significados alternativos já existentes, de modo que, ao final do processo, o resíduo é o próprio subsunçor original levemente modificado. Essa interpretação deixa claro como é importante que um assunto seja bem ensinado desde a primeira vez que é apresentado ao aluno, pois assim diminui a probabilidade de que a percepção desse assunto seja uma mera subjunção derivativa. É óbvio que é possível também interpretar a questão da estabilidade das concepções alternativas em termos de aprendizagem mecânica das concepções científicas. Todavia, elaborar em torno dessas interpretações fugiria ao escopo deste trabalho. O que se pretende aqui é destacar a importância de se procurar, explicitamente, promover a mudança conceitual. Para tal, é preciso, em primeiro lugar, verificar quais as concepções alternativas apresentadas pelos alunos antes da instrução e, em segundo lugar, utilizar uma estratégia instrucional adequada.

No entanto, em toda essa questão de concepções alternativas, a situação é aproximadamente a seguinte: há um grande número de concepções alternativas já identificadas em diversas áreas da física, a maioria detectada em pesquisas envolvendo entrevistas clínicas; sabe-se que tais concepções são muito estáveis e têm grande influência na aprendizagem, porém pouco se conhece, em termos de pesquisa, em relação a estratégias eficientes para facilitar a mudança conceitual. Quer dizer, embora já se saiba muito sobre tais concepções, ainda não se sabe bem como superá-las. Pelo menos é isso que se desprende da literatura especializada, pois nela encontram-se muitos relatos sobre a detecção de tais e tais concepções alternativas e poucos sobre estratégias específicas para determinados casos ou idéias. A experimentação nos parece ter grande potencial como estratégia para promover a mudança conceitual, especialmente no ensino de ciências. Mapas conceituais também apresentam potencialidade, principalmente com estudantes em um nível operatório plenamente formal. Todavia, em ambos os casos, não temos ainda dados obtidos através de estudos bem delineados.

Naturalmente, a tendência atual, em termos de pesquisa, é buscar essas estratégias, geralmente a partir de referenciais teóricos. Estamos também trabalhando nessa direção, mas, no momento, nosso objetivo é apenas o de contribuir para a solução do problema preliminar que, em termos instrucionais, antecede o das estratégias: a detecção de concepções alternativas na sala de aula. Como foi dito antes, a entrevista clí-

nica tem sido o grande instrumento utilizado pelos pesquisadores para detectar concepções alternativas. Mas a entrevista clínica, por ser demorada e por requerer muita prática e habilidade, não é utilizável em sala de aula. Uma saída óbvia para esse impasse é construir e validar testes de papel e lápis, a partir de resultados de entrevistas clínicas, que possam ser facilmente utilizados pelo professor em sala de aula. Nessa linha, já propusemos um teste para verificar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento¹⁰ e agora estamos propondo outro, para verificar se o estudante possui concepções científicas sobre corrente elétrica em um circuito elétrico simples.

O teste

O teste apresentado a seguir foi construído e validado com a finalidade de verificar se o aluno possui concepções cientificamente aceitas sobre corrente elétrica em circuito simples. A versão aqui proposta é a versão final, constituída de 14 itens, à qual chegamos após os procedimentos de validação. Alguns desses itens foram tirados da literatura^{11,12} (nesse caso a fonte está indicada), enquanto outros foram criados pelos autores especialmente para o teste, levando em conta resultados de entrevistas clínicas¹³. Todos os itens possuem três alternativas: uma dessas alternativas é coerente com concepções científicas sobre corrente elétrica, enquanto as outras duas são coerentes com concepções alternativas, principalmente com o modelo não conservativo, segundo o qual a corrente vai sendo consumida em cada componente do circuito de modo que os últimos recebem menos corrente (ou brilham menos, no caso, por se tratar de lâmpadas). Na seção seguinte apresentamos a análise de consistência interna do teste.

Análise de consistência interna do teste

A resposta de um aluno a um item do teste foi quantificada atribuindo-se escore *um*, se sua opção foi pela alternativa correta, e escore *zero*, em caso contrário. Feito isso, os escores nos itens foram adicionados e geraram o escore total (número de respostas corretas). Pretensamente, esse escore total, que poderia assumir algum valor entre 0 e 18 (o teste original tinha 18 itens), indicaria a presença de concepções científicas (sendo ele elevado) ou de concepções alternativas (sendo baixo).

Entretanto, a construção de um compósito (escore total) com esse objetivo somente é lícita se o compósito apresentar consistência interna. O método adequado para avaliar a consistência interna do compósito é calcular o coeficiente de correlação entre cada parte (item ou questão) com o escore total. Esse procedimento permite identificar itens que não devem ser mantidos no compósito por não serem coerentes com os demais; os itens que deverão ser eliminados são aqueles que apresentarem coeficientes de correlação baixos com o total. Além disso, são também calcula-

O teste se encontra em Apêndice após o artigo.

dos o coeficiente α de Cronbach¹⁴ e o coeficiente β de Silveira¹⁵, os quais provêm estimativas do coeficiente de fidedignidade do escore total.

Em outro trabalho¹⁶ mostramos resultados preliminares com 105 alunos da UFRGS e da UFSC que haviam respondido ao teste antes ou após o estudo do conteúdo correspondente. Nessa oportunidade, fo-

ram eliminados dois itens. Agora, apresentamos, na tabela 1, a análise de consistência interna baseada nas respostas de 121 alunos da disciplina Física II-C da UFRGS (Eletricidade e Magnetismo para estudantes de engenharia) dadas após o estudo de corrente elétrica e de circuitos elétricos simples. Nessa tabela, são apresentados a distribuição de frequências através das alternativas de cada item, a proporção de respostas corretas e o coeficiente de correlação item-total para apenas 14 itens, uma vez que a nova análise feita indicou a necessidade de eliminar mais dois itens cujos coeficientes da correlação item-total foram muito baixos. A tabela 2, por sua vez, apresenta características do escore total no teste com 14 itens. Consta-se nessa tabela que os coeficientes de fidedignidade (α e β) são amplamente satisfatórios.

Na tabela 3, mostramos os resultados de um estudo feito em uma das turmas da disciplina Física II-C, envolvendo 31 alunos. Nesse estudo, foram investigadas as correlações entre os escores totais obtidos por esses alunos na versão final do teste (14 itens) após a instrução relativa ao conteúdo do teste e os graus que obtiveram nas quatro provas realizadas ao longo do semestre, as quais constituem os critérios básicos de avaliação na disciplina.

Observa-se na tabela 3 que a maior correlação ocorreu com a segunda prova, a qual envolvia diretamente corrente elétrica em circuitos simples. Nota-se também que a correlação mais baixa ocorreu justamente com uma prova cujo conteúdo tinha pouca relação lógica com o conteúdo do teste. Observa-se ainda uma correlação relativamente alta entre a média final e o desempenho no teste.

Cabe também salientar que a presença de porcentagens de acertos muito baixas em alguns itens pode estar sugerindo permanência de concepções alternativas, mesmo após a instrução, confirmando o que foi

Tabela 1 Análise de consistência interna baseada nas respostas de 121 alunos de Física II-C após o estudo de corrente elétrica.

	A	B	C	Om	p	r_{IT}
1	13	2	106*	—	87,6%	0,457
2	83*	32	5	1	68,6%	0,744
3	31	85*	5	—	70,2%	0,731
4	75*	38	7	1	62,0%	0,623
5	9	91*	21	—	75,2%	0,748
6	8	85*	28	—	70,2%	0,712
7	49	26	46*	—	38,0%	0,455
8	33	34	54*	—	44,6%	0,576
9	105*	15	1	—	86,8%	0,561
10	3	11	107*	—	88,4%	0,409
11	16	46*	59	—	38,0%	0,681
12	36	46*	37	2	38,0%	0,681
13	95*	9	15	2	78,5%	0,534
14	16	35	70*	—	57,8%	0,559

* — resposta correta

p — porcentagem de acertos

r_{IT} — coeficiente de correlação item-total

Om — omissões

Tabela 2 Características do escore total no teste.

	Média do escore total	Desvio padrão do escore total	Coef. α	Coef. β
Teste com 14 itens	9,03	3,76	0,87	0,88

Tabela 3 Estudo envolvendo 31 alunos de uma das turmas de Física II-C. Matriz de correlação (na diagonal, coeficientes α e β)

	P1	P2	P3	P4	F	T
P1	(0,528) (0,672)	0,559 ⁺⁺	0,644 ⁺⁺	0,354 ⁺	0,775 ⁺⁻	0,493 ⁺⁺
P2		(0,528) (0,702)	0,521 ⁺⁺	0,401 ⁺	0,762 ⁺⁻	0,572 ⁺⁺
P3			(0,718) (0,793)	0,494 ⁺⁺	0,844 ⁺⁺	0,230
P4				(0,798) (0,860)	0,763 ⁺⁺	0,425 ⁺
F					(0,867) (0,899)	0,535 ⁺⁺
T						(0,709) (0,747)

P1 — grau da 1ª verificação (Eletrostática)

P2 — grau da 2ª verificação (Eletrostática e Eletrodinâmica)

P3 — grau da 3ª verificação (Lei de Ampère e Lei de Faraday)

P4 — grau da 4ª verificação (Leis de Maxwell e Circuitos C.A.)

F — média final

T — resultado no teste

+ — estatisticamente significativo em nível inferior a 0,05

++ — estatisticamente significativo em nível inferior a 0,01

Tabela 4 Médias, no teste, dos aprovados e reprovados na disciplina.

	N	F	t
Aprovados	26	11,4	2,27
Reprovados	05	9,0	

N — Número de alunos em cada grupo

F — Média final

Diferença estatisticamente significativa em nível inferior a 0,05.

dito anteriormente acerca da estabilidade de tais concepções. Não tivemos, no entanto, nessa oportunidade, o objetivo de investigar a permanência das concepções alternativas.

Finalmente, na tabela 4, apresentamos a média, no teste, dos aprovados e dos reprovados na disciplina, observando-se que a média dos aprovados foi mais alta e que a diferença foi estatisticamente significativa em nível inferior a 0,05.

Os resultados mostrados nas tabelas 3 e 4 sugerem que os alunos que tiveram bom desempenho na prova que continha questões sobre corrente elétrica tiveram também bom desempenho no teste e que, de maneira análoga, os que se saíram bem na disciplina como um todo se saíram igualmente bem no teste. Essas constatações indicam que o teste detecta um construto relevante, pois se relaciona com o desempenho em toda a disciplina. O construto é a existência ou não no aluno de concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. Em outras palavras, os resultados se constituem em um argumento de validade de construto para o teste.

Conclusão

Propusemos um teste de papel e lápis que pode ser aplicado e avaliado muito rapidamente, mas que é capaz de dar ao professor, ou ao pesquisador, informações sobre se o aluno tem concepções científicas ou alternativas sobre a corrente elétrica em circuitos simples. Esse tipo de informação é extremamente importante se o que se espera da instrução é que promova a mudança conceitual, a troca de significados alternativos por significados científicos, mas é apenas o primeiro passo, pois uma vez detectadas as concepções alternativas é preciso encontrar estratégias instrucionais adequadas para facilitar a mudança conceitual. A experimentação, o mapeamento conceitual, a explicitação e subsequente análise crítica das concepções alternativas são algumas dessas estratégias, mas carecem ainda de dados experimentais que as suportem e definam seus limites de validade. □

Notas e referências

1. J. Evans — Teaching electricity with batteries and bulbs. *The Physics Teacher*, 16 (1): 15-22 (1978).

2. N. Fredette e J. Lochhead — Student conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher*, 18 (3): 194-198 (1980).
3. R.J. Osborne e J. Gilbert — A method for investigating concept understanding in science. *European Journal of Science Education*, 2 (3): 311-321 (1980).
4. R. Cohen, B. Eylon e U. Ganiel — Potential difference and current in simple electric circuits: a study of students concepts. *American Journal of Physics*, 50 (5): 407-412 (1983).
5. D. M. Shipstone — A study of children's understanding of electricity in simple D. C. circuits. *European Journal of Science Education*, 6 (2): 185-198 (1985).
6. S. Joshua — Student's interpretation of simple electrical diagrams. *European Journal of Science Education*, 6 (3): 271-275 (1984).
7. M. A. Moreira e M. E. Domínguez — Misconceptions in electricity among college students. *Ci. e Cult.*, 39 (10): 955-961 (1987).
8. M.E. Domínguez e M.A. Moreira — Detecção de conceitos intuitivos en electricidad a través de entrevistas clínicas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 2 (1): 7-15 (1988).
9. D. P. Ausubel, J. D. Novak e H. Hanesian — *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro, Interamericana (1980).
10. F. L. Silveira, M.A. Moreira e R. Axt — Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento. *Ci. e Cult.*, 38 (12): 2047-2055 (1986).
11. J. L. Closset — *Le raisonnement séquentiel en életricitivité*. Thèse de troisième cycle. Université Paris VII, Paris (1983).
12. M. H. Steffani et al. — Conservação de corrente elétrica num circuito elementar: o que os alunos pensam a respeito. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 3 (1): 12-15 (1986).
13. M. E. Domínguez — *Detecção de alguns conceitos intuitivos em eletricidade através de entrevistas clínicas*. Dissertação de mestrado. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre (1985).
14. L. J. Cronbach — Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16: 297-334 (1951)
15. F. L. Silveira — Coeficiente beta: estimativa do coeficiente de fidedignidade de uma variável composta. *Educação e Seleção*, 11: 105-108 (1985).
16. F. L. Silveira, M.A. Moreira e R. Axt — *Um teste para detectar concepções alternativas sobre a corrente elétrica em circuitos simples*. Comunicação apresentada no VII Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo (1987).

Trabalho parcialmente financiado por Finep e CNPq

Artigo recebido em 30/mar/89

Aceito para publicação em 15/jun/89

Autores

Fernando Lang da Silveira — professor adjunto, Instituto de Física, UFRGS, e Instituto de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Marco Antonio Moreira (professor titular); e *Rolando Axt* (professor adjunto) — Instituto de Física da UFRGS, Caixa Postal 15051, Porto Alegre, RS, CEP 91500.

Apêndice

Em todas as questões deste teste* admite-se que as lâmpadas sejam iguais. Os brilhos das lâmpadas crescem quando a intensidade da corrente elétrica aumenta. A bateria representada tem resistência elétrica desprezível.

1) No circuito da figura 1 pode-se afirmar que:

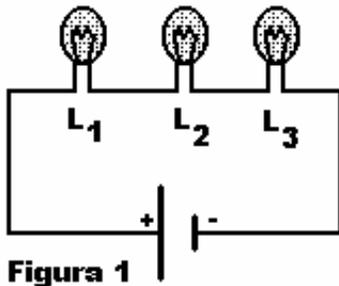


Figura 1

- a) L_1 brilha mais do que L_2 e esta mais do que L_3 .
- b) L_3 brilha mais do que L_2 e esta mais do que L_1 .
- c) as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

2) No circuito da figura 2, R é um resistor. Neste circuito:

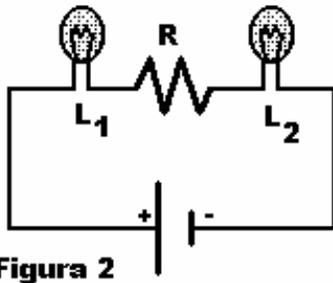


Figura 2

- a) L_1 e L_2 têm o mesmo brilho.
- b) L_1 brilha mais do que L_2 .
- c) L_2 brilha mais do que L_1 .

3) No circuito da figura 3, R é um resistor. Neste circuito:

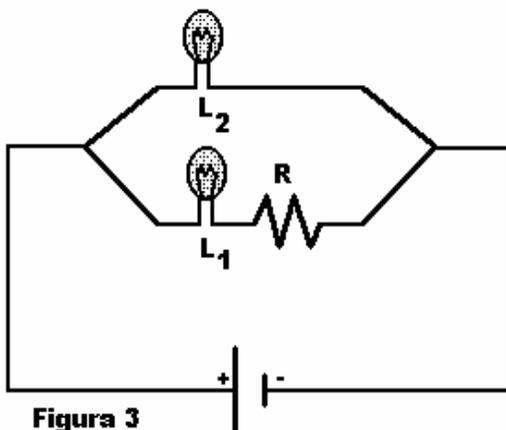
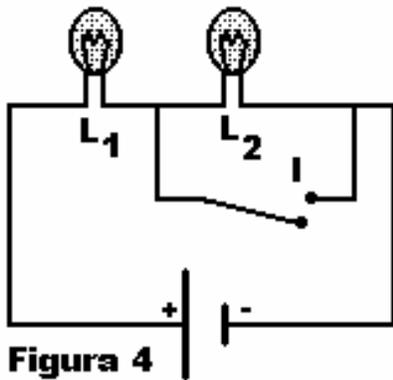


Figura 3

- a) L_1 tem o mesmo brilho de L_2 .
- b) L_2 brilha mais do que L_1 .
- c) L_1 brilha mais do que L_2 .

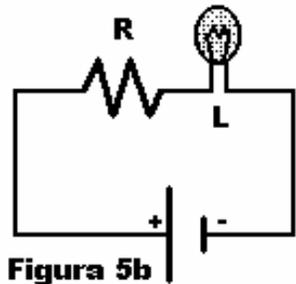
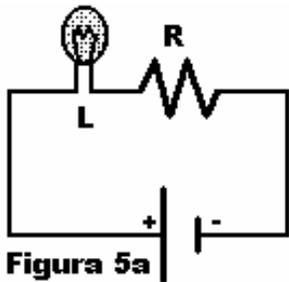
* SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 41(11): 1129–1133, nov. 1989.

4) No circuito da Figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:



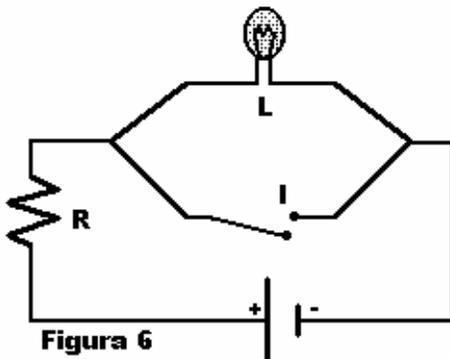
- a) aumenta o brilho de L_1 .
- b) o brilho de L_1 permanece o mesmo.
- c) diminui o brilho de L_1 .

5) Nos circuitos 5a e 5b a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:



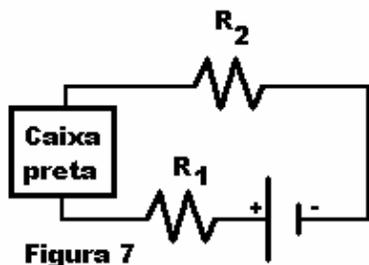
- a) L brilha mais no circuito 5a.
- b) L brilha igual em ambos circuitos.
- c) L brilha mais no circuito 5b.

6) No circuito da figura 6, R é um resistor e I é um interruptor que está aberto. Ao fechar o interruptor:



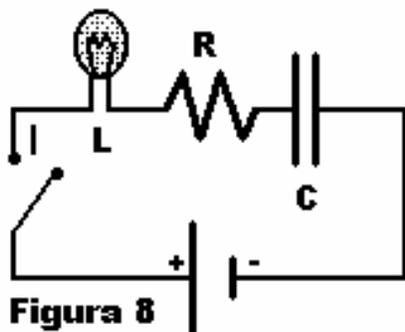
- a) L continua brilhando como antes.
- b) L deixa de brilhar.
- c) L diminui seu brilho mas não apaga.

7) No circuito da figura 7 R_1 e R_2 são dois resistores. A caixa preta pode conter resistores, baterias ou combinações de ambos. Para que a intensidade da corrente em R_1 fosse igual à intensidade da corrente em R_2 a caixa preta:



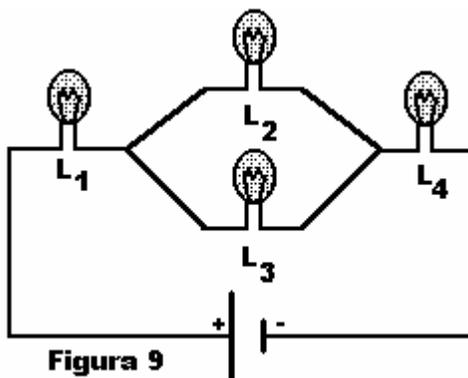
- a) deveria conter somente resistores.
- b) deveria conter no mínimo uma bateria.
- c) poderia conter qualquer associação de resistores e baterias.

8) No circuito da figura 8, L é uma lâmpada, R um resistor, C um capacitor descarregado e I um interruptor aberto. Ao fechar o interruptor:



- a) L começa a brilhar e continua brilhando enquanto o interruptor estiver fechado.
- b) L não brilhará enquanto o capacitor não estiver carregado.
- c) L poderá brilhar durante parte do processo de carga do capacitor.

As questões 9 e 10 se referem ao circuito da figura 9.



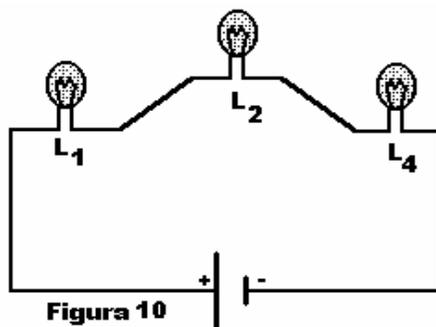
9) No circuito da figura 9 o brilho de L_1 é :

- a) igual ao de L_4 .
- b) maior do que o de L_4 .
- c) menor do que o de L_4 .

10) No circuito da figura 9 o brilho de L_2 é:

- a) igual ao de L_4 .
- b) maior do que o de L_4 .
- c) menor do que o de L_4 .

O circuito da figura 9 foi modificado pois se tirou a lâmpada L_3 . O novo circuito é, então, o da figura 10.



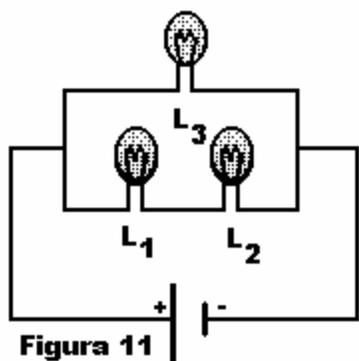
11) Quando se compara o brilho de L_1 nos circuitos 9 e 10 ele é:

a) maior no circuito 10. B) menor no circuito 10. C) o mesmo nos dois.

12) quando se compara o brilho de L_4 nos circuitos 9 e 10 ele é:

a) maior no circuito 10. B) menor no circuito 10. C) o mesmo nos dois.

13) No circuito da figura 11:

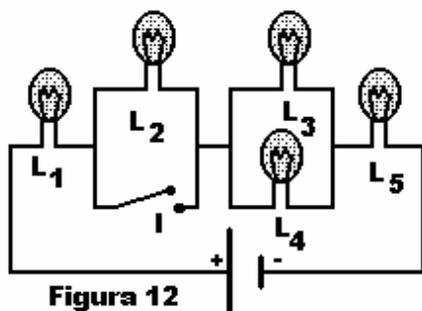


a) L_1 e L_2 têm o mesmo brilho que é menor do que o de L_3 .

b) L_1 brilha mais do que L_2 e do que L_3 .

c) L_1, L_2 e L_3 brilham igualmente.

14) No circuito da figura 12, quando o interruptor é aberto, as lâmpadas L_3 e L_4 deixam de brilhar, embora L_2 brilhe. O que acontece com as lâmpadas L_1 e L_5 ?



a) nem L_1 , nem L_5 brilham.

b) L_1 brilha e L_5 não brilha.

c) L_1 e L_5 brilham.

**IMPORTANTE: NÃO FAÇA MARCAS NAS FOLHAS DE QUESTÕES.
RESPONDA APENAS NESTA FOLHA DE RESPOSTAS.**

NOME: _____

Em cada questão do teste* marque apenas uma das três alternativas (a, b, c) que, na sua opinião, melhor completa o enunciado.

Questão	Alternativa		
1	a	b	c
2	a	b	c
3	a	b	c
4	a	b	c
5	a	b	c
6	a	b	c
7	a	b	c
8	a	b	c
9	a	b	c
10	a	b	c
11	a	b	c
12	a	b	c
13	a	b	c
14	a	b	c

* **SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R.** Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 41(11): 1129–1133, nov. 1989.