

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**TRADIÇÃO, TRADICIONALISMO E EXPERIMENTAÇÃO
NO ENSINO DE FÍSICA: Interatividade entre a Teoria e a Prática**

Manoel Raimundo dos Santos Júnior

Produto produzido na Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. João Furtado de Souza

Coorientador:
Prof. Dr. Rubens Silva

Belém-Pará
Abril de 2017

SUMÁRIO

Capítulo 1	Produto como Ferramenta Educacional.....	1
Capítulo 2	Acerca do Produto	3
2.1	Segurança: Cuidados e Precauções	3
3.2	Material Utilizado no Produto	6
3.2.1	Multiteste	7
3.2.2	Suporte de Pegada: Chapas de Conexão	9
3.2.3	Suporte de Pegada: Tubos de conexão	10
3.3	Experimentos em Sala de Aula	13
3.3.1	Experimento ①: Corrente Elétrica e "Choque"	13
3.3.2	Experimento ②: Densidade de Corrente Elétrica	14
3.3.3	Experimento ③: Associação Série	16
3.3.4	Experimento ④: Curto-circuito em Resistor.....	17
3.3.5	Experimento ⑤: Circuito em Aberto.....	18
3.3.6	Experimento ⑥: Associação Paralelo.....	22
3.3.7	Experimento ⑦: Associação Mista	23
3.4	Experimentos em Sala de Aula	25
Apêndice A	Questionários.....	42
Anexo A	Questões Vestibulares.....	46

Capítulo 1

Produto como Ferramenta Educacional

O produto em tela foi concebido como complemento de minha dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Sociedade Brasileira de Física (SBF), do Polo da Universidade Federal do Pará. É constituído de experimentos que abordam os conceitos iniciais da eletrodinâmica perpassando pela definição e fórmulas das grandezas explanadas em aula tradicional dialogada e constituindo-se num processo de montagem onde os elementos do circuito elétrico explicado é o próprio discente e neste contexto o discente é usado como se fosse o elemento elétrico estudado, inicialmente, um resistor ôhmico.

É mostrado a construção e uso do aparato experimental com os elementos necessários para a execução das percepções das grandezas elétricas e conceitos físicos estudados, suas finalidades, bem como o processo de montagem e o princípio de funcionamento do mesmo. Ressalto, que todo o material utilizado na experimentação é de fácil aquisição e pequeno custo financeiro.

O produto é constituído por sete experimentos que facilitam o interesse do aluno, instigando no mesmo o significado dos conceitos físicos vistos, até então, teoricamente. O primeiro experimento permite ao educador, identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre corrente elétrica e instigá-los a repensar seus conceitos já estabelecidos; o segundo experimento realiza a mesma ação citada anteriormente porém, agora, com o conceito de densidade de corrente elétrica; o terceiro experimento aguça a percepção do aluno com relação a uma combinação série, inicialmente, de resistores; o quarto experimento explana o curto-circuito, inicialmente, em resistor e permitindo a quebra do paradigma cotidiano de que todo curto-circuito está relacionado com explosão; o quinto experimento abrange a concepção de circuito em aberto e a ideia de chaveamento em eletricidade; o sexto experimento mostra uma combinação paralelo e suas possibilidades de queima de um elemento de um

ramo não comprometer a circulação de corrente em outro ramo paralelo e o sétimo experimento é uma combinação mista e sua diferença e característica em relação à combinação série e paralelo. Por fim, repassa-se à classe discente uma atividade avaliativa para se ter um feedback dos possíveis refinamentos dos conceitos físicos abordados.

Por conseguinte, este produto pode ser utilizado por todos que desejem agregar valores às suas aulas tradicionais dialogadas que objetivem a melhoria do processo cognitivo dos conceitos eletrodinâmicos mencionados.

Obrigado.

Manoel R. S. Jr

Capítulo 2

Acerca do Produto

2.1 Segurança: Cuidados e Precauções

Como trabalhamos com tensão elétrica alternada de 110 V, ou 220 V, cuja corrente elétrica atravessa o tórax do indivíduo, entrando em um braço e saindo pelo outro, conforme Figura 1 e, neste caso, apenas 1,8% da corrente elétrica atinge o coração.



TRAJETO	PORCENTAGEM DA CORRENTE
Da mão direita para a mão esquerda	1,8%

Figura 01: Percurso da corrente elétrica

Fonte: < <https://pt.slideshare.net/lagoMendes/nr10-riscos-eltricos-20109251>>, adaptado.

Como medidas preventivas, o professor **DEVE**:

- **CERTIFICAR-SE** que o corpo dos participantes se encontra isolado da Terra, através dos calçados constituídos de materiais a base de isolantes elétricos.
- **EXCLUIR** da participação nos experimentos todas as pessoas que têm problemas cardíacos e/ou marca-passo.
- **OBSERVAR** que o Produto tem sua funcionalidade voltada para o 3º ano do ensino médio, portanto, não foi planejado e nem elaborado para ser realizado em pessoas idosas e principalmente em crianças face o seu manuseio operacional.
- **TER UM CUIDADO EXTREMO** para não fechar curto-circuito na tomada, portanto, deve-se explicar o que é o curto-circuito na tomada e advertir os participantes do experimento para não o fazê-lo.

Ressalta-se que a intensidade de corrente elétrica média que leva perigo à integridade física do homem ou mulher é aquela cujo valor, na média, é

superior à 10 mA, conforme Figuras 2, 3 e 4. Em nossos experimentos, portanto, a magnitude de corrente elétrica é inferior à 3 mA, para tal, sugere-se que o experimento em série seja feito inicialmente com um número de participantes entre dez (10) e quinze (15), pois uma quantidade bem maior torna a corrente elétrica muito pequena e, portanto, o formigamento quase imperceptível.

É importantíssimo que o professor produza uma ADVERTÊNCIA aos alunos para NÃO tentarem reproduzir estes experimentos em suas casas ou outros locais, pois sua execução foi estudada, planejada, para o ambiente de sala de aula, onde pode ser controlada e mediada pelo professor.

INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA (60 Hz)	DANO BIOLÓGICO
Até 10 mA	Apenas formigamento
De 10 mA até 20 mA	Contrações musculares
De 20 mA até 100 mA	Convulsões e parada respiratória
De 100 mA até 3 A	Fibrilação ventricular
Acima de 3 A	Parada cardíaca e queimaduras graves

Figura 02: Tabela de corrente e danos biológicos

Fonte: José E. R. Durán. Biofísica: Fundamentos e aplicações, 2003, pág.178. Adaptado.

DIFERENÇA DE SENSAÇÕES PARA PESSOAS DO SEXO FEMININO E MASCULINO

Efeitos	Corrente elétrica (mA)- 60Hz	
	Homens	Mulheres
Limiar de percepção.	1,1	0,7
Choque não doloroso, sem perda do controle muscular.	1,8	1,2
Choque doloroso, limiar de largar.	16,0	10,5
Choque doloroso e grave contrações musculares, dificuldade de respiração.	23,0	15,0

Figura 03: Tabela de corrente elétrica e efeito fisiológico por gênero

Fonte: FUNDACENTRO

Tendo em vista que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Órgão Oficial Elaborador de toda Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) para uso no Brasil, faz parte da comissão de estudos da *International Electrotechnical Commission* (IEC) - (em tradução livre: Comissão Internacional de Eletrotécnica), ela traduz e incorpora algumas normas para uso em todo o

território brasileiro. A norma traduzida não deixa de ser internacional. É o caso da norma NBR IEC 60479-1.

A publicação, em 1984, da IEC 60479-1 define cinco zonas de efeitos para correntes alternadas de 50 ou 60 Hz e leva em consideração pessoas que pesam 50 kg e um trajeto de corrente entre as extremidades do corpo (mão à mão), a serem mostradas com adaptações na Figura 4.

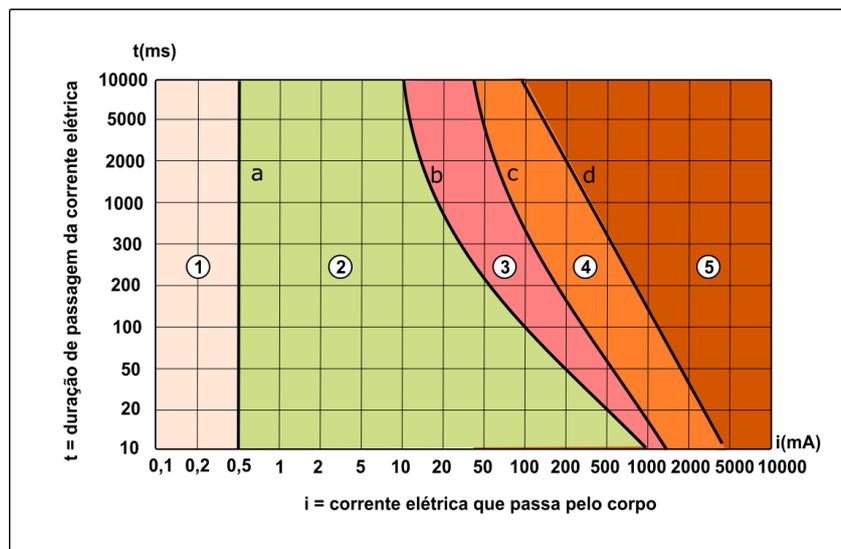


Figura 04: Zonas de efeito da corrente alternada em adultos
Fonte: IEC 60479-1 (1984), Adaptado.

- Zona ① é aquela em que a corrente elétrica não produz reação alguma no corpo humano. Situa-se abaixo do chamado limiar de percepção (0,5 mA) e é representada pela região à esquerda da reta a da Figura 4. É importante salientar que esse valor varia de acordo com a pessoa, sendo menor para mulheres e crianças.
- Zona ② é aquela em que a corrente não produz nenhum efeito fisiológico perigoso. Está entre o limiar de percepção e a curva limite de corrente fisiologicamente perigosa (curva b) e é dada pela equação (1), onde i é o valor eficaz da corrente (mA), i_L é o limite de largar (valor eficaz) igual a 10 mA, (em mulheres) e t é o tempo de duração do choque.

$$i = i_L + \frac{10}{t}$$

Equação (1)

- Zona ③, compreendida entre a curva b e a curva c, não há risco de fibrilação ventricular, mas a corrente pode provocar outros inconvenientes, tais como: parada cardíaca, parada respiratória e contrações musculares, geralmente reversíveis.
- Zona ④, a corrente do choque elétrico pode provocar fibrilação ventricular, com uma probabilidade que vai de 0,5% (curva c) a 50% (curva d).
- Zona ⑤, situada após a curva d, há o perigo efetivo da ocorrência de fibrilação ventricular, conforme Figura 4.

Portanto, o Produto tem sua aplicabilidade de acordo com a zona ② supracitada. Por conseguinte, sugere-se ao professor que faça uso de multiteste para mensurar os valores de tensão e corrente utilizados nos experimentos, comprovando assim a inexistência de perigo à integridade física de todos os participantes do experimento.

NOTA:

Os valores medidos no multiteste são de grandezas eficazes, isto é, o valor médio quadrático das grandezas cujos comportamentos são similares às respectivas grandezas contínuas e constantes. Portanto, embora as grandezas sejam alternadas, seus comportamentos eficazes são semelhantes às respectivas grandezas contínuas, quais sejam: tensão e corrente elétrica.

3.2 Material Utilizado no Produto

O produto inicialmente foi composto de material de custo zero, porém, posteriormente, foi adaptado para que a pegada da mão do participante tivesse um maior contato e um maior conforto ergonômico. Neste novo suporte houve facilidade na aquisição do material com um custo bem pequeno. Os multitestes simples, conforme Figura 6, não tem a funcionalidade de medir corrente alternada, então necessita-se de outros modelos de multiteste, conforme Figuras 7 e 8, com a finalidade de mensurar a corrente circulante nos

participantes. Ressalta-se que este aparelho não é fundamental para a aplicação do produto, mas tão somente para demonstrar que nenhum indivíduo que participou do experimento correu risco de dano à sua saúde.

3.2.1 Multiteste

O multiteste pode ser utilizado para demonstrar ao discente que pode funcionar como voltímetro, amperímetro ou ohmímetro. Porém, no experimento, tem a finalidade de se comportar como amperímetro e comprovar que o valor médio da corrente elétrica não causa perigo de morte e/ou dano físico aos seus participantes.

Lembramos que não é qualquer multiteste que possui a característica de fazer a leitura de corrente alternada média. Portanto, mostramos a seguir três multiteste disponíveis no mercado, em que apenas dois deles tem a capacidade de realizar tal leitura.

1º) Multiteste Modelo WORKER 100706: É de baixo custo, mais popular, e facilmente encontrado no mercado eletrônico, porém, não tem a funcionalidade de medir corrente alternada e, portanto, não serve para comprovar que a corrente circulante nos participantes é inferior à 10 mA, conforme Figura 5.



Figura 05: Multiteste Modelo WORKER 100706
Fonte: Arquivo do autor

2º) Multiteste Modelo ICEL MD-5770: Possui mais funcionalidades e a possibilidade de mensurar correntes alternadas no intervalo de 2 mA até 2 A, além da possibilidade de medir a resistência de cada participante, posto que sua faixa de medida vai de 200 Ω à 20 M Ω . Este multiteste é encontrado no mercado eletrônico, porém, possui um custo um pouco maior que o modelo anterior e é muito bom para comprovar que a corrente circulante nos participantes é inferior à 10 mA, conforme Figura 6.



Figura 06: Multiteste Modelo ICEL MD-5770
Fonte: Arquivo do autor

3º) Multiteste Modelo CE-2000N: Possui as funcionalidades do 2º modelo, porém tem um intervalo de medida mais amplo para a corrente elétrica alternada (200 μ A à 10 A), resistência elétrica (200 Ω à 200 M Ω) e voltagem (200 mV à 1.0000 V). Este multiteste tem um custo maior que o modelo anterior e é excelente para comprovar que a corrente circulante nos participantes é inferior à 10 mA, conforme Figura 7.



Figura 07: Multiteste Modelo CE-2000N
Fonte: Arquivo do autor

OBSERVAÇÃO

O multiteste não é necessário para a realização do experimento, é utilizado apenas para demonstrar que tal experiência não oferece risco à integridade física do participante.

3.2.2 Suporte de Pegada: Chapas de Conexão

Para a realização da experiência precisamos conectar os participantes à tomada, para isto ocorrer, fiz a conexão entre duas chapas metálicas em dois fios elétricos que posteriormente terão suas outras extremidades ligadas num plugue para conexão com a tomada residencial, conforme Figura 8.

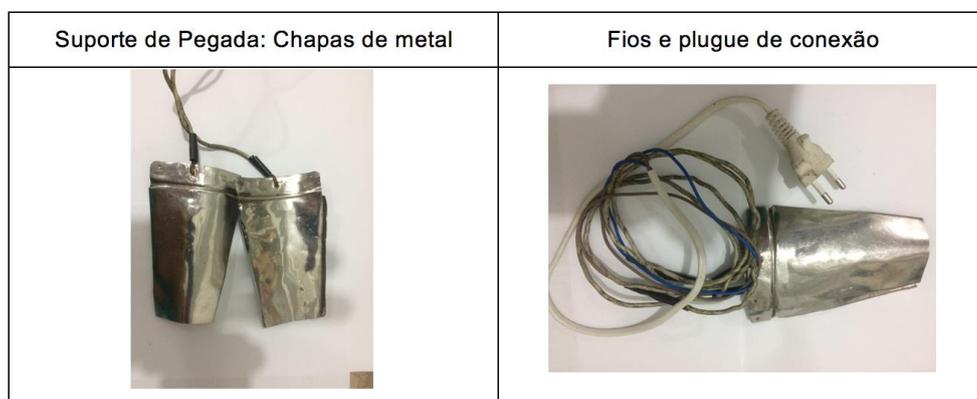


Figura 08: Partes Físicas do primeiro Produto
Fonte: Arquivo do autor

Sua confecção é simples, pois fiz um furo no metal e enrolei a extremidade do fio elétrico no mesmo, posteriormente fixei este enrolamento com fita elétrica isolante e o equipamento foi concluído.

Ressalto que tais chapas foram obtidas sem custo pois eram pedaços de uma bicicleta antiga, assim como também os fios e o plugue não tiveram custos pois foram obtidos de um ferro elétrico queimado. Somente comprei a fita elétrica isolante cujo custo é ínfimo.

3.2.3 Suporte de Pegada: Tubos de conexão

É uma proposta alternativa ao item anterior, a qual deixa, a meu ver, o instrumento mais fácil na pegada, facilitando o aumento da densidade de corrente e deixando-o mais bonito. Os procedimentos de sua construção são descritos a seguir.

Procedimento 1: Um pedaço de eletroduto de aço galvanizado com duas polegadas de diâmetro (± 50 mm) foi cortado em quatro (4) partes que substituem as chapas e pequenos pedaços, do mesmo metal, fazem a conexão entre os tubos e os cabos elétricos, conforme Figura 9. Posteriormente, adquirei cabos elétricos, conectores, plugues e parafusos para a efetuar as devidas junções do aparato.



Figura 09: Criação dos tubos de pegada

Fonte: Arquivo do autor

Procedimento 2: Aferição das dimensões dos conectores em sobras de ferro galvanizado. Posteriormente, realiza-se o corte para confecção dos mesmos, lixando suas bordas para que não haja rebarbas que possam causar cortes ao se fazer o contato com as mãos, conforme sequência alfabética da Figura 10.

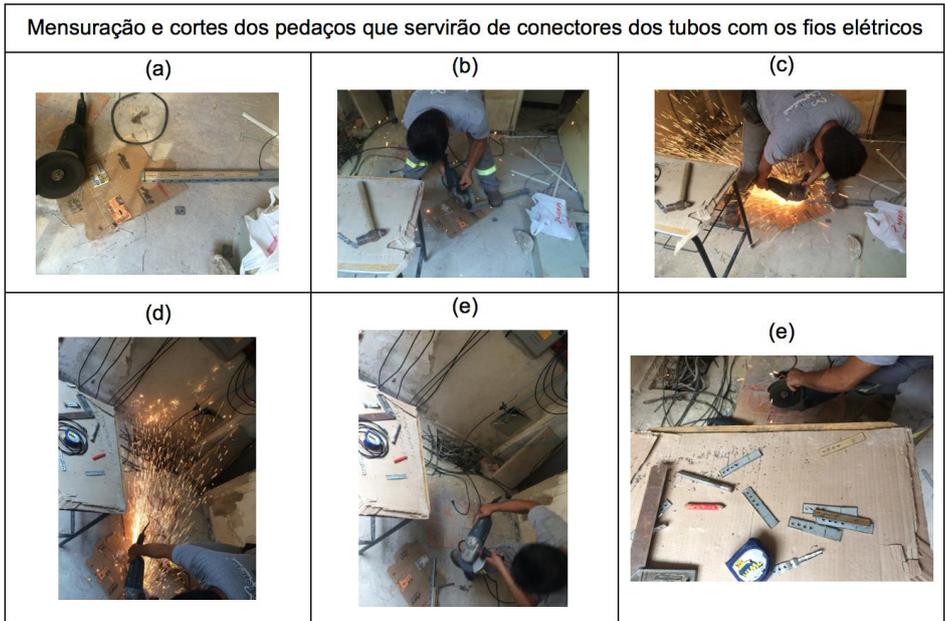


Figura 10: Confeção dos conectores

Fonte: Arquivo do autor

Procedimento 3: Dobra-se convenientemente os conectores para realizar, em uma de suas extremidades, o rebite com um pedaço do tubo galvanizado que foi cortado, conforme Figura 11. Em seguida, os fios elétricos tiveram suas extremidades estanhadas, melhorando a condução da corrente elétrica, e foram parafusadas a outra extremidade do conector.



Figura 11: Rebite conector-tubo e fio estanhado

Fonte: Arquivo do autor

COMENTÁRIO IMPORTANTÍSSIMO

Fiz a opção de pintar os pedaços do tubo nas cores preto e vermelho com a intenção do aparo experimental ter uma aparência mais bonita, profissional e também devido ao fato da palma da mão do participante ficar

mais confortável no momento da pegada, veja conjunto de imagens na Figura 12, mostrando sua confecção e pintura.



Figura 12: Pintura dos suportes de pegada
Fonte: Arquivo do autor

Sugiro, veementemente, que não se faça tal pintura haja vista que, comigo, a mesma funcionou como isolante elétrico, impedindo todos os experimentos de ocorrer. Após este ato falho, lixei as partes do suporte de pegada com o intuito de retirar a tinta ora colocada - obtive sucesso, porém depois de alguns dias o suporte enferrujou e deu uma aparência desagradável, principalmente ao se pensar em choque elétrico, além de sujar as mãos de quem as pegava. A aparência das mesmas pode ser observada na coletânea de imagens da Figura 13.



Figura 13: Suportes de pegada após o lixamento
Fonte: Arquivo do autor

Enfim, deverei construir novamente estes suportes de pegada, porém sem pintá-los, ou então, utilizar tinta metálica condutora de eletricidade.

3.3 Experimentos em Sala de Aula

Todos os experimentos são feitos com corrente e tensão alternadas, porém, nestas experimentações o raciocínio é de que a média destas grandezas (valores médios quadráticos ou valores eficazes) tem um comportamento similar à corrente e tensão contínuas e constantes. Portanto, a tomada possui um comportamento eficaz similar ao de uma bateria, o que nos permite realizar os experimentos fazendo referencias à teoria e conceitos iniciais da eletrodinâmica.

3.3.1 Experimento ①: Corrente Elétrica e "Choque"

Coloca-se os participantes em uma roda de ciranda segurando um a mão do outro. Os participantes das extremidades desta ciranda seguram, cada um, o suporte de contato conectado na tomada, porém, o penúltimo participante de uma das extremidades não tem sua mão em contato com o último participante, deixando o circuito aberto, conforme Figura 14.

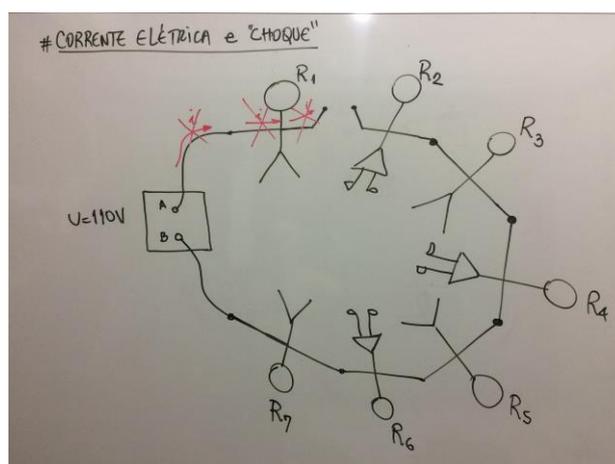


Figura 14: Circuito Aberto abordando corrente elétrica
Fonte: Arquivo do autor

Mostra-se que nem um participante sente "choque", então, pede-se que o penúltimo participante encoste momentaneamente sua mão no último

participante ao seu lado, fechando o circuito, conforme Figura 15. O intuito deste fechamento de circuito é fazer os participantes sentirem um leve formigamento decorrente da corrente elétrica circulante em seu corpo, i.ê., do "choque" e assim perderem o receio natural. No início, os participantes ficam surpresos, mas o professor explica que tal formigamento não machuca nem causa perigo à sua saúde. Posteriormente, os próprios participantes pedem a repetição da situação e neste momento pede-se novamente o fechamento do circuito pelo penúltimo participante, de pronto feito, o professor pede para que nenhum participante largue a mão abrindo o circuito.

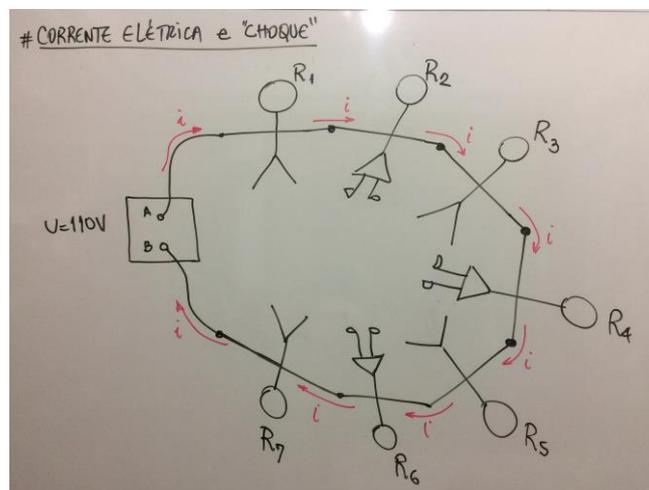


Figura 15: Circuito Série Fechado
Fonte: Arquivo do autor

Neste momento, explica-se à turma que a corrente elétrica que passa nos corpos dos participantes produz o formigamento que os alunos estão sentindo e isto nada mais é que o conceito físico do efeito fisiológico que chamamos de "choque".

3.3.2 Experimento @: Densidade de Corrente Elétrica

Repete-se a situação inicial da ciranda aberta de participantes no 1º experimento, conforme Figura 16.

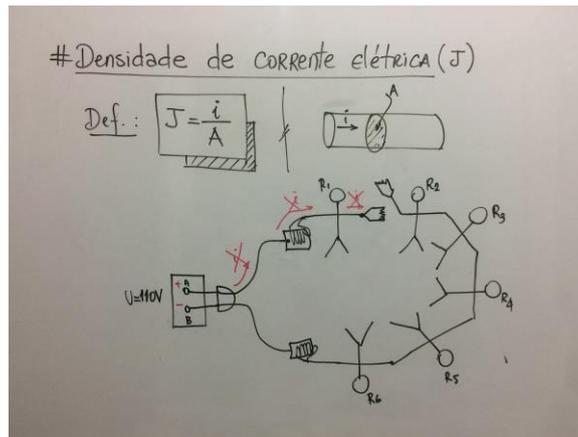


Figura 16: Circuito Série aberto abordando densidade de corrente elétrica
Fonte: Arquivo do autor

Mostra-se que nem um participante sente "choque", então, pede-se que o penúltimo participante encoste momentaneamente sua mão no último participante ao seu lado, fechando o circuito, conforme Figura 17. O intuito deste fechamento de circuito é fazer os participantes sentirem um leve formigamento decorrente da corrente elétrica circulante no corpo, *i.ê.*, do "choque" e assim perderem o receio natural – Lembre-se de que os alunos que participaram do primeiro experimento não são, necessariamente, os mesmos deste experimento, por isto, o cuidado de fazerem os alunos se acostumarem com o formigamento. Novamente, os participantes se assustam, mas o professor explica que tal formigamento não machuca nem causa perigo à sua saúde, então pede-se o fechamento do circuito pelo penúltimo participante, feito isto, o professor pede para que nenhum participante largue a mão abrindo o circuito.

Pede-se, então, para o penúltimo e último participante irem diminuindo gradativamente a área de contato em suas mãos.

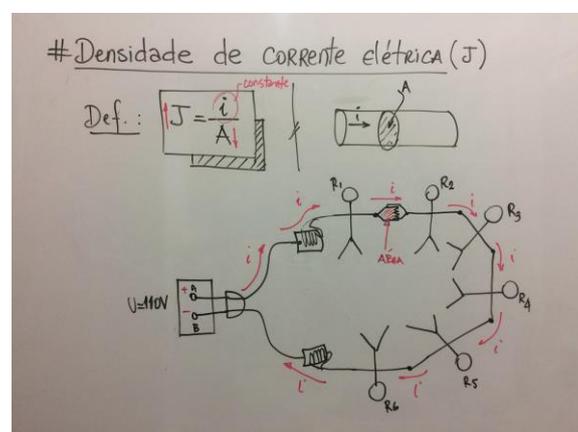


Figura 17: Densidade de corrente elétrica em circuito série
Fonte: Arquivo do autor

- Resultado: O "choque" aumenta entre as mãos que estão diminuindo esta área de contato e diminui nos demais.
- Conclusão: O professor explica que a densidade de corrente elétrica mede a concentração da corrente elétrica e de acordo com a fórmula vista, para uma corrente elétrica constante, quanto menor a área de contato nas mãos maior será a densidade ou concentração de corrente elétrica nas mãos, acarretando um maior "formigamento".

3.3.3 Experimento ③: Associação Série

Repete-se a situação inicial da ciranda aberta de participantes no 1º experimento, conforme Figura 14.

Mostra-se que nem um participante sente "choque". Então, pede-se que o penúltimo participante encoste momentaneamente sua mão no último participante ao seu lado, fechando o circuito. Este breve fechamento do circuito é para fazer os participantes sentirem um leve formigamento devido à passagem da corrente elétrica no corpo humano, levando o participante a perder naturalmente o receio inicial. Posteriormente, pede-se novamente o fechamento do circuito pelo penúltimo participante, e feito isto, o professor explica à turma que a corrente elétrica que passa no primeiro participante, segurando o suporte de contato na tomada, é exatamente IGUAL à corrente elétrica que passa em qualquer outro participante pois o "choque" é o mesmo em qualquer estudante, bastando trocar o aluno de posição para que sinta o mesmo "choque" ou "formigamento", conforme mostra a Figura 18.

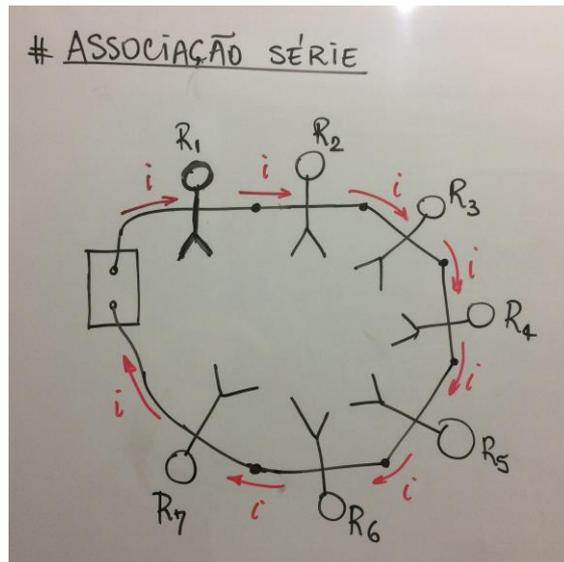


Figura 18: Definição de associação série de resistores
Fonte: Arquivo do autor

- Resultado: O "choque" permanece constante nas mãos dos participantes do circuito.

- Conclusão: O professor explica que a corrente elétrica se mantém constante em todos os elementos do circuito, o que satisfaz a definição do conceito de associação série de resistores. Além da característica de que caso um resistor queime ou seja desligado, todos os outros deixam de funcionar. Aproveite o momento e pontue que a resistência equivalente é maior que a maior resistência da associação.

3.3.4 Experimento ④: Curto-circuito em Resistor

Parte Única

Repete-se todos os passos da associação série até que todos fiquem como na Figura 15. Posteriormente, conforme Figura 19, conecta-se um fio elétrico entre as extremidades de um participante, chamado de R_3 - Neste ponto, deve-se tomar um extremo cuidado com a densidade de corrente nas mãos deste participante R_3 . Por isto, os extremos dos fios devem estar conectados a partes metálicas de área similar à palma da mão, diminuindo a densidade de corrente elétrica em R_3 - Este participante deixa de sentir

formigamento ou "*choque*" enquanto os demais participantes continuam sentindo *formigamento* nas mãos.

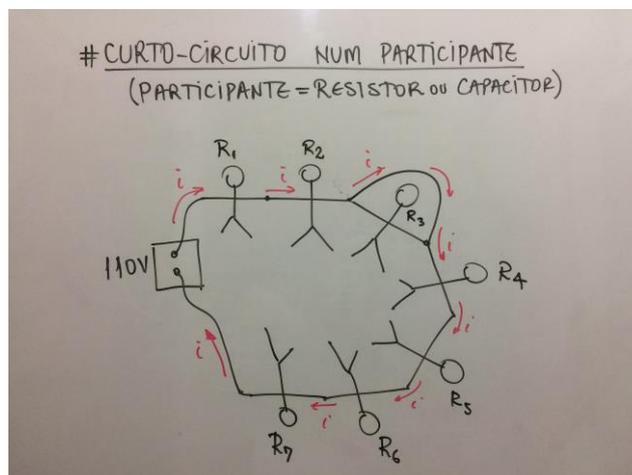


Figura 19: Resistor R_3 em curto-circuito
Fonte: Arquivo do autor

- **Resultado:** O participante, chamado de R_3 , não sente "*choque*" pois não é atravessado por corrente elétrica, posto que a mesma está sendo desviada pelo fio elétrico de pequeníssima resistência elétrica comparada com a do participante.
- **Conclusão:** O professor explica que o participante R_3 funciona como um resistor em curto-circuito não explodindo, mas simplesmente deixando de funcionar! (O que ocorre de maneira similar a um capacitor). Isto ocorre devido a ddp nas mãos de R_3 ser extremamente pequena, acarretando uma corrente imperceptível no mesmo.

3.3.5 Experimento ⑤: Circuito em Aberto

Primeiramente, constrói-se a associação série da Figura 18.

Parte 1

Em seguida, pede-se para um participante R_2 desfazer o contato de suas mãos com o participante ao seu lado, chamado agora de R_1 , conforme Figura 21.

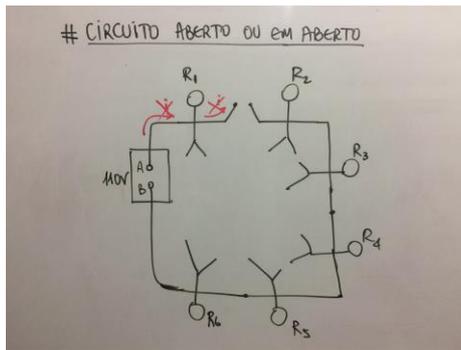


Figura 20: Circuito série abordando o circuito aberto
Fonte: Arquivo do autor

- Resultado: Todos os participantes deixarão de sentir "choque" pois nenhum deles será atravessado por corrente elétrica, posto que a mesma não tem como saltar de R₃ para R₄.
- Conclusão: O professor explica que na associação série todos os resistores deixarão de funcionar pois estarão em um circuito em aberto.

Parte 2

Repete-se todos os passos da associação série até que todos fiquem como na Figura 15. Pede-se para um novo participante, chamado agora de R_x, conforme Figura 20, colocar uma de suas mãos na conexão de dois participantes consecutivos que estão sentindo "choque" enquanto a outra mão de R_x permaneça livre.

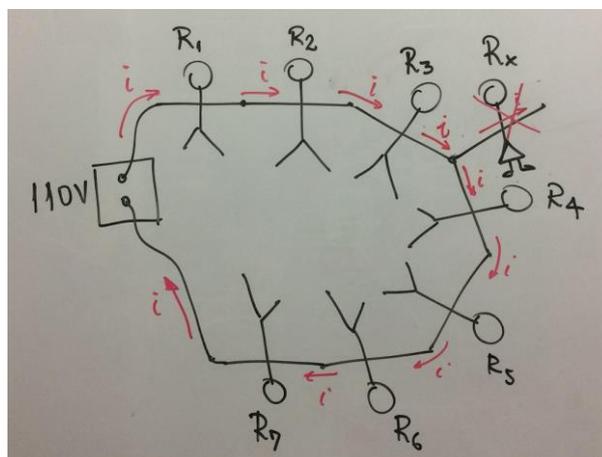


Figura 20: Associação série abordando outro circuito aberto
Fonte: Arquivo do autor

- Resultado: O participante, chamado de R_x , não sente "choque" pois não é atravessado por corrente elétrica, haja vista que caso a corrente elétrica entre em uma de suas mãos, não terá como sair pela outra.

- Conclusão: O professor explica que o participante R_x funciona como um trecho de circuito aberto, não ocorrendo fluxo de corrente elétrica neste elemento, conseqüentemente deixando de funcionar. Isto ocorre por não existir ddp nas mãos de R_x (acontecendo de maneira similar a um capacitor).

Parte 2

Em seguida à etapa 1, pede-se para se restabelecer a configuração original de R_1 e R_2 , e desfazer-se a conexão de mãos entre R_3 e R_4 , conforme Figura 22.

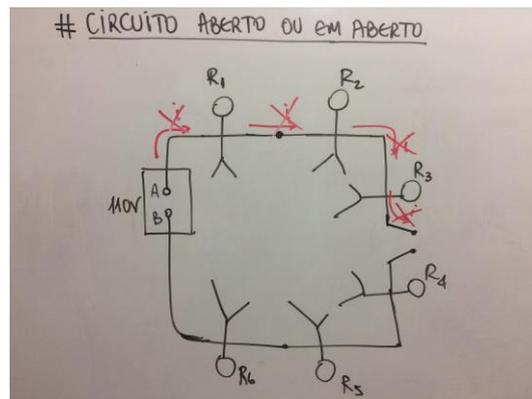


Figura 21: Circuito série abordando outro trecho de circuito aberto
Fonte: Arquivo do autor

- Resultado: Todos os participantes deixarão de sentir "choque" pois nenhum deles será atravessado por corrente elétrica, posto que a mesma não tem como saltar de R_3 para R_4 .

- Conclusão: O professor explica que na associação série todos os resistores deixarão de funcionar pois estarão em um circuito em aberto.

Parte 3

Procura-se montar uma combinação mista, porém inicialmente aberta de acordo com a Figura 23.

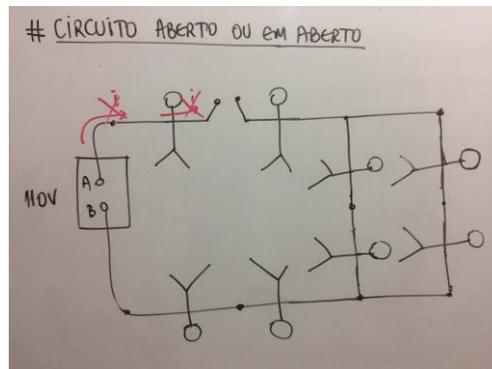


Figura 22: Associação mista aberta
Fonte: Arquivo do autor

Mostrando que neste caso nenhum participante sente choque, indicando que não existe a circulação de corrente elétrica através de qualquer participante. Neste caso, então, o circuito ficou totalmente aberto. Porém, nos dois circuitos da Figura 24, temos um trecho de circuito em aberto - aquele trecho que contém os participantes com as mãos desconectadas enquanto os outros continuam sentindo *formigamento*, indicando, assim, passagem de corrente elétrica.

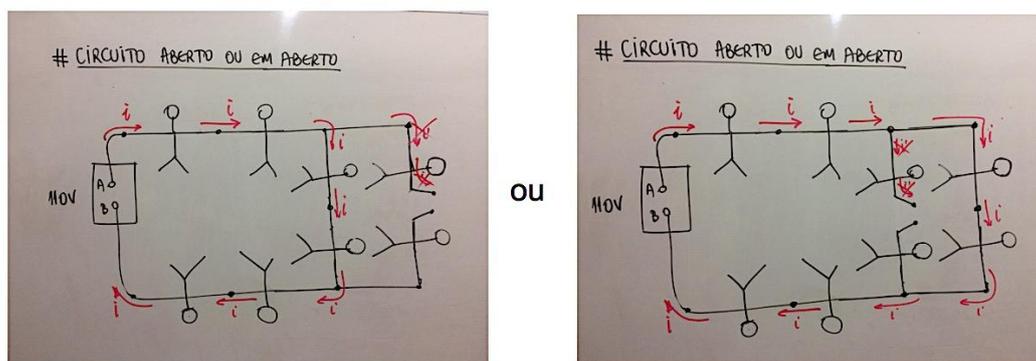


Figura 23: Associação mista com um trecho formando um circuito aberto
Fonte: Arquivo do autor

- **Resultado:** Podemos ter circuito em aberto em todo o circuito ou apenas em um trecho deste circuito.
- **Conclusão:** O professor explica que neste circuito, o sentimento de choque identifica onde existe a passagem da corrente elétrica e onde não há este

sentido, não temos corrente elétrica pois o circuito ou seu trecho está em aberto.

3.3.6 Experimento @: Associação Paralelo

Numa combinação paralela de resistores, temos uma resistência equivalente muito pequena, causando uma corrente elétrica total mais elevada - o que acarretaria um maior formigamento nos participantes. Portanto, para se evitar tal desconforto explicaremos a combinação paralelo utilizando uma combinação mista. Esta razão deve ser esclarecida à turma.

Assim, faremos um circuito aberto de acordo com a Figura 25, onde a parte tracejada identifica o circuito paralelo que não é atravessado por corrente elétrica posto que todo circuito está em aberto.

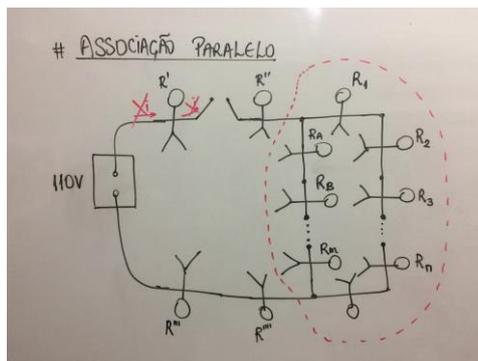


Figura 24: Associação paralela através da mista aberta totalmente
Fonte: Arquivo do autor

Pedimos para os participantes R' e R'' para conectarem suas mãos fechando o circuito, conforme Figura 26.

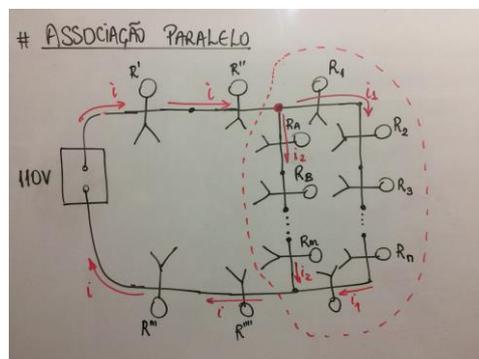


Figura 25: Associação paralela através da mista fechada totalmente
Fonte: Arquivo do autor

Verificaremos que o ramo de R_1 até R_n uma corrente elétrica que poderá ser diferente da corrente elétrica que atravessa o ramo de R_A até R_m , porém tais ramos terão a MESMA tensão elétrica em seus terminais - o quê poderá ser constatado ligando o voltímetro nos terminais destes dois ramos citados.

- Resultado: Quando um participante, por exemplo R_2 desconectar sua mão com R_3 , todos os participantes do ramo de R_A até R_m continuarão sentindo "choque" pois a corrente elétrica deixará de atravessar apenas o ramo de R_1 à R_n .

- Conclusão: Uma característica da associação paralelo é que, quando um resistor queima ou é desligado, somente os resistores deste ramo deixam de funcionar enquanto os demais continuam funcionando - o quê não ocorre na associação série. Aproveitando o momento, pontuamos que a associação paralela tem uma resistência equivalente menor que a menor resistência da associação.

3.3.7 Experimento @: Associação Mista

A associação mista é uma combinação de resistores em sequência que formam ramos que ora estão série e ora estão em paralelo ou o equivalente de ramos em paralelo passa a estar em série com outro ramo, conforme Figura 27.

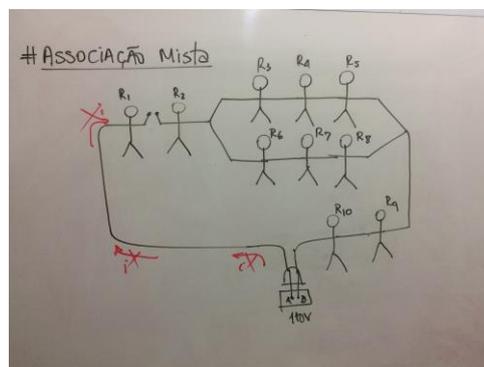


Figura 26: Associação mista num circuito totalmente aberto
Fonte: Arquivo do autor

Senão, veja que o ramo constituído pelos resistores R_3 à R_5 está em paralelo com o ramo constituído dos resistores R_6 à R_8 , por conseguinte, esta

combinação paralela está em série com o ramo que vai de R_1 à R_2 e com o que vai de R_9 à R_{10} . No circuito todo, nenhum participante sente *formigamento* o que indica que não há passagem de corrente elétrica em qualquer elemento do circuito, posto que não há conexão entre as mãos de R_1 e R_2 .

Parte 1

Peça aos participantes R_1 e R_2 que toquem suas mãos fechando o circuito, conforme Figura 28, e verifique que todos sentirão *formigamento*, uma vez que, todos são atravessados por corrente elétrica. Pergunte aos alunos quais deles sente mais intensamente o choque e, então, irá constatar que R_1 , R_2 , R_9 e R_{10} estão sentindo mais *formigamento*, o quê indica maior intensidade de corrente elétrica.

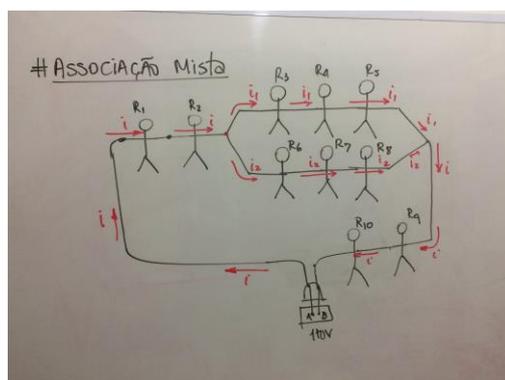


Figura 27: Associação mista num circuito fechado
Fonte: Arquivo do autor

- Resultado: O *formigamento* é menor nos participantes dos ramos em paralelo e é maior nos outros que estão em série com esta combinação paralela.
- Conclusão: O professor explica que a corrente elétrica total atravessa os ramos em série com a combinação paralela e menor nos ramos que estão em paralelo, isto é, a corrente elétrica total i se divide em i_1 e i_2 .

Parte 2

Refaça a sequência da parte anterior, ou seja, monte o circuito da Figura 28. Em seguida, peça para o participante R_4 e R_5 (ou R_7 e R_8) desconectarem as mãos e mostre que, de acordo com Figura 29, não passa corrente elétrica

em todos os participantes do ramo R_3 à R_5 (ou R_6 à R_8), porém, passa corrente nos demais elementos do circuito. Por fim, pergunte: O que ocorre com a corrente elétrica nos participantes que sentem *formigamento*?

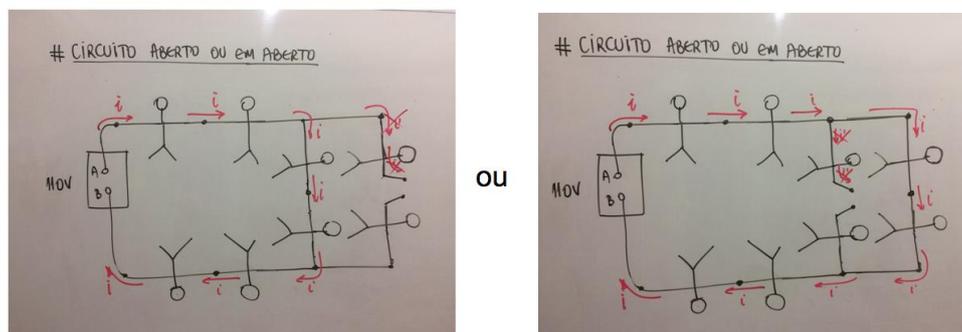


Figura 28: Associação mista com trecho formando um circuito aberto
Fonte: Arquivo do autor

- **Resultado:** O *formigamento* deixa de acontecer nos participantes do ramo em que houve a desconexão das mãos, porém, o *choque* passou a ser menor nos participantes dos ramos R_1 à R_2 e R_9 à R_{10} , sendo maior nos participantes do ramo R_6 à R_9 (ou R_3 à R_5).

- **Conclusão:** O professor explica que o que acontece com o *formigamento* também ocorre com a corrente elétrica. Então, a nova corrente elétrica total é a mesma para todos os resistores que são atravessados por ela, porém, sua intensidade comparada com a anterior aumenta no ramo que antes estava em paralelo e diminui nos demais ramos que antes não estavam em paralelo. O que pode ser constatado com a intensidade do formigamento nos participantes.

3.4 Experimentos em Sala de Aula

Os experimentos foram realizados no Colégio Marista Nossa Senhora de Nazaré, em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, na cidade de Belém do estado do Pará, e ao longo dos meses de novembro e dezembro de 2016.

A sequência dos experimentos foi a mesma apresentada neste trabalho, porém, a pedidos dos alunos refiz os experimentos abordando o que era permitido ao longo do intervalo de tempo constituinte das aulas.

Diante do exposto teórico, realizei, em sala de aula, as experiências mostradas nas seqüências das figuras fotográficas seguintes.

Experimentos realizados na Turma A

LEMBRE: Antes de realizar o experimento faça uma breve revisão, no quadro, dos conceitos formais explicados na aula tradicional, conforme Figura 30. Pois o intuito da experiência é servir de ferramenta facilitadora da cognição de tais conceitos e seus significados físicos.

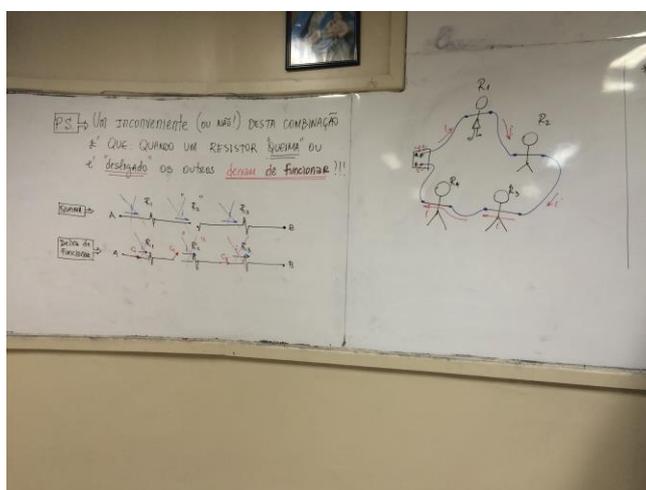


Figura 29: Relembrando os conceitos vistos na aula tradicional
Fonte: Arquivo do autor

Na Figura 31, o aluno e aluna demonstram que embora estejam conectados na tomada através do suporte de pegada metálico ambos não sentem "choque", o quê, evidencia que não há corrente elétrica atravessando seus corpos. Então, temos um exemplo de circuito aberto e ao mesmo tempo curto-circuito.



Figura 30: Exemplificação simultânea de curto-circuito e circuito aberto
Fonte: Arquivo do autor

Na Figura 32, peço que os participantes formem a ciranda que constitui uma associação série e realizem o contato momentâneo com o intuito de perderem o receio psicológico, natural, do choque elétrico.



Figura 31: Combinação Série em aberto
Fonte: Arquivo do autor

Na Figura 33, posteriormente, identifico a necessidade de fazer o fechamento do circuito para que possam sentir o formigamento e perceber que o mesmo não dói ou machuca.



Figura 32: Reforço do 1º contato com o choque elétrico
Fonte: Arquivo do autor

A Figura 34 é a repetição do experimento, pois alguns participantes continuam temerosos, então, faz-se necessário a repetição do contato momentâneo para o fechamento também momentâneo do circuito. O formigamento e a corrente são momentâneos e sua finalidade é dissipar o receio do choque nos participantes.



Figura 33: Contatos momentâneos dissipando o receio ao choque
Fonte: Arquivo do autor

A Figura 34 exemplifica a necessidade de todos os participantes estarem com suas mãos em contato uma com a outra, fechando o circuito.



Figura 34: Contatos fixos para permanência do choque
Fonte: Arquivo do autor

Por ventura, um ou mais participante pode desconectar sua mão, então, mister se faz que haja a verificação paciente das conexões das mãos, conforme Figura 36.



Figura 35: Verificação das conexões entre as mãos
Fonte: Arquivo do autor

Com o receio dissipado e a associação série formada, explano a ideia do conceito de densidade de corrente elétrica, conforme mostra a sequência alfabética da Figura 37.

Peço, então, que os participantes consecutivos diminuam a área de contato em suas mãos, ocasionando, assim, uma maior densidade de corrente elétrica entre as palmas das mãos. Tal situação, será percebida como uma maior intensidade no formigamento no local em que a área do contato diminui.



Figura 36: Experimento sobre a densidade de corrente elétrica
Fonte: Arquivo do autor

Como todos querem participar da experiência da densidade de corrente elétrica, muitos irão tentar reproduzir a diminuição do contato nas palmas da mão, o que provocará um prejuízo na percepção dos demais. Por isto, devemos pedir paciência aos mesmos pois faremos o rodízio dos participantes que diminuirão a área de contato em suas mãos, conforme Figura 38.



Figura 37: Explicando o revezamento no experimento
Fonte: Arquivo do autor

A Figura 39 exibe uma sequência alfabética de imagens que denota o receio inicial ao choque, quando ocorre a diminuição da área de contato entre as mãos e a consequente percepção de uma intensidade maior no formigamento das mãos dos participantes. Posteriormente, verifica-se a constatação facial de uma satisfação em entrar em contato com um tópico tão temeroso.

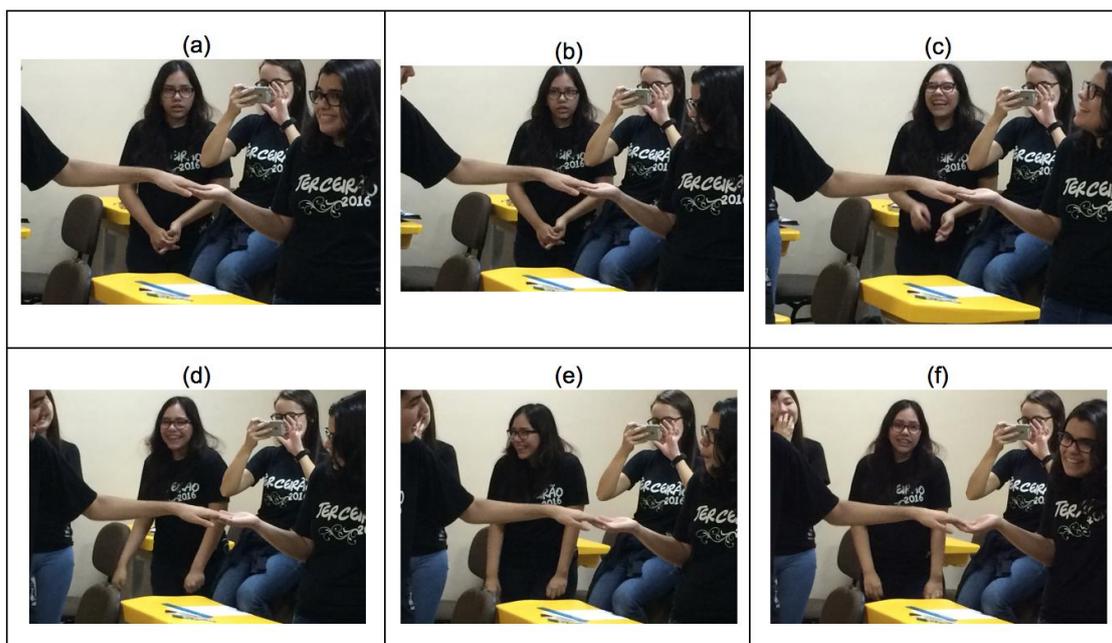


Figura 38: Percepção cognitiva da densidade de corrente elétrica
Fonte: Arquivo do autor

O Professor constatará que depois da realização do aparato eletrodinâmico, o sentimento discente é de alegria por estarem sentindo o choque sem correr qualquer perigo em sua integridade física e de uma vontade natural de repetição do experimento. O que se pode verificar através da Figura 40.



Figura 39: Motivação dos alunos após cognição da densidade de corrente
Fonte: Arquivo do autor

A Figura 41, mostra-nos, novamente, circuito aberto e curto-circuito. Veja que, inicialmente, eu e uma aluna estamos segurando o suporte de pegada da tomada, conectado na tomada, e não indicamos a presença do choque ou

formigamento, isto é, não existe corrente elétrica circulante - portanto, um exemplo de circuito aberto e também de curto-circuito.



Figura 40: Experimentação Interativa e Aula Tradicional
Fonte: Arquivo do autor

A Figura 42, exibe uma sequência alfabética sobre formação da associação mista. Veja que que a moça da esquerda está com uma mão no suporte de pegada e a outra está desconectada, Figura 42-a, então, peço-lhe para conectar sua mão, momentaneamente, na do rapaz ao seu lado. Em seguida, a moça morena sente o formigamento e, com receio, pede para sair, Figura 42-b. Mais tarde a referida moça morena pede para voltar, conforme fotos à frente, sendo uma das participantes mais ativa e motivada. Identifico que, após o fechamento do circuito, a moça de moletom branco e todos que estão em série com ela sentirão mais intensamente o choque, posto que a corrente elétrica é maior, enquanto que os demais participantes sentirão um choque menor, haja vista, que a corrente é menor.



Figura 41: Abordagem dos conceitos físicos na associação mista

Fonte: Arquivo do autor

Em seguida, identifico que ao abrirmos um dos ramos que está em paralelo (moça branca atrás de todos, posicionada de forma mais elevada, está representando o ramo citado) os participantes deste ramo deixarão de sentir choque - embora os demais participantes continuem sentido o formigamento.

Os participantes, que antes da abertura estavam em série, sentirão uma menor intensidade do choque, enquanto, os demais que antes estavam em paralelo passarão a sentir um choque bem mais intenso. De tino, os alunos que

sentirão mais intensamente o choque ficam com receio, mas depois da realização desta prática, pedem insistentemente para repetirmos - neste instante, os demais participantes pedem para sentir este aumento de intensidade de choque. Continuando, pedimos para a pessoa que abriu o ramo em paralelo que o feche - vamos constatar que os participantes que ora sentiam mais choque, agora vão sentir menos e aqueles que estavam sentindo menos choque agora vão sentir mais, conforme sequência alfabética de imagens da Figura 43.



Figura 42: Possibilidades de abertura dos ramos de uma associação mista
Fonte: Arquivo do autor

Agora, pedimos para o ramo que estava em paralelo e representado pela moça de roupa branca, mais elevada que todos, feche novamente o circuito para retornar à situação inicial. De maneira simétrica, pedimos para as moças que estão na frente da referida moça branca, que abram suas mãos, deixando todos os participantes que fazem parte deste ramo sem sentirem choque. Porém, a moça branca e seu ramo sentirão mais intensamente o

choque enquanto os demais participantes que antes estavam em série, sentirão o choque com menor intensidade, conforme sequência alfabética de imagens da Figura 44.

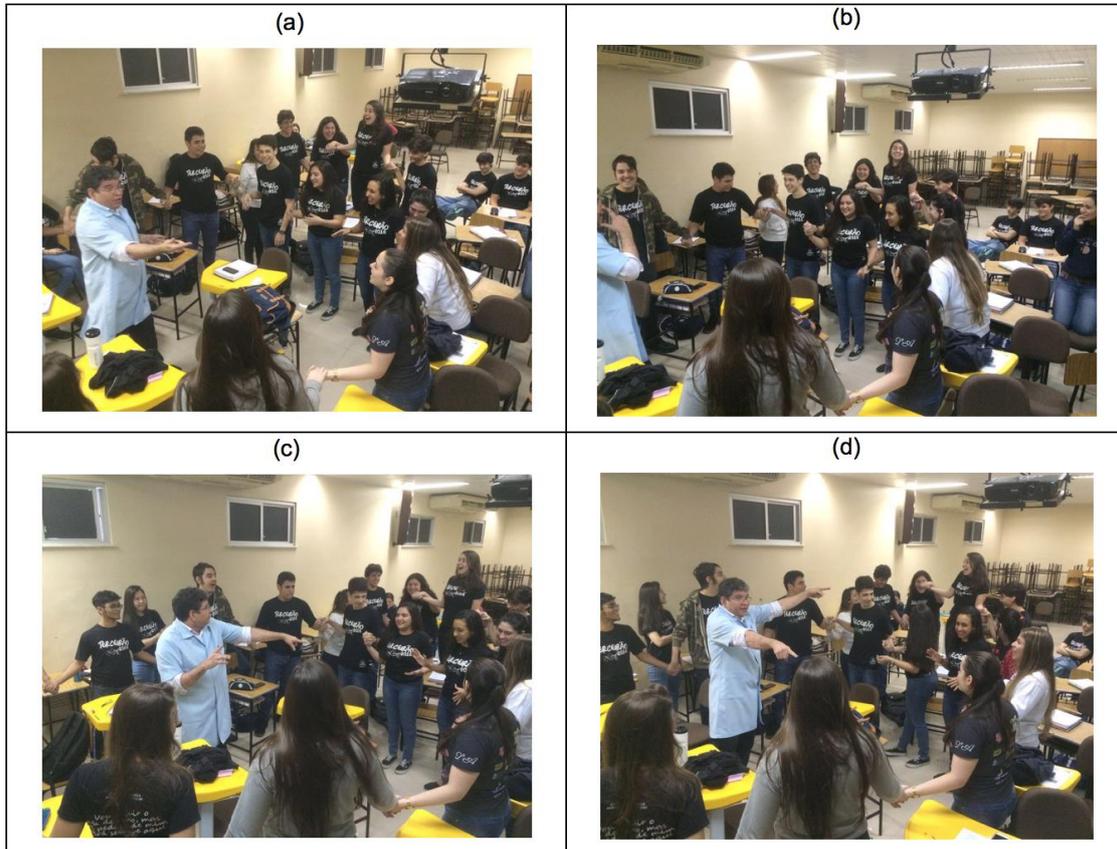


Figura 43: Posições distintas de abertura nos ramos da associação mista
Fonte: Arquivo do autor

Neste conjunto de imagens, temos o reforço sobre a cognição do conceito de densidade de corrente elétrica em todos os participantes da associação mista. Observe que, no início, a fisionomia facial é de receio, mas depois passa para um sorriso maroto com expressão de divertimento, conforme sequência alfabética da Figura 45.



Figura 44: Análise da densidade de corrente em alguns participantes
Fonte: Arquivo do autor

A sequência alfabética de fotos da Figura 46, mostra-nos o conceito de nó em eletrodinâmica, isto é, a junção entre os ramos que estão em paralelo (moças de casaco vermelho e a outra moça com camisa do colégio) com o ramo que está em série (moça de moletom branco) com esta associação paralelo. Observe que o ramo que não está em paralelo (moça de moletom branco) é atravessado pela corrente elétrica total do circuito e, portanto, sentirá maior formigamento ou choque em suas mãos. Novamente, perceba que, no início, a expressão da moça de moletom branco é receosa, mas, depois, passa para um sorriso com expressão facial de divertimento.

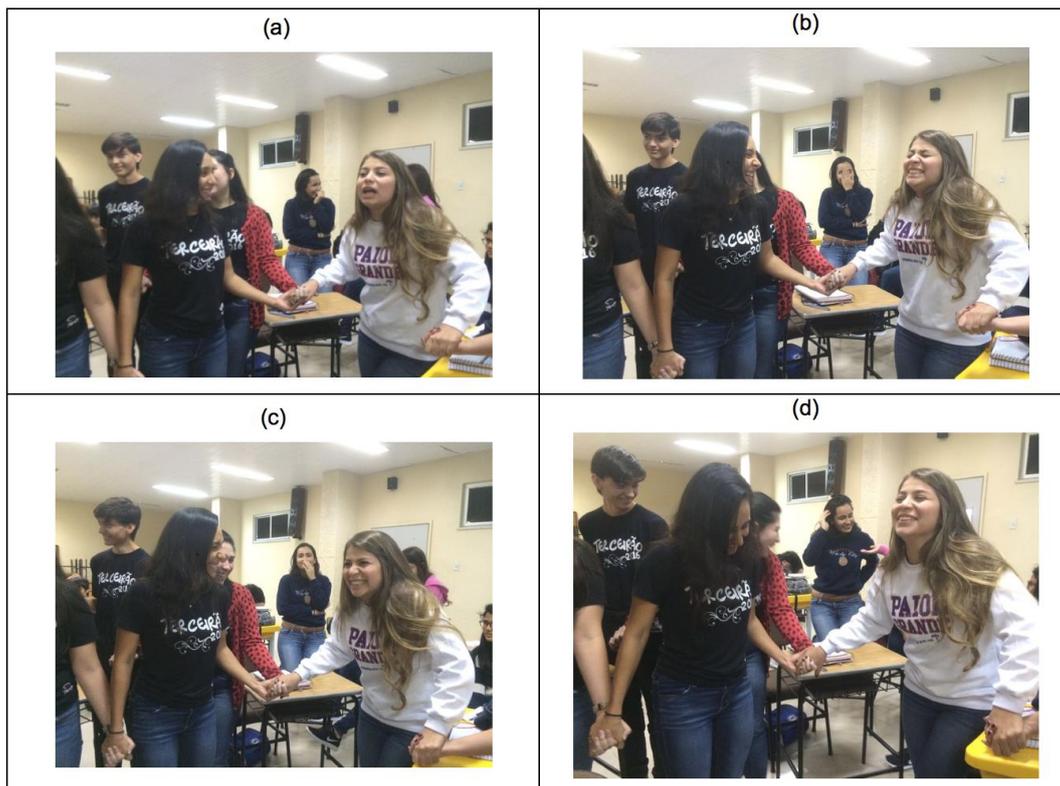


Figura 45: Análise Interativa do conceito eletrodinâmico de nó
Fonte: Arquivo do autor

A Figura 47-a, mostra-nos o uso do multíteste funcionando como ohmímetro, enquanto a Figura 47-b identifica o aparelho em série com um trecho, indicando que o mesmo está funcionando como amperímetro. A Figura 47-c, indica a medida da corrente elétrica cuja intensidade aferida foi de 2,44 mA.

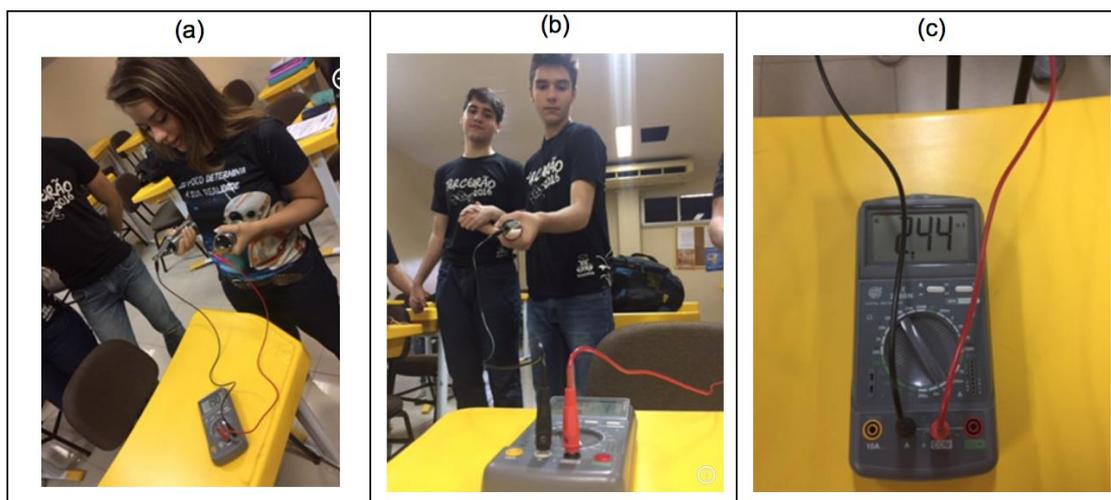


Figura 46: Uso do multíteste como ohmímetro e amperímetro
Fonte: Arquivo do autor

No final do experimento, tirei foto do quadro com o registro do circuito e conceitos abordados, conforme Figura 48-b. Alguns participantes, pediram para realizar um registro fotográfico segurando o aparato experimental para guardarem como recordação, em suas palavras: "... de uma aula tão diferente, instigante e surpreendentemente divertida!", conforme Figura 48-a.

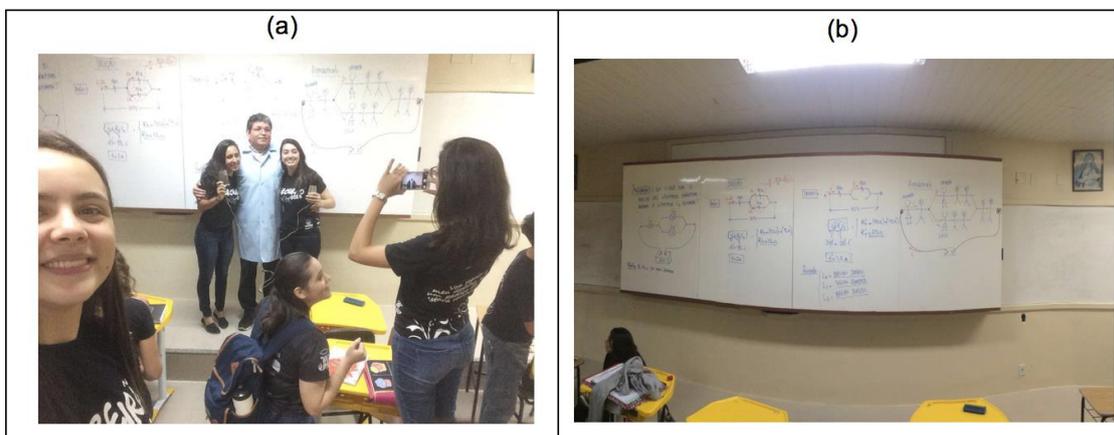


Figura 47: Finalização da aplicação do Produto na turma A
Fonte: Arquivo do autor

Experimentos realizados na Turma E

Esta sequência alfabética da Figura 49, mostra uma revisão sobre os conceitos físicos de corrente elétrica, densidade de corrente elétrica, curto-circuito, circuito aberto e associação paralelo aplicados numa associação série de pessoas que fazem o papel de resistores.

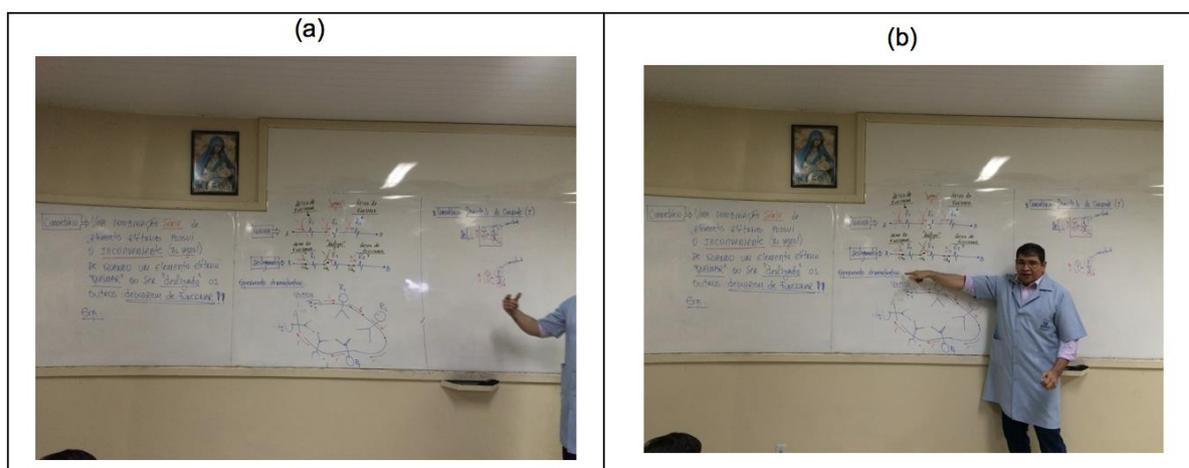


Figura 48: Revisão dos conceitos visto na aula tradicional
Fonte: Arquivo do autor

Neste conjunto de imagens da Figura 50, temos a construção da associação série, servindo de base para análise dos conceitos físicos citados na aula tradicional. Observe que, na Figura 50-d, a moça morena levanta a mão indicando que o circuito foi aberto ali e, portanto, interrompendo a passagem de corrente elétrica em todo mundo - tal conclusão é percebida pela ausência do formigamento em todos os participantes. O mesmo ocorre na Figura 50-f, só que agora, com a moça branca que levanta a mão.



Figura 49: Abordagem da corrente, choque, série e circuito aberto
Fonte: Arquivo do autor

Nesta nova sequência alfabética de imagens da Figura 51, demonstro o curto-circuito em mim, haja vista que a corrente elétrica entra na minha mão esquerda, mas não tem como sair pela mão direita, pois está livre. Os demais participantes desta associação série estão sentindo choque.



Figura 50: Abordagem sobre curto-circuito
Fonte: Arquivo do autor

Na sequência alfabética da Figura 52, relembro o conceito físico de densidade de corrente elétrica, explicando aos alunos que a intensidade do formigamento está relacionada com a intensidade desta grandeza. Portanto, a densidade de corrente elétrica é percebida como, uma concentração de corrente elétrica, nas mãos cujas áreas de contato estão diminuindo.

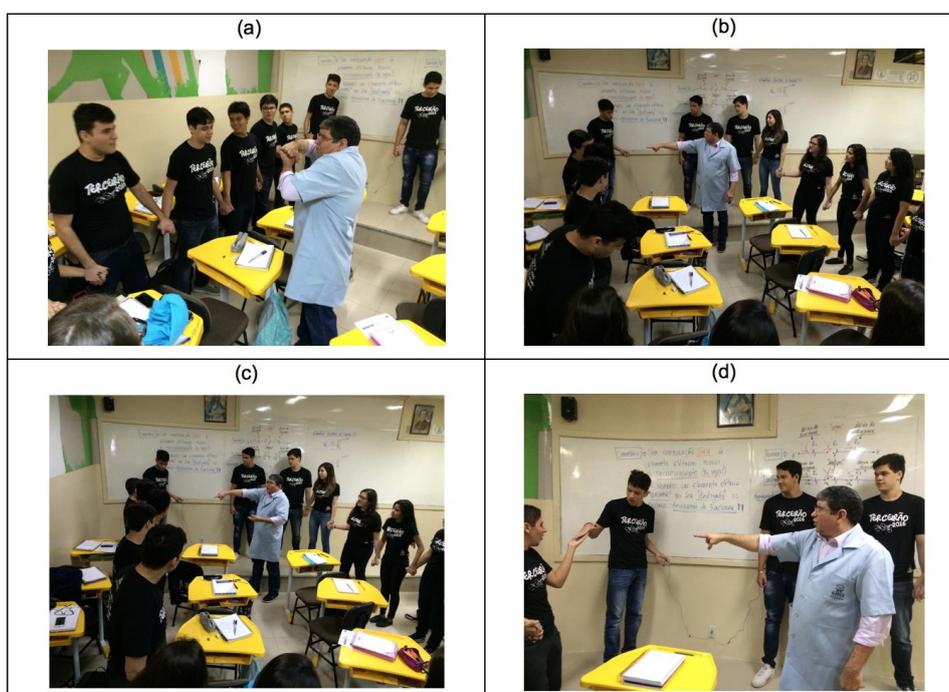


Figura 51: Explicação da experimentação sobre a densidade de corrente
Fonte: Arquivo do autor

Na sequência alfabética da Figura 53, os alunos são requeridos à diminuir a área de contato entre suas palmas das mãos, um par de participantes por vez, percebendo o que ocorre com a magnitude do formigamento. De pronto, todos querem sentir tal sensação. Então, é necessário esclarecer que todos terão a oportunidade de realizar tal ato. Preste atenção na sequência e verá que, no início, quando a área de contato diminui, a expressão facial dos alunos é de receio, porém, depois, é uma expressão de diversão acompanhada de sorrisos.



Figura 52: Experimento interativo sobre a densidade de corrente elétrica
Fonte: Arquivo do autor

Apêndice A

Questionários

No final de todas as experiências interativas e participativas, pede-se que os alunos respondam, sem se identificar e sendo o mais sincero possível, as perguntas propostas no seguinte questionário. Este questionário servirá de instrumento de análise dos experimentos.

QUESTIONÁRIO 1

Marque a alternativa que responde, em seu caso, a pergunta apresentada.

01. Você compreendeu que quando seu corpo foi atravessado por corrente elétrica, houve uma sensação fisiológica de *formigamento*, a qual chamamos de "*choque*" e é caracterizada como o Efeito Fisiológico da Corrente Elétrica?

- Sim.
- não.
- Mais ou menos.

02. Inicialmente você teve receio ao sentir o *formigamento* em suas mãos, porém tal sentimento foi se perdendo ao longo dos experimentos?

- Sim.
- não.
- Mais ou menos.

03. A associação série de resistores é definida como sendo atravessada pela mesma corrente elétrica em todos os resistores da associação. Quando as pessoas fizeram o papel de resistores, houve por sua parte a percepção que o *choque* era o mesmo em qualquer posição que você se situasse?

- Sim.
- não.
- Mais ou menos.

04. Você percebeu que na associação série de pessoas, quando uma pessoa desconectava a mão, o *choque* deixava de existir, indicando assim que não há passagem de corrente elétrica e tal contexto identificaria um *circuito aberto* totalmente?

- Sim.
- não.
- Mais ou menos.

05. Você percebeu que na associação série de pessoas, quando uma pessoa desconectava a mão, o *choque* deixava de existir, indicando assim que além do circuito estar totalmente em aberto, as pessoas se comportavam como se estivessem em *curto-circuito*, ou seja, não seriam atravessadas pela corrente elétrica?

- Sim.
- não.
- Mais ou menos.

06. Quando um resistor não é atravessado por corrente elétrica, não funciona, dizemos então que ele está em *curto-circuito*. Portanto, quando uma pessoa participante do experimento não sentia *choque* se comportava como se estivesse em *curto-circuito* - não ocorrendo uma explosão com esta pessoa. Através dos experimentos, sua compreensão sobre *curto-circuito* foi facilitada?

- Sim.
- não.
- Mais ou menos.

07. Houve um maior entendimento de sua parte com relação à definição e conceito de densidade de corrente elétrica após os experimentos?

- Sim.
- não.
- Mais ou menos.

08. Na associação série representada pelos indivíduos, verificou-se que quanto mais integrante compunha esta associação, menor era a intensidade de *formigamento* ou *choque*. Isto decorre do aumento da resistência elétrica total e, conseqüentemente, da diminuição da corrente elétrica total. Neste sentido, após o experimento, ocorreu um maior entendimento desta conclusão?

- Sim.
- não.
- Mais ou menos.

QUESTIONÁRIO 2

Marque a alternativa que responde, em sua opinião, a pergunta proposta.

01. Qual grandeza física é diretamente responsável pelo *formigamento* num *choque elétrico*?

- A resistência elétrica.
- A tensão elétrica.
- A corrente elétrica.

02. Para uma mesma intensidade de corrente elétrica, quando diminuirmos a área de contato entre as mãos de duas pessoas consecutivas, o que acontecerá com o *formigamento* nas mãos das mesmas?

- Aumentará.
- Permanecerá a mesma.
- Diminuirá.

03. Quando aumentamos o número de pessoas em série, o que ocorre com a tensão elétrica total do circuito, ou seja, da tomada?

- Diminui.
- Permanece a mesma.
- Aumenta.

04. Na associação paralela representada pelos indivíduos, verificou-se que quanto mais integrante compunha esta associação, menor era a intensidade de *formigamento* ou *choque* no participante que segurava o suporte ligado na tomada. Isto decorre da diminuição da resistência elétrica total e conseqüente aumento da corrente elétrica total. Neste sentido, após o experimento, ocorreu um maior entendimento desta conclusão?

- Sim.

- () Não.
- () Mais ou menos.

05. Quando aumentamos o número de ramos participantes em paralelo, o que ocorre com a corrente elétrica total que sai da tomada?

- () Diminui.
- () Permanece a mesma.
- () Aumenta.

06. Quando aumentamos o número de ramos participantes em paralelo, o que ocorre com a tensão elétrica total do circuito, ou seja, da tomada?

- () Diminui.
- () Permanece a mesma.
- () Aumenta.

07. Foi verificado na associação mista que toda vez que um resistor, pertencente ao ramo que está em paralelo, queimar ou for desligado acarretará uma maior intensidade de corrente elétrica total. Após o experimento, houve uma maior percepção de sua parte sobre esta conclusão?

- () Sim.
- () não.
- () Mais ou menos.

QUESTIONÁRIO 3

Marque a alternativa que corresponde a sua opinião sobre o Produto realizado em sala de aula.

01. Você acredita que o Produto, composto pelos sete (7) experimentos, deu uma motivação complementar para análise dos conceitos explanados na aula tradicional?

- () Sim.
- () Não.
- () Mais ou menos.

02. Em sua opinião, a utilização do Produto é um instrumento educacional que ajuda complementando a aula tradicional?

- () Sim.
- () Não.
- () Mais ou menos.

03. Em sua opinião, a utilização do Produto constitui uma ferramenta educativa inovadora dos conceitos físicos explanados na aula tradicional?

- () Sim.
- () Não.
- () Mais ou menos.

04. Com relação aos conceitos físicos vistos na aula tradicional, e considerando a realização dos experimentos, você diria que este Produto é instrumento educativo facilitador e reforçador da respectiva teoria estudada?

- () Sim.

- Não.
- Mais ou menos.

05. O Produto é composto de sete (7) experimentos realizados em sala. Em sua opinião, ele

- não estava de acordo com a teoria vista na aula tradicional.
- estava de acordo com a teoria vista na aula tradicional, porém contribuiu mais ou menos para o meu aprendizado.
- estava de acordo com a teoria vista na aula tradicional e facilitou meu entendimento dos conceitos físicos vistos na aula tradicional.

06. Quando foi dito que faríamos experimentos elétricos com o objetivo de reforçarmos os conceitos físicos abordados em sala de aula, você ficou curioso para saber como seria. O Produto superou suas expectativas?

- Sim.
- Não.
- Mais ou menos.

07. Qual conceito você atribuiria a este Produto?

- Muito bom.
- Bom.
- Regular.
- Ruim.

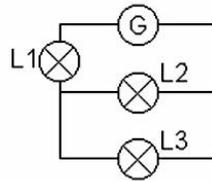
Anexo A

Questões Vestibulares

A seguir mostramos cinco questões vestibulares produzidas em anos diferentes que abordam o conceito de associação mista de resistores. Tais problemas servem como aplicações dos experimentos realizados.

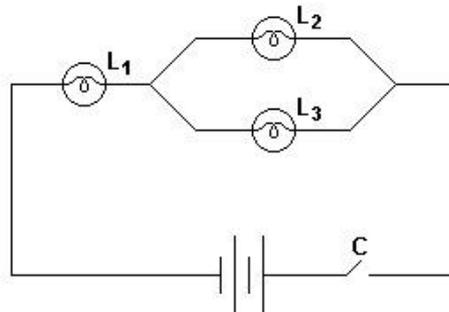
01. (ONF-2000) IDEIAS LUMINOSAS ...

Considere o circuito a seguir esquematizado, em que G representa um gerador de tensão constante:



Se as lâmpadas forem todas iguais, diga, justificando, o que acontece, ao desenroscar a lâmpada L_3 , à intensidade luminosa de L_1 e de L_2 . Admita que a intensidade luminosa é proporcional à potência dissipada na lâmpada.

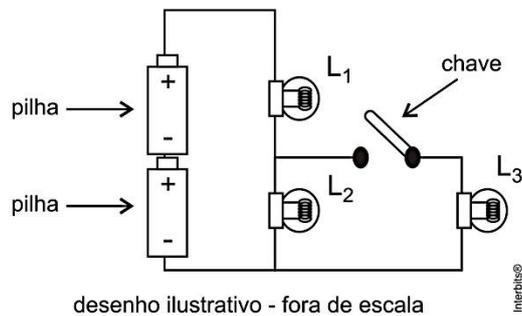
02. (UFSCAR-2003-Modificado) Na associação da figura, L_1 , L_2 , e L_3 são lâmpadas idênticas. A fonte de tensão constante e contínua tem valor nominal de 12 V.



Ao ligar a chave C, observa-se que

- (A) todas as lâmpadas brilham com a mesma intensidade.
- (B) L_2 , e L_3 têm o mesmo brilho, menos intenso do que o brilho de L_1 .
- (C) L_2 , e L_3 têm o mesmo brilho, mais intenso do que o brilho de L_1 .
- (D) L_1 , L_2 , e L_3 têm brilhos de intensidades decrescentes, nessa ordem.
- (E) L_1 , L_2 , e L_3 têm brilhos de intensidades crescentes, nessa ordem.

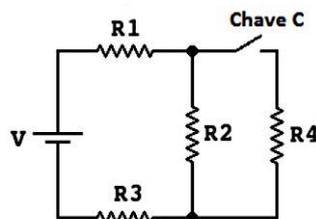
03. (AMAN-2014) O circuito elétrico de um certo dispositivo é formado por duas pilhas ideais idênticas, de tensão "V" cada uma, três lâmpadas incandescentes ôhmicas e idênticas L_1 , L_2 e L_3 , uma chave e fios condutores de resistências desprezíveis. Inicialmente, a chave está aberta, conforme o desenho abaixo.



Em seguida, a chave do circuito é fechada. Considerando que as lâmpadas não se queimam, pode-se afirmar que

- (A) a corrente de L_1 aumenta e a L_2 diminui.
- (B) a corrente de L_1 diminui e a de L_3 aumenta.
- (C) a corrente de L_3 diminui e a de L_2 permanece a mesma.
- (D) a corrente de L_1 diminui e a corrente de L_2 aumenta.
- (E) a corrente de L_1 permanece a mesma e a de L_2 diminui.

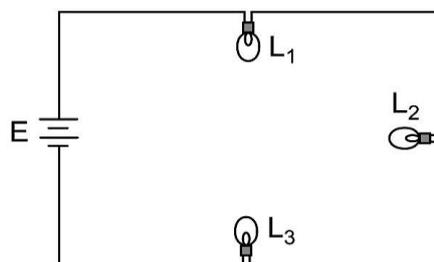
04. (IFMG-2016) Matheus, estudante do IFMG, monta um circuito com quatro lâmpadas idênticas (representadas pelas resistências R_1 , R_2 , R_3 e R_4) e uma bateria ideal de tensão V . Inicialmente a chave C está aberta, como representado a seguir.



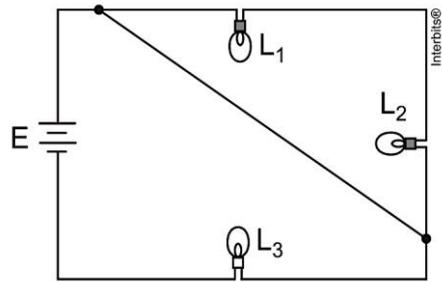
Matheus analisa o circuito antes e depois da chave C ser ligada. Após o fechamento da chave C , Matheus verifica que:

- (A) a bateria passa a fornecer uma tensão maior.
- (B) a corrente que atravessa a lâmpada R_3 diminui.
- (C) a corrente que atravessa a lâmpada R_2 diminui.
- (D) um curto-circuito se estabelece no circuito.
- (E) um circuito aberto se estabelece no circuito.

05. (UERJ-2013-Modificado) Em uma experiência, três lâmpadas idênticas $\{L_1, L_2, L_3\}$ foram inicialmente associadas em série e conectadas a uma bateria E de resistência interna nula. Cada uma dessas lâmpadas pode ser individualmente ligada à bateria E sem se queimar. Observe o esquema desse circuito, quando as três lâmpadas encontram-se acesas:



Em seguida, os extremos não comuns de L_1 e L_2 foram conectados por um fio metálico, conforme ilustrado abaixo:



A afirmativa que descreve o estado de funcionamento das lâmpadas nessa nova condição é:

- (A) As três lâmpadas se apagam.
- (B) As três lâmpadas permanecem acesas.
- (C) L₁ e L₂ se apagam e L₃ permanece acesa.
- (D) L₃ se apaga e L₁ e L₂ permanecem acesas.
- (E) L₁ se apaga e L₂ e L₃ permanecem acesas.