
LABORATÓRIO CASEIRO – PÁRA-RAIOS: UM EXPERIMENTO SIMPLES E DE BAIXO CUSTO PARA A ELETROSTÁTICA^{†*}

Carlos Eduardo Laburú¹

Osmar Henrique Moura da Silva

Departamento de Física – Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR

Marcelo Alves Barros

Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo
São Carlos – SP

Resumo

Com o objetivo de contribuir para tornar significativa a aprendizagem científica, este trabalho propõe um experimento simples e de baixo custo para demonstrar conhecimentos de eletrostática estudados no Ensino Médio. A proposta experimental tem, ainda, a preocupação de enfatizar o conteúdo, ligando-o ao cotidiano tecnológico. Sendo assim, devido ao interesse prático que possa despertar no aluno, apresentamos o funcionamento de um idealizado pára-raios, de modo a aplicar conhecimentos escolares de eletrostática, mostrando que os mesmos podem ter uma utilidade importante no dia-a-dia e que não permanecem como uma abstração desligada ou distante da realidade.

Palavras-chave: *Experimento; baixo custo; eletrostática; pára-raios.*

[†] Lightning rod: a simple and low cost experiment for electrostatics

* *Recebido: março de 2007.
Aceito: outubro de 2007.*

¹ Com auxílio parcial do CNPq, Fundação Araucária e FAEPE/UEL.

Abstract

With the objective of contributing to make significant the scientific learning, this work suggests a simple and low-cost experiment to demonstrate electrostatics knowledge studied in High School. The experimental proposal has yet the concern of focusing the content, linking it to daily technological elements. Doing that, and due to the practical interest it can arouse in student, we presented the operation of an idealized Lightning Rod to apply in electrostatics school knowledge and to show that the same one can have an important day by day usefulness and it cannot be a turned off abstraction or distant from the reality.

Keywords: *Experiment; low-cost; electrostatics; lightning rod.*

I. Introdução

Os experimentos didáticos denominados de “baixo custo”¹ vêm, há tempos, sendo uma linha de desenvolvimento de aparelhos e experimentos didáticos muito empregada no ensino de Física. O prefácio de uma obra do século XIX diz que, após dez anos da publicação no jornal *Natureza*, em Paris, da primeira notícia sob o título de “Física sem aparelhos”, estava-se longe de suspeitar o interesse que a idéia de fazer experiências de Física, não com aparelhos especiais, mas por meio de objetos de uso comum, que todo mundo tem ao alcance das mãos, ou de fácil aquisição, iria despertar (TISSANDER, 1893).

Em vários trabalhos que tratam do laboratório didático são encontradas diversas posições que justificam a atividade experimental escolar, podendo elas serem reunidas em quatro categorias de ordem “epistemológica”, “instrucional”, “motivacional” e “funcional” (LABURÚ, 2005; SÉRÉ, 2002). No que interessa à nossa discussão, a categoria funcional prioriza aspectos ligados à parte física da atividade empírica. Leva em conta as características e propriedades inerentes ao material, como também a sua adequação para uma real implementação em sala (LABURÚ, 2005). Todavia, considerações ligadas a essa categoria justificam, muitas vezes, uma recalcitrância ao emprego de experimentos no ambiente escolar. Alguns aspectos de ordem funcional apontam dificuldades no uso de experimentos que dizem respeito, por exemplo, à necessidade de envolvimento de grandes equipamentos, ao imperativo dos laboratórios serem bem equipados, terem alto custo

de aquisição e manutenção, serem obrigados a recorrer a assistentes especialistas, à necessidade de haver espaço próprio para realização de experimentos (WHITE, 1996, p. 761), à inexistência de material para salas com grande número de alunos (TRUMPER, 2003), de não haver tempo suficiente para preparação dos experimentos, ao consumo de elevado tempo proporcionado pela atividade experimental e que poderia ser gasto com outras atividades didáticas que se imaginam mais efetivas para a aprendizagem, ao laboratório não estar sempre à disposição quando o professor precisa (TSAI, 2003, p. 855), aos resultados experimentais não serem sempre confiáveis, etc. Em Trumper (2003, p. 654), vemos uma observação, agora de ordem instrucional, que aponta que em laboratórios com materiais delicados e caros é problemático utilizar estilos de instrução baseados em investigação e o estilo “receita de cozinha” ou “passo a passo”, torna-se o mais adequado, senão o único possível para este fim. Em um trabalho que compara professores e alunos a respeito dos diferentes focos e propósitos do laboratório, Tsai (2003) conclui, particularmente, que a preferência por melhores equipamentos e materiais é uma idéia mais atribuída aos professores do que aos alunos. Em um direcionamento com inclinação também de ordem instrucional, vemos em Hirvonen & Viiri (2002, p. 306), Hodson (1994), Tsai (2003, p. 847) e Trumper (2003, p. 648), entre outros trabalhos, a crítica à concepção que diz que as atividades de laboratório devem servir para aprender discutíveis habilidades específicas e ajudar a apreender conceitos, concluindo-se que pouco *insight* se ganha para a maioria destes últimos ou em relação aos processos de construção.

Diante disso, são compreensíveis as observações de que, freqüentemente, o laboratório é excluído ou não enfatizado dentre as atividades didáticas (THORNTON apud TRUMPER, 2003, p. 654) ou que é um luxo que geralmente não dá para custear (TRUMPER, 2003, p. 645).

O interesse dos desenvolvedores de equipamentos e experimentos de baixo custo é de resolver as dificuldades mencionadas. Para mostrar algumas soluções baseadas nessa proposta, podemos de pronto citar o baixo custo de manutenção, a reposição imediata e a facilidade de manuseio. Além de não apelar para desenvolver habilidades específicas de valor duvidoso, como dito, as destrezas manuais envolvidas com a construção dos equipamentos e realização operacional dos experimentos de baixo custo são planejadas para estar ao alcance de professores e alunos. Essa condição favorece a relação de ambos com os materiais, na medida em que não há dificuldades para trabalhar com eles. Do lado do professor, tem-se a segurança de trabalhar com equipamentos de seu completo domínio, tanto no que se refere à manipulação como à teorização envolvida com o mesmo. Do lado dos

alunos, além da característica anterior também estar presente, a atividade experimental permite deslocar a concentração para a relação experimento-teoria e não para a necessidade de dominar técnicas e manejo de instrumentos, muitas vezes, do tipo caixa-preta, que carrega um temor implícito de impotência, devido à incompreensão de seu funcionamento, sendo este um elemento de desmotivação. Com isso, o aluno permanece com sua atenção voltada para o aprendizado da teoria e ao seu uso na interação com a realidade, deixando de se preocupar com o funcionamento e a operação do equipamento, e não se esquecendo do objetivo primário da atividade empírica que se mantém ligada ao conteúdo estudado ou a estudar. Logo, os equipamentos e experimentos de baixo custo, por serem simples, são também fáceis de compreender; isto permite que o sujeito fique motivado e concentrado, prioritariamente, na relação teoria e observação e na aplicação conceitual, e não em aprender o funcionamento ou a operação do equipamento. Com raciocínio próximo a este, mas com outras palavras, Lavoven et al. (2004) indicam que uma ênfase em equipamentos simples permite desmistificar o fenômeno criado pelo equipamento sofisticado.

Dentre outras qualidades dos experimentos de baixo custo, constatamos que a exceção ligada à segurança imposta para se trabalhar certos conteúdos (p.ex., fogo em termologia), a maioria das propostas prescinde de laboratório ou assistente. Geralmente, as atividades podem ser realizadas em ambientes alternativos ao laboratório, inclusive, aproveitando a própria sala de aula. Por outro lado, pela facilidade dos materiais poderem ser construídos em casa pelos próprios alunos, a necessidade de manutenção e assistentes de laboratório não é uma condição imprescindível para que os experimentos se realizem. Tal encaminhamento também é uma saída à questão do tempo de preparação das atividades experimentais reclamada pelos professores que, por meio de uma explicação básica, são capazes de orientar os alunos para o que desejam. Alguns elaboradores de baixo custo vêem como importante que o próprio aluno construa seus materiais. Observam nisso uma oportunidade de aprimorar habilidades manuais e, acima de tudo, um maior cuidado do estudante com o material por ele construído.

É preciso que se diga que trabalhar com materiais de baixo custo não significa estar limitado à baixa tecnologia. Como se podem ver divulgadas neste periódico, existem propostas experimentais nessa linha que empregam apontadores laser, sucata de visores de cristais líquidos, LED, etc., que, afóra a sua acessibilidade econômica, têm a facilidade de ser encontrados no mercado.

Então, dentro do contexto de experimentos de baixo custo, apresentamos um experimento simples sobre pára-raios. O assunto abarca o conteúdo de eletros-

tática do Ensino Médio e envolve os conceitos de eletrização, indução elétrica, ionização e, particularmente, o efeito de pontas. A motivação deste experimento não se limita a conseguir demonstrar na prática os conceitos anteriores, mas em conseguir uma importante aplicação tecnológica ao estudo da eletrostática e que toma parte do dia-a-dia das pessoas.

O professor Norberto Cardoso Ferreira do IFUSP de São Paulo foi o idealizador de um conjunto variado de experimentos de baixo custo nos quais procurava adicionar um caráter lúdico às suas criações. Foi responsável por formar uma geração de seguidores que se identificaram com essa perspectiva de instrumentação para o ensino de Física, entre os quais se inclui um dos autores deste trabalho. A idéia original do aparelho que apresentaremos deve ser creditada a esse professor. Todavia, o nosso objetivo aqui não se limita a divulgar o seu equipamento e experimento, reunindo-os a uma explícita articulação teórica, mas, fundamentalmente, procura mostrar uma possibilidade nova de utilização do mesmo, apresentando alternativas complementares de usá-lo e de aplicar os conhecimentos da Física para explicá-lo. Nesse sentido, pensamos estar não só aumentando a divulgação de idéias do professor, mas tentando contribuir para desenvolvê-las.

Como veremos na seqüência, o experimento por nós sugerido é baseado no eletroscópio de papelão (razoavelmente duro para ficar estável, quando em pé) com formato de igreja (Fig. 1). Em sua concepção original foi proposto especialmente mostrar o efeito ou o poder das pontas, associando-o à importância de um “pára-raios”. As aspas sobre o pára-raios aqui indicam que o experimento proposto vai ser modificado para aproximá-lo de um modelo mais próximo da finalidade social desse instrumento e, portanto, da realidade. Como veremos então, propomos trabalhar a idéia de efeito de pontas para aplicá-lo ao funcionamento de um Pára-raios (agora sem aspas) como protetor de descargas elétricas atmosféricas. Para isso, adicionamos ao equipamento mais um eletroscópio, bem abaixo na igrejainha, representando uma pessoa, e um fio terra, conforme a Fig. 2.

II. Construção

Material Necessário

- Cartolina americana ou qualquer cartolina dura;
- Canudinho de refresco;
- Saco plástico de lixo ou uma chapa de plástico limpa de tamanho de um papel sulfite, aproximadamente;
- Colchetes nº 13;

- Copinho plástico de café;
- Tiras de papel metálico usado para embrulhar chocolate ou ovo de Páscoa (não se deve usar o papel metálico de cozinha para embrulhar alimentos, pois são muito espessos).
- Fio ou arame metálico bem fino;
- Um alfinete
- Fita adesiva tipo Mágica;
- Papel toalha ou higiênico;
- Cola tipo bastão;
- Gesso odontológico;
- Clips;
- Saco de lixo;
- Um pedaço de metal (p.ex., uma tesoura de costura).

Igrejinha do Professor Norberto

Eletroscópio (Fig. 1a) – A parte referente ao ponteiro indicador do eletroscópio é feita com uma tira de papel metálico, um clipe e cola. Devemos cortar uma tira de papel metálico com, aproximadamente, 3 cm de comprimento e 2 mm de largura. Em seguida, uma extremidade dessa tira deve ser encurvada e colada (cola tipo bastão) em si própria de modo a formar um pequeno arco para que nele se passe com folga o arame de um clipe. Considerando a extensão desse pequeno arco, a tira deve ficar com aproximadamente 2,5 cm de comprimento. Cortar um clipe com o alicate para obter um arame em formato de U, com 0,5 cm de largura e 1 cm de altura, aproximadamente. Deste formato, entortar um pouquinho as duas terminações verticais do clipe a fim de deslocar o seu segmento horizontal por volta de 0,5 cm da cartolina (ver suporte da Fig. 1a). A intenção é manter uma pequena distância entre a tira metálica e a superfície de cartolina para permitir maior sensibilidade do ponteiro. É importante encaixar a tira metálica no suporte de arame e verificar se ela oscila livremente.

Suporte (Fig. 1b) - O suporte do eletroscópio é feito com um copinho de café, um colchete e gesso. Perfurar o fundo do copinho de café com uma abertura para passar o colchete. A cabeça do colchete deve ficar no interior do copinho a uns 2 mm do fundo. Jogar um pouco de gesso até preencher a metade do copinho. Jogar água até umedecer todo o gesso. Após a secagem do gesso, teremos um apoio para encaixar o canudinho que suporta a igrejinha.

Igrejinha (Fig. 1c) - Na Fig. 1c encontram-se as dimensões sugeridas para o eletroscópio feito de cartolina. Em sua extremidade superior, o topo da torre, fixar um alfinete (para-raios) com fita adesiva. Um pouco abaixo deste, conforme a

figura 1c, acrescentar o ponteiro, fixando os segmentos verticais de arame do clipe na posição em U na cartolina com fita adesiva. Também com fita adesiva, fixar um pedaço de canudinho de, aproximadamente, 10 cm de comprimento atrás da igreja, de modo que o canudinho apresente um comprimento de 7 cm abaixo da posição central do lado inferior da igreja. Este comprimento sugerido procura evitar que a igreja fique muito instável.

Montagem completa (Fig. 1d) - Encaixar o canudinho da Fig. 1c no colchete da Fig. 1b.

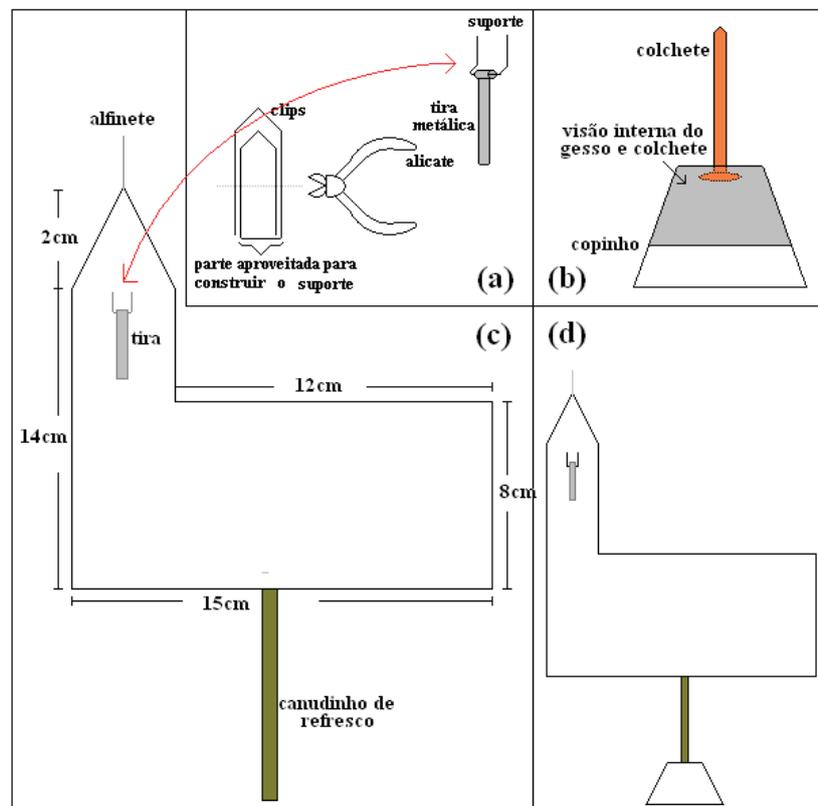


Fig. 1 - a) Montagem do eletroscópio (igrejinha); b) Construção do suporte; c) Dimensões aproximadas da igreja de cartolina, com as localizações do alfinete e eletroscópio; d) Aparelho completo.

III. Nossa proposta

A Fig. 2 abaixo apresenta a nossa proposta que complementa o eletroscópio da Fig. 1. Como é possível ver, ela conta com mais um ponteiro similar ao da torre da igrejinha que representa uma pessoa próxima ao prédio. A Fig. 2 também mostra um fio metálico que liga o alfinete a algum condutor de capacitância elevada, se comparada ao eletroscópio (por exemplo, uma tesoura metálica comum de costura). Essa ligação procura simular um real pára-raios.

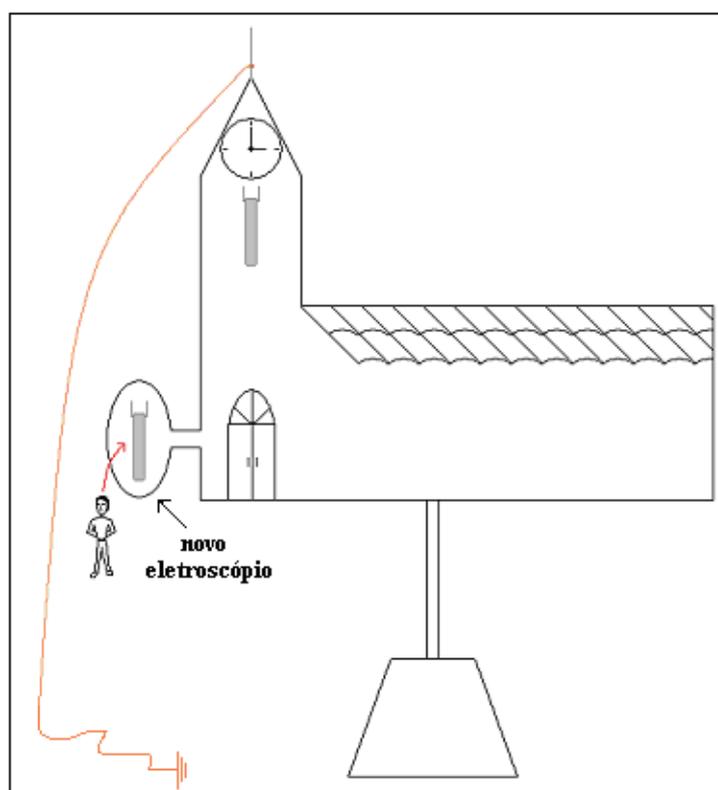


Fig. 2 - Proposta: acréscimo de uma pequena extensão oval da cartolina em sua lateral inferior com um ponteiro semelhante ao de cima da torre, representando uma pessoa, mais o aterramento no alfinete.

A igrejinha com a pessoa tem as mesmas dimensões da igrejinha anterior da Fig. 1c. e segue os mesmos detalhes de construção. Atrás do ponteiro complementar é possível desenhar um homenzinho para representar uma pessoa ao lado da igreja. Na igreja da Fig. 2 aproveita-se para desenhar também figuras de relógio, porta e telhado.

Algumas dicas adicionais de construção são importantes reforçar:

- a) Deixar as tiras metálicas dos eletroscópios próximas do corpo de papelão;
- b) Deitar a igrejinha para frente para verificar se as tiras metálicas dos eletroscópios estão girando livremente;
- c) Apenas adicionar um pouco de cola tipo bastão na ponta das tiras metálicas que são dobradas em torno dos cliques de modo a uni-las, a fim de formar um pequeno arco para girar livremente em torno dos cliques;
- d) Deixar a igrejinha bem na vertical;
- e) Não deixar as tiras metálicas próximas às bordas do eletroscópio.

IV. Procedimentos e explicação dos experimentos

Considerações iniciais

Originalmente, o experimento com o equipamento da Fig. 1 foi concebido para demonstrar a eletrização da igrejinha (eletroscópio) por meio do poder das pontas, um efeito que acontece em “para-raios”. Para isso, deve-se passar, algumas vezes, um canudinho eletrizado por atrito num movimento de vai e vem sobre o eletroscópio (igreja), próximo ao alfinete, sem tocá-lo. Deixamos para a subseção seguinte, junto à igrejinha da Fig. 2, a explicação deste procedimento. Antes de mais nada, porém, é preciso comentar as seguintes ações para um apropriado funcionamento do aparelho. Primeiramente, é sempre importante ter canudinhos de refresco novos. Com o uso, ou mesmo apenas pela ação do tempo, os plásticos se alteram e começam a não mais eletrizar de forma apropriada, inclusive, tornando-se condutores para as tensões envolvidas nesses tipos de experimentos. Assim, o canudinho usado como suporte da placa de cartolina pode não segurar mais as cargas sobre a placa, devendo ser trocado com o tempo. Raramente também acontece de algumas marcas de canudinhos não serem tão boas para eletrizar. Para se certificar da qualidade eletrostática do canudinho a ser usado, sugerimos que sua eletrização – eletrização por atrito –, siga os seguintes passos: 1) Segurar o canudinho diretamente com uma mão, pela ponta, e, próximo a esta, envolver uma parte do canudo com um pedaço pequeno de papel higiênico dobrado ou papel

toalha, segurando e pressionando o papel firmemente contra o corpo do canudo com os dedos da outra mão; 2) Com um ou outro movimento rápido, atritar o papel contra o canudinho até os dedos da segunda mão saírem da ponta livre do canudo; 3) Aproximá-lo de uma parede e verificar se ele é atraído e gruda fortemente, sem cair, quando solto. Quando isso acontecer significa que o canudinho e, “provavelmente”, toda a amostra de canudos deve ser apropriada para experimentos de eletrostáticaⁱⁱ. Esses procedimentos também devem ser usados para realizar os experimentos. Note-se que, conforme o procedimento 2, não é necessário ficar atritando várias vezes o canudinho para eletrizá-lo convenientemente por atrito.

É normal testar previamente o funcionamento de qualquer modelo de eletroscópio feito com papelão, eletrizando-o por contato. Para isso, esfrega-se todo o corpo do canudinho eletrizado por atrito sobre uma borda qualquer da cartolina; o procedimento de apenas encostar o corpo ou tocar a ponta do canudo na lateral da cartolina é insatisfatório para transferir cargas. Toda vez que se passar o canudinho pela borda, é necessário que novamente se proceda a sua eletrização, seguindo os procedimentos 1 e 2 acima. Cada esfregão do canudinho pela borda descarrega-o, devido à passagem das suas cargas para o eletroscópio. Como a capacitância deste último é grande, se comparada ao da fonte de cargas (canudinho eletrizado), devemos normalmente refazer esse procedimento até o ponteiro ou os ponteiros do eletroscópio alcançarem a maior elevação possível. Apesar da baixíssima corrente elétrica envolvida, a tensão eletrostática é alta, fazendo com que o papelão se comporte como um condutor elétrico. Todavia, a tensão é insuficiente para os canudos de plástico deixarem de se comportar como isolantes.

Precisa-se advertir que experimentos de eletrostática, para funcionarem de forma adequada, dependem das condições de tempo, apesar desses materiais funcionarem perfeitamente em países úmidos, como o Brasil, e funcionarem melhor do que os kits importados, que foram planejados para outras condições climáticas, necessitando de acessórios extras para eliminar a umidade. No entanto, se a umidade do ar for muito alta, as melhores condições de trabalho para realizar as sugestões e observar os efeitos comentados abaixo podem ser parcialmente prejudicadas e mais difíceis de notar.

Experimento do pára-raios: sem o fio-terra

A experiência com a igrejinha da Fig. 2 deve ser conduzida da seguinte forma. Primeiramente, sem o fio-terra em contato com a igrejinha e num movimento de vai e vem, passa-se sobre ela, sem tocar no alfinete, um saco de lixo (usamos os de cor preta) eletrizado por atrito com os papéis recomendados.

Observa-se que ambas as tiras metálicas se elevam conjuntamente. A explicação para isso é que o saco de lixo, representando uma “nuvem negra” de chuva carregada de eletricidade, que adotamos como sendo de carga negativa (mas, que poderia ser também convencionalizada de positiva, sem prejuízo para o raciocínio desenvolvido), ao passar rente sobre o alfinete transfere cargas negativas para a igreja, conforme a Fig. 3a. Nota-se, por essa figura, que a concentração de cargas positivas, por indução da nuvem, é muito grande na ponta do alfinete. Isso procura indicar que na região em torno do alfinete há um elevado campo ou potencial elétrico, se comparado às outras partes do eletroscópio. A Fig. 3a também procura indicar que há um fenômeno de indução ocorrendo. Tal fato é mostrado pelas cargas negativas do próprio eletroscópio e da nuvem sendo repelidas para o mais longe da fonte negativa (nuvem). Pela Fig. 3a, igualmente se vê que há um excesso de cargas negativas sobre a igreja. Como a igreja estava neutra no início, é óbvio que o excedente de cargas negativas só pode ter sido transferido pela nuvem, indicando que está havendo descarga elétrica sobre a igreja. Essa descarga é o equivalente a um raio de uma nuvem sobre a Terra, um prédio, ou sobre o que estiver na superfície do planeta. Devido ao efeito de pontas, as descargas elétricas das nuvens ocorrem, preferencialmente, sobre superfícies pontiagudas como árvores, torres de igrejas, etc., ou em pessoas em pé em um campo plano e vazio ou próximo aos objetos mencionados.

A constatação de que ocorreu transferência de cargas entre nuvem e igreja pode ser vista após afastarmos o saco plástico de lixo (Fig. 3b). As duas tiras metálicas móveis ficam levantadas, indicando que houve eletrização do eletroscópio por descarga (raio) do plástico (nuvem). É de se notar que o homenzinho anexo, representado pela tira metálica inferior, sofre o efeito indesejado do raio, pois as cargas negativas da nuvem estão também sobre ele. A razão para as cargas negativas da nuvem se conservarem na igreja se deve ao canudo suporte da igreja. Idealmente falando, este, assim como o ar no entorno, isola do ambiente o eletroscópio, impedindo que a carga transferida pelo plástico tenha um ponto de fuga. A Fig. 3b procura mostrar a distribuição final das cargas negativas sobre a igreja e a pessoa (eletroscópio duplo) após a passagem da nuvem. A mesma Fig. 3b busca representar a maior concentração de cargas, agora negativa, na agulha e na região dos ponteiros onde o eletroscópio aparece mais pontiagudo. Rigorosamente, sempre em uma borda ou ponta deveria haver uma maior concentração de cargas (densidade superficial de cargas).

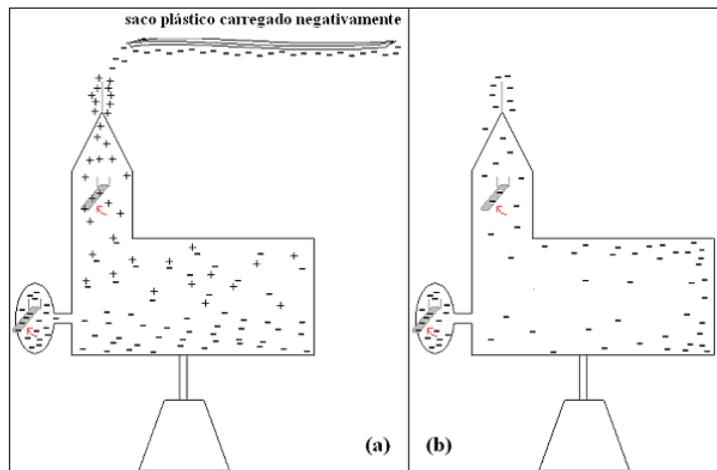


Fig. 3 - a) Processo de eletrização por ionização: Nuvem carregada (saco plástico) passando sobre a igrejinha; b) Distribuição de cargas sobre o eletroscópio, após a retirada do elemento indutor (plástico).

O mecanismo de descarga elétrica entre a nuvem e a igrejinha na Fig. 3a se dá por ionização do ar, devido ao campo elétrico muito intenso na região do alfinete (pára-raios). Esse campo é responsável por acelerar os elétrons livres presentes no gás (ar), no entorno da agulha. Após adquirirem suficiente energia cinética, os elétrons se chocam com as moléculas do gás, produzindo sua ruptura dielétrica, ou seja, um raio. Devido à baixa amperagem, esse raio é invisível no experimento. Mas seu equivalente pode ser visto e ouvido em quartos escuros, com os olhos já “acostumados” à escuridão. Quando se tira uma roupa de lã sobre camisa de nylon, por exemplo, em dias secos e frios, pode-se observar a luminosidade e o barulho (pequenos trovões) produzido pela eletrização por atrito das roupas.

A despeito de sugerirmos usar um saco plástico de lixo dobrado, o experimento também pode ser feito com canudinho ou com chapas plásticas duras que são mais fáceis de manipular. A desvantagem do canudinho é sua baixa capacitância, o que obriga a eletrizá-lo mais de uma vez para mostrar o efeito desejado, mas certas chapas são muito convenientes em razão de facilitarem a manipulação.

Outra observação que pode ser feita e que se sobrepõe ao que o efeito de pontas quer mostrar, podendo confundir, refere-se ao fenômeno de indução.

Podemos simplesmente induzir cargas no eletroscópio sem que haja transferência de cargas. Se retirarmos a agulha ou afastarmos suficientemente o elemento indutor (canudinho, saco ou chapa plástica eletrizadas) de cima da mesma - o que significa diminuir o efeito de pontas e assim o campo elétrico - podemos observar que há indução de cargas, pois as tiras metálicas se levantam, sem haver transferência. O fenômeno é de simples indução porque após a passagem do elemento indutor as tiras metálicas do eletroscópio permanecem em sua posição de descanso, evidenciando que o eletroscópio continua neutro, como antes da passagem da fonte de cargas. Uma representação pictórica que mostrasse uma pura indução eletrostática se diferenciaria da Fig. 3a só no quesito “igualdade das cargas”. Ou seja, a quantidade de cargas positivas e negativas na figura seria a mesma, permitindo a recombinação completa após a passagem do elemento indutor.

Experimento do pára-raios: com o fio terra

Como dissemos, a descarga elétrica (raio) sobre a igreja acontece devido ao efeito de pontas e o homenzinho é afetado por ela. Para o pára-raios funcionar a contento, devemos aterrá-lo. Para isso, conectamos com um fio metálico fino a agulha em um ponto-terra (aterramento) que pode ser um alicate ou uma tesoura metálica colocada próxima ao chão da igreja ou qualquer material condutor, como a estrutura metálica de uma cadeira escolar. Podemos reparar agora que a passagem da nuvem carregada (saco ou chapa plástica ou canudinho eletrizado) não afeta mais a tira metálica do eletroscópio, representado pelo homenzinho. Apenas a tira metálica superior se levanta. A razão disso é que a nuvem (negativa), numa situação limite idealizada, somente induz cargas positivas na parte de cima da igreja, pois as negativas têm um ponto de fuga pelo fio terra (Fig. 4). Portanto, apesar de estar havendo descarga sobre o pára-raios da igreja (e, no nosso caso, sobre a própria igreja, ainda que os pára-raios verdadeiros estejam isolados dos prédios para garantir maior segurança) este, por estar aterrado, assegura proteção para o homenzinho abaixo, fazendo com que o raio seja conduzido do alfinete em direção à Terra ou vice-versa, pois a direção depende do sinal da carga elétrica da nuvemⁱⁱⁱ.

Como última observação, em dias secos, com bons materiais e adequada construção, observa-se uma leve movimentação da lâmina de baixo (homenzinho). Ela é devida à atração elétrica direta da nuvem, ocasionada pela força elétrica sobre a fraca, mas ainda existente, distribuição das cargas positivas na parte inferior do eletroscópio.

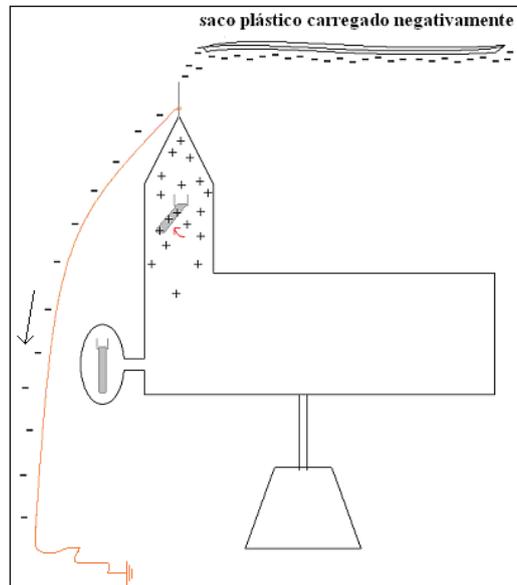


Fig. 4 - Ilustração idealizada do processo de aterramento da descarga elétrica (raio) que demonstra a proteção do homenzinho.

V. Conclusões

Este trabalho procurou apresentar um experimento simples e de baixo custo para aplicar conhecimentos de eletrostática. Espera-se que este experimento interessante contribua para despertar a atenção dos aprendizes ao dar condições de verificar os conteúdos abstratos da eletrostática e permitir unir o assunto tratado a aspectos tecnológicos, de forma a promover a busca por uma alfabetização científica mais efetiva.

Bibliografia

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física – Eletricidade, Magnetismo e Óptica – Parte II**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1968.

HIRVONEN, P. E.; VIIRI, J. Physics student teachers' ideas about the objectives of practical works. **Science & Education**, v. 11, p. 305-316, 2002.

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

LABURÚ, C. E. Seleção de Experimentos de Física no Ensino Médio: Uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 1-19, 2005.

LAVOVEN, J.; JAUHAINEN, J.; KOPONEN I. T.; KURKI-SUONIO, K. Effects of long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 3, p. 309-328, 2004.

SÉRÉ, M-G. Towards renewed research questions from the outcomes of the european project labwork in science education. **Science Education**, v. 86, p. 624-644, 2002.

TISSANDER, G. **La physique sans appareils**. Paris, 1893.

TRUMPER, R. The physics laboratory – a historical overview and future perspectives. **Science & Education**, v. 12, p. 645-670, 2003.

TSAI, C-C. Taiwanese science students' and teachers' perceptions of laboratory learning environments: exploring epistemological gaps. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 7, p. 847-860, 2003.

WHITE, R., T. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

i Aqui evitamos a denominação de experimentos de sucata. Essa designação, além de poder passar uma conotação pejorativa ou preconceituosa, igualmente incorre num erro conceitual, pois muitos materiais de baixo custo são comprados e devem ser necessariamente novos, como veremos.

ii Notamos canudinhos de uma mesma amostra com cores diferentes se diferenciando com o tempo, quanto à qualidade eletrostática.

iii Pode-se estender o resultado deste experimento para a importância do aterramento dos aparelhos eletrodomésticos. Como se constata pela baixa influência no homenzinho que está em contato direto com a carcaça do eletroscópio, o aterramento assegura uma proteção essencial às descargas ou aos contatos elétricos indesejáveis.