

## MODELO DE UM PÁRA-RAIOS EM CUBA ELETROLÍTICA\*

Carlos Alberto Ribeiro e Philippe Brosson  
Instituto de Física "Gleb Wataghin" UNICAMP

### 1. INTRODUÇÃO

De uma maneira geral no ensino de Física parece ser mais proveitoso para o estudante, sempre que for possível, demonstrar conceitos novos através de experiências que representam algum fenômeno familiar.

No início dos cursos de eletricidade é introduzido o conceito de campo elétrico. Como experiência de demonstração, faz-se o mapeamento de linhas de campo ou de equipotenciais e frequentemente se determinam essas linhas para configurações tais como dois cilindros, ou dois planos paralelos, que são modelos de estruturas que não fazem parte do conhecimento comum.

Como alternativa apresentamos o modelo de pára-raios, cuja montagem experimental é tão simples quanto as já mencionadas, mas com vantagem de se tratar de um assunto já conhecido pelo estudante. Além disto este modelo permite se extrair informações como por exemplo a evidência da proteção efetiva do pára-raios.

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

A parte experimental foi realizada fazendo-se o uso de uma cuba eletrolítica<sup>(1);(5)</sup> com uma solução de sulfato de cobre, na forma representada na figura 1. Nesta figura a barra 1 representa a região da atmosfera carregada eletricamente e que estaria a um potencial  $V_1$ , a barra 2 representa a "terra", com o potencial  $V_2$  e a lâmina 3 representa o pára-raios, também ao potencial  $V_2$  da terra. O comprimento da lâmina 3 deve ser tal que o campo elétrico, próximo à barra 1, seja paralelo a esta, dentro do erro experimental. O comprimento das barras 1 e 2 devem ser tais que o campo elétrico, nas suas extremidades (linha A da fig.2), seja uniforme, dentro do erro experimental.

As linhas equipotenciais foram determinadas usando-se um

\* Trabalho realizado com apoio financeiro de: Telebrás S/A, CNPq e FAPESP.

voltímetro de alta impedância ( $60k\Omega$ ) e tomando-se a "terra" como potencial de referência.

Foram obtidas as equipotenciais de 0,5 em 0,5 volt sendo que na região onde o campo elétrico tem maior variação foram obtidas equipotenciais de 0,1 em 0,1 volt para maior detalhe. O traçado das equipotenciais está reproduzido na figura 2.

Dentre os métodos para esta experiência descritos na literatura (1);(7), o apresentado foi usado por ser rápido e porque este artigo visa apenas apresentar a idéia do modelo do pára-raios, como uma experiência de laboratório, ficando a escolha do método a ser empregado para determinação das equipotenciais dependendo da disponibilidade de cada curso.

Todos estes métodos podem ser classificados em dois tipos: método do voltímetro\* ou método do zero. O método do zero tem a vantagem de não introduzir distorções nas equipotenciais mas ele não permite determinar diretamente o valor do potencial de cada equipotencial e conseqüentemente o valor do campo elétrico. Preferimos utilizar e sugerir o método do voltímetro porque ele fornece diretamente o valor do potencial de cada equipotencial e permite assim uma rápida determinação do campo elétrico local, dando assim a oportunidade ao estudante de aplicar a relação  $\vec{E} = -\text{Grad}(V)$ , de maneira compreensiva.

Caso não seja disponível um voltímetro de alta impedância o método do voltímetro introduzirá uma distorção desprezível nas equipotenciais com a condição de usar uma solução suficientemente concentrada, de maneira que a resistência média entre dois pontos na solução seja bem menor que a impedância do voltímetro.

### 3. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos pode-se, a partir do traçado das equipotenciais, inferir as seguintes conclusões:

- A uma certa distância (linha de campo A, fig.2) do pára-raios o campo elétrico é praticamente uniforme (com distorções menores do que 5% e que podem ser desprezadas), podendo se definir como "região de influência" do pára-raios um cilindro reto cujo raio da base mede de uma e meia a duas vezes a altura do pára-raios, ficando

\* O método chamado do voltímetro significa medida da diferença de potencial entre um ponto e uma referência.

este no centro da base. No caso presente este raio é 1,6 vezes a altura do pára-raios.

- Observa-se que o campo elétrico, cujas linhas terminam na ponta ou próximo à ponta do pára-raios, é muito intenso nesta região. Na nossa experiência o campo medido é 30 vezes mais intenso que o campo longe do pára-raios (valor do campo uniforme).

- Em uma região semi-esférica cujo centro é o pé do pára-raios e cujo raio é da ordem de 67% da altura deste, o campo elétrico é muito menos intenso do que o campo longe do pára-raios, o que constitui a proteção obtida com o uso do pára-raios\*.

#### REFERÊNCIAS\*\*

1. H.F.Meiners, Physics Demonstration Experiments, vol.II pag. 865 , The Ronald Press Co. N.Y. (1970).
2. G.Bruhat, Cours de Physique Générale - Electricité, pag.234, Masson et Cie, Paris (1959).
3. I.Estermann, ed. Methods of Experimental Physics, vol. I pag.445, Academic Press N.Y. (1959).
4. M.W.White & K.V.Manning, Experimental College Physics, pag. 164, McGraw Hill N.Y. (1954).
5. C.N.Wall, R.B.Levine & F.E.Christensen, Physics Laboratory Manual, pag.176, Prentice Hall, Inc. (1972) - 3a. edição.
6. C.H.Bernard, Laboratory Experiments In College Physics, pag.190, John Wiley & Sons, Inc. (1972) - 4a. edição.
7. D.Schiel, Revista de Ensino de Física, Vol.1, pag.6 (1979).
8. McGraw Hill, Encyclopedia of Science and Technology, vol.7. pag. 575, MacGraw Hill (1971).
9. The New Encyclopaedia Britannica - Macropaedia - Vol.10 pag. 970, Encyclopaedia Britannica, Inc. (1974).

---

\* É considerada como região protegida o espaço limitado por um cone cujo ápice é a ponta do pára-raios e cuja base tem o raio igual à altura do pára-raios<sup>(8)</sup>. No entanto esta suposição não é justificada cientificamente<sup>(9)</sup>.

\*\* O primeiro artigo brasileiro sobre cuba eletrolítica é de autoria de L.O.Orsi ni - publicado em "New Research Techniques In Physics" - Simpósio organizado pela Academia Brasileira de Ciências - SP e RJ - 1952, Anais publicados pela Academia. (Nota do Editor)

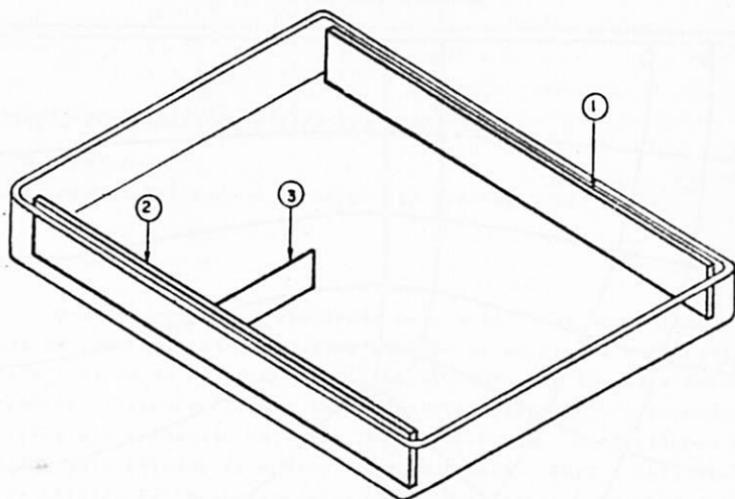


Fig.1 - Esquema da disposição dos eletrodos para o modelo do pãra-raios, onde a barra 1 representa a região da atmosfera carregada eletricamente, a barra 2 representa a terra e a lâmina 3 representa o pãra-raios. Foi utilizada uma cuba de 50x40 cm, com uma concentração de sulfato de cobre suficiente para obter uma resistênciã média da soluçãõ de 300 $\Omega$ . A experiênciã pode muito bem ser realizada com valores diferentes.

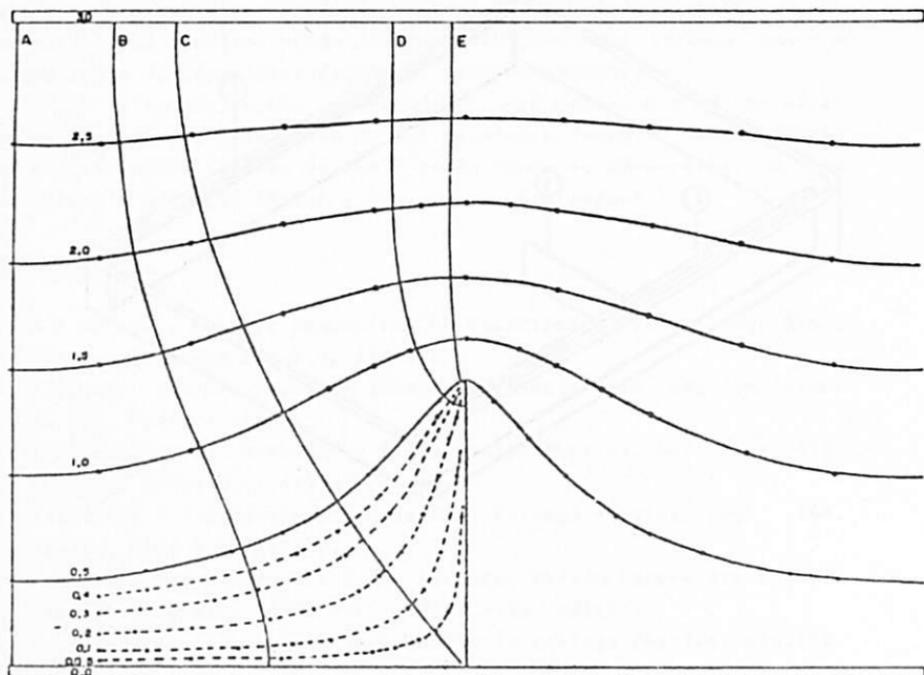


Fig.2 - Mapeamento das equipotenciais de 0,5 em 0,5 volt . As linhas de campo traçadas ilustram: A) o campo elétrico longe do pára-raios (uniforme); B) linha de campo cujo valor junto à "terra" é igual ao do campo uniforme; C) linha de campo onde o módulo do campo elétrico assume os menores valores (pé do pára-raios); D) e E) linhas próximas à ponta do pára-raios.