

Linhas Equipotenciais

Objetivos

Mapear as linhas equipotenciais produzidos por diferentes geometrias de carga elétrica.

Introdução: O conceito de campo

O conceito de campo é bastante geral e pode ser aplicado a diversas grandezas. Um campo é uma região do espaço onde alguma grandeza tem um valor definido em todos os pontos. Podemos falar no campo gravitacional terrestre que faz com que a toda cota H esteja associada uma determinada aceleração da gravidade g . A meteorologia pode fornecer dados como na figura 1, onde são mostradas a temperatura e pressão num determinado dia. Como tanto pressão quanto temperatura são grandezas escalares este campo é um campo escalar.

Ao examinar uma carta metereológica podemos encontrar uma maneira mais prática de mostrar esses dados da figura 1 como ilustrado na figura 2. Neste caso foi feito um "ajuste" dos dados por meio de linhas contínuas e temos as isobáricas e isotermas, como se percebe fica mais fácil visualizar a informação neste último caso.

Suponhamos que agora os metereologistas mediram a velocidade do vento. Como representar esta grandeza? Uma possibilidade é mostrada na figura 3, onde cada seta indica a direção e sentido do vento e o comprimento representa o valor da velocidade. Neste caso como a velocidade é uma grandeza vetorial e temos na figura 3 um campo vetorial.

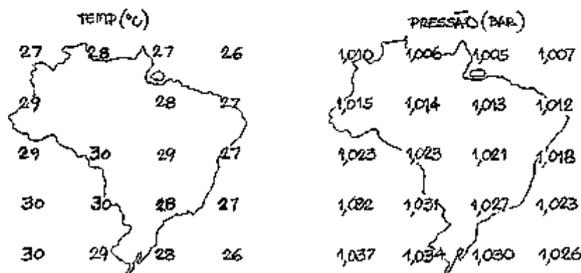


Figura 1 - Temperatura e pressão em diferentes pontos.

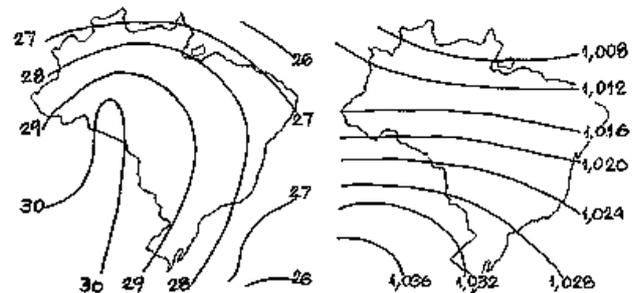


Figura 2 - Linhas isobáricas e isotermas



Figura 3 - Distribuição da velocidade do vento

Força, campo e potencial elétrico

Suponhamos que temos uma partícula positivamente carregada no vácuo e queremos conhecer suas características elétricas. Alguma forma tem que ser encontrada para interagir com esta partícula e a maneira mais simples é nos valermos de uma outra carga positiva, que será chamada de carga de prova, e pesquisar as relações com a carga inicial. A grandeza mais facilmente mensurável neste caso é a força de interação que sabemos ser proporcional às cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância de separação e na direção do vetor que une as duas cargas, isto é:

$$\vec{F}_{1,2} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{1,2}^2} \hat{r}_{1,2}$$

Podemos então descrever a partícula carregada em termos da força que seria exercida sobre uma carga de prova em qualquer ponto do espaço, a forma de visualizar isto seria através de linhas de força, que são tangentes à força em cada ponto do espaço. Um conceito que está intimamente ligado ao de força elétrica é o de campo elétrico, operacionalmente define-se o campo elétrico como,

$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_{1,2}}{Q_2} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q_1}{r^2} \hat{r},$$

portanto o campo elétrico é um vetor paralelo à força, porém com módulo Q_2 vezes menor.

A figura 4 mostra as linhas de campo elétrico de uma carga pontual $+Q$, $-Q$ e $+2Q$. Observe que a densidade de linhas de campo é proporcional à intensidade da carga elétrica.

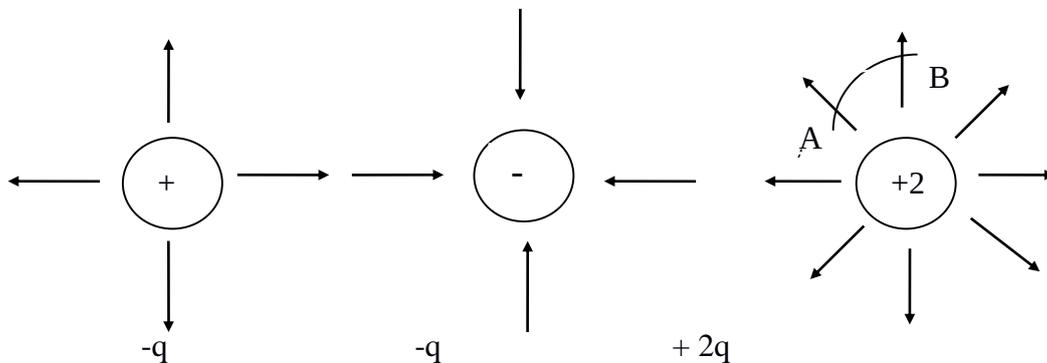


Figura 4 - Linhas de campo elétrico para diferentes cargas elétricas

Agora que temos uma visão das linhas de campo elétrico podemos fazer a seguinte pergunta: um agente externo realiza algum trabalho quando leva a carga de A até B pelo trajeto indicado na figura 4? A resposta é não, pois a força eletrostática, $\vec{F} = q \vec{E}$, é perpendicular à trajetória e consequentemente não existe trabalho realizado sobre o sistema e nem variação da energia potencial U . Portanto uma carga de prova colocada em qualquer ponto de um círculo concêntrico com a carga inicial possui a mesma energia potencial U , o que equivale dizer que este círculo é uma curva equipotencial pois o potencial é obtido através de $V=U/q$. Um ponto a se ressaltar é que o conhecimento do campo elétrico implica no conhecimento das linhas equipotenciais e vice-versa, e que ambas são perpendiculares entre si.

Materiais e métodos

Experimentalmente determinamos as superfícies equipotenciais de uma dada geometria de

cargas e depois encontramos as linhas de campo elétrico. O problema experimental consiste em como encontrar essas superfícies ou linhas equipotenciais.

Uma maneira prática é utilizarmos um aparelho (voltímetro ou multímetro) que mede a diferença de potencial ou ddp e procurarmos os pontos que não possuem ddp entre si ($ddp=0\text{ V}$) e assim determinamos as várias linhas equipotenciais. Para facilitar o nosso trabalho essas medições serão realizadas numa solução eletrolítica de CuSO_4 na qual estão imersos eletrodos simulando a distribuição de cargas que vamos mapear as equipotenciais. A figura 5 ilustra o arranjo experimental a ser montado.

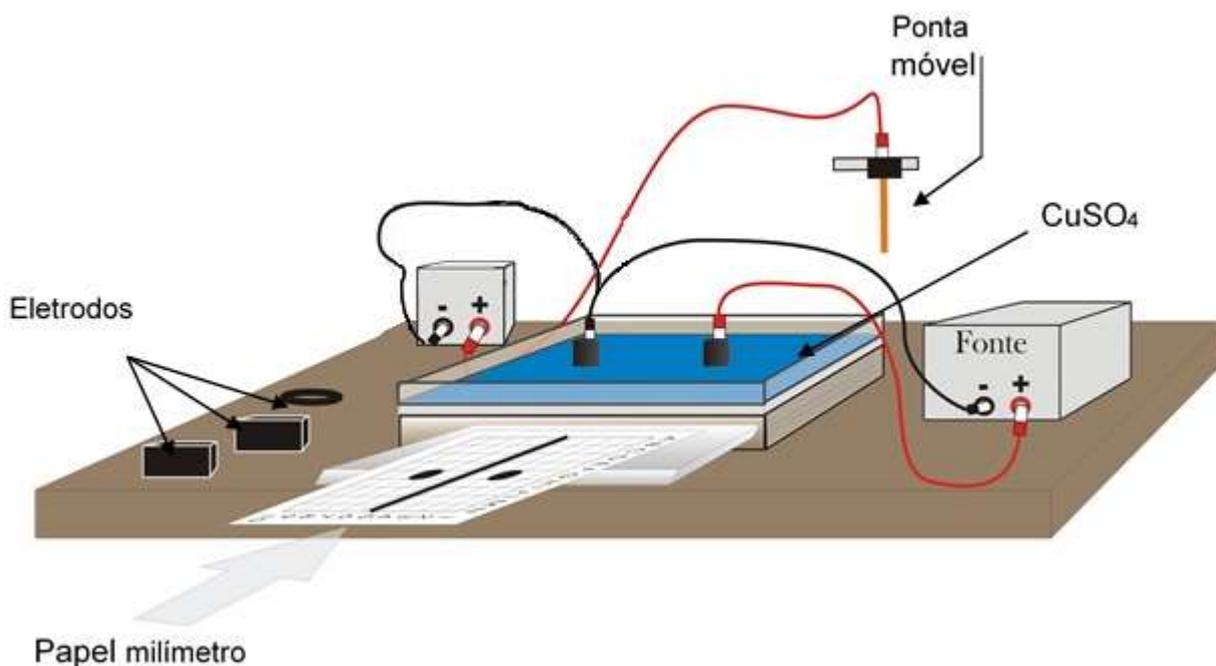


Figura 5 – Arranjo experimental para a determinação de linhas equipotenciais com os dois eletrodos cilíndricos.

Os materiais utilizados são uma fonte de alimentação, uma cuba, uma solução de CuSO_4 (sulfato de cobre), fios de conexão, pontas de prova, um galvanômetro, papel milímetro com as posições dos eletrodos marcadas, eletrodos metálicos e um voltímetro (não representado na figura 5).

Procedimento experimental

1. Insira o papel milímetro com as marcações circulares (que representam as posições dos eletrodos cilíndricos) na “gaveta” da cuba, e posicione os eletrodos cilíndricos sobre as marcações.
2. Conecte a alimentação da fonte (com 1V ajustado) nos eletrodos cilíndricos, e as pontas de prova do galvanômetro (+ e -) respectivamente nas pontas móvel e fixa, conforme figura 5.
3. Você dispõe de duas folhas de papel milímetro de cada configuração mostradas na figura 6. Uma foi inserida na cuba e sobre a outra será feito o “mapeamento” das linhas equipotenciais a lápis ponto a ponto.
4. Posicione a ponta fixa no eletrodo negativo, e em seguida procure com a ponta móvel o ponto central entre os eletrodos (0,5 V).
5. Mapeie todos os pontos da curva de 0,5 V.
6. Desloque a ponteira móvel e mapeie as demais curvas equipotenciais de 0,1 a 1,0 V.
7. Determine a posição das linhas de campo em relação as suas linhas equipotenciais e discuta a relação entre elas.

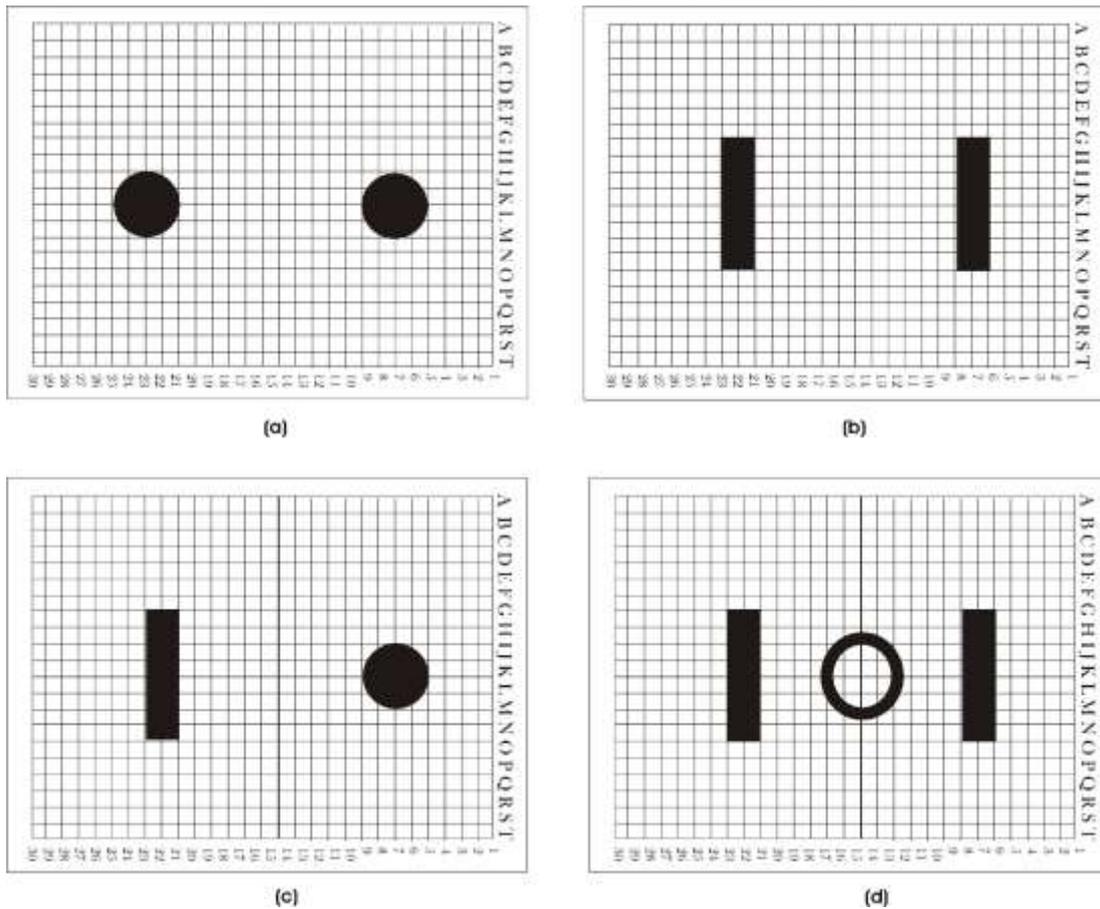


Figura 6 – Modelos de papel milímetro mostrando as posições em que devem ser posicionados os eletrodos. (a) dois cilindros; (b) duas barras; (c) barra e cilindro; (d) barra – anel – barra.

Bibliografia

TIPLER, P. A. O potencial elétrico. In: _____. Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e magnetismo, ótica. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. v. 2. p. 60-86.