

CONDUTOR EM EQUILÍBRIO

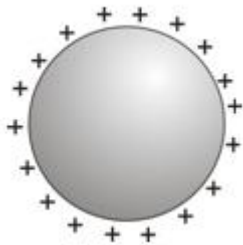
ELETROSTÁTICO

Um condutor eletrizado está em equilíbrio eletrostático quando nele não ocorre movimento ordenado de cargas elétricas.

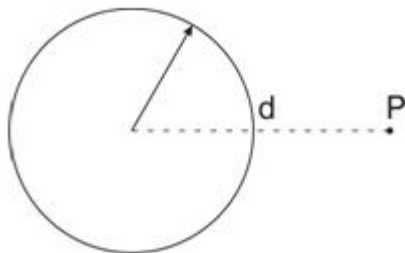
Quando eletrizamos um condutor, de qualquer formato, com uma quantidade de carga Q , a repulsão entre as cargas elementares faz com que elas se situem o mais longe possível umas das outras. Conforme já vimos, isso corresponde a uma distribuição de cargas na superfície do condutor, onde elas ficam em equilíbrio

Campo Elétrico e potencial elétrico em um condutor esférico eletrizado em equilíbrio eletrostático

Em um condutor esférico em equilíbrio eletrostático e isolado de outras cargas, a carga se distribui uniformemente pela sua superfície, devido à repulsão elétrica.



Seja R o raio da esfera e d a distância do centro da esfera até o ponto onde se quer o campo elétrico E e o potencial V .



Para pontos:

1) Externos à esfera:

Para pontos externos à esfera ($d > R$), consideramos como se a carga fosse puntiforme e localizada no centro da esfera:

$$E_e = k \frac{|Q|}{d^2} \quad V_e = k \frac{Q}{d}$$

2) Na superfície da esfera:

a intensidade do campo elétrico na superfície da esfera fica reduzido à metade do campo elétrico muito próximo dessa superfície. Entretanto, o potencial elétrico coincide com o potencial num ponto muito próximo.

Superfície $\rightarrow d = R$.

$$E_s = \frac{E_p}{2} = k \frac{|Q|}{2R^2} \quad V_s = V_p = \frac{KQ}{R}$$

3) No interior da esfera:

Para pontos no interior da esfera, a intensidade do campo elétrico é nula e o potencial

elétrico coincide com o da superfície.

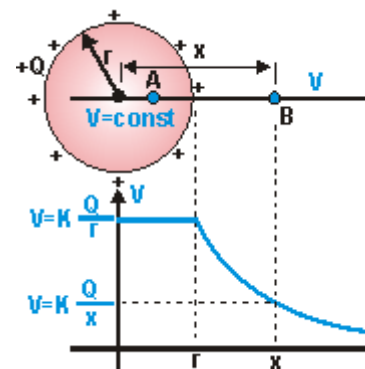
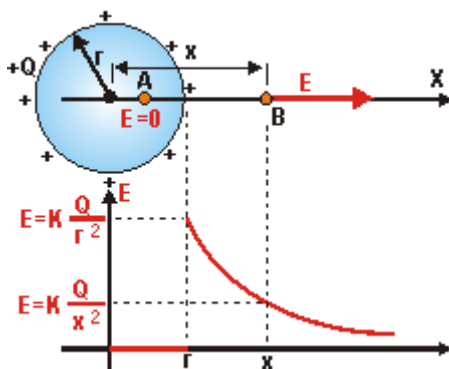
Interior $\rightarrow d < R$.

$$E_i = 0 \quad V_i = V_s = \frac{KQ}{R}$$

Observação:

- 1) a intensidade do vetor campo elétrico no interior de um condutor carregado de eletricidade e em equilíbrio eletrostático é sempre nulo.
- 2) quando falamos de um potencial elétrico que está em todos os pontos internos e da superfície de certo condutor que está em equilíbrio eletrostático, será sempre constante

GRÁFICO $E \times d$
GRÁFICO $V \times d$ (carga positiva)



LEITURA COMPLEMENTAR –

RAIOS

Raio é o movimento de elétrons (ionização do ar) que acontece no ar, após submetê-lo a um campo elétrico superior a sua rigidez elétrica.

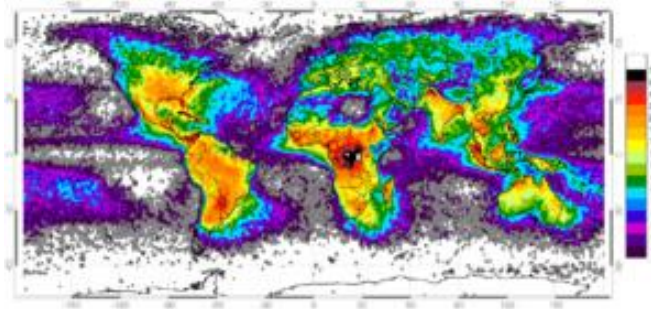
Existem três tipos de raios classificados pela sua origem, também menos comumente chamados descargas iônicas ou atmosféricas:

- Da nuvem para o solo.
- Do solo para a nuvem.
- Entre nuvens.

O ar é isolante elétrico, mas precisa de um campo elétrico superior a de $3 \cdot 10^6$ N/C para se tornar condutor de eletricidade. **Esse valor de campo a partir do qual um isolante se torna condutor se chama de rigidez elétrica.** A descarga ocorre no momento em que as cargas elétricas (Quantidade de íons: cátions ou ânions) atingem energia suficiente para superar a rigidez dielétrica do ar, de forma explosiva, luminosa e violenta.

O processo ainda não se encontra totalmente esclarecido, havendo controvérsias sobre seu mecanismo de formação, mas sabe-se que, na maioria dos casos, a descarga ocorre

após uma concentração de cargas, no qual pode-se falar em centros de concentração, e prossegue em duas fases distintas:



Distribuição da ocorrência de descargas elétricas no planeta

Na primeira libertam-se da nuvem várias descargas menores a partir do ar ionizado, criando o precursor da descarga: uma corrente iônica tanto maior quanto mais se aproxima do solo, favorecendo assim o *trajeto* do raio em formação. O precursor pode ser predominantemente ascendente ou descendente, pois, depende da natureza dos íons que formam a *nuvem iônica*. Ao ocorrer de um precursor aproximar-se do outro centro de cargas, este induzirá uma formação de um precursor oposto.

Quando o precursor completa o contato entre os centros de cargas, ocorre no sentido inverso ao longo daquele *trajeto* uma corrente aniônica, ou catiônica, dependendo da carga. É esta segunda descarga que vemos e ouvimos, e que irá contribuir para equilibrar as cargas iônicas da nuvem e do solo.

É comum de ocorrer mais de uma descarga através de um mesmo canal, no qual o ar encontra-se parcialmente ionizado. Estas descargas subseqüentes são usualmente mais fracas que a primeira descarga.

Em geral, as descargas verticais normalmente predominam na frente de uma tempestade, tomando-se por base o sentido de seu deslocamento. ^{[[carece de fontes?](#)]}

Os raios horizontais se formam na parte de trás, também levando-se em conta o sentido de deslocamento das massas de ar. Estas estão sempre presentes em qualquer *trovoada*, e aquecem localmente o ar até temperaturas muito elevadas.

O aquecimento do ar causa a expansão explosiva dos gases atmosféricos ao longo da descarga eléctrica, resultando numa violenta onda de choque (ou de pressão), composta de compressão e rarefacção, que interpretados como "*trovão*".

Uma tempestade (Em algumas regiões, dá-se a nomenclatura "*trovoada*") típica produz três ou quatro descargas por minuto, em média.

Dimensões de um raio



Raios em Oradea na Romênia

O canal de descarga possui um diâmetro estimado de 2 a 5 cm e é capaz de aquecer o ar até 30.000 °C em alguns milissegundos^[1]. Apenas 1% da energia do raio é convertida em ruído (trovão) sendo o resto libertado sob a forma de luz. O raio é uma manifestação de plasma, no qual sua condutividade permite o escoamento da eletricidade entre os centros de carga.

Um raio completamente formado pode conduzir correntes em torno de 10 a 80 kA, mas existem registros em torno de 250 kA^[2]. A forma da corrente é unidirecional, sendo de polaridade negativa na maioria das ocorrências. A corrente de um impulso atinge seu máximo em 5 μ s, em média, tendo uma duração total do impulso em torno de 100 μ s. A duração total da descarga varia entre 0.1 a 1000 ms. Uma descarga pode liberar entre 1 a 40 C de carga elétrica.

Formação das descargas

A etapa de acúmulo de cargas que alimentam a descarga é pouco conhecido e de difícil medição, devido ao próprio fenômeno interferir violentamente em qualquer instrumento. Mas o princípio básico é relativamente conhecido^[3]:

Na formação da nuvem, ocorrem ciclos de estado da água, que ascende até o topo da nuvem, passa para forma de gelo (incluindo neve e granizo), caindo e voltando para o estado líquido. Neste ciclo ocorre a troca de cargas entre as partículas de água, havendo desequilíbrio e concentrações. Notavelmente observa-se um centro de cargas negativas na parte inferior da nuvem, seguido por um centro de cargas positivas na parte central. Em um limiar de concentração de cargas, e conseqüentemente a concentração de campo elétrico, ocorre o efeito de **avalanche de Townsend**, no qual cargas elétricas são liberadas, chocando-se com outras partículas, realizando um encadeamento do processo que irá ionizar o ar. Juntamente com a avalanche, o meio é ionizado pela própria radiação que emite (fotoionização), no qual alimentará a formação de núcleos que formarão o canal da descarga.

A ionização propaga-se em direção ao solo, tendo o nome de **precursor descendente**. Eventualmente, as cargas elétricas do solo serão induzidas, no qual formarão um processo similar de ionização, chamado de **precursor ascendente**.

A formação do canal assume um caminho tortuoso, pois é altamente probabilístico (pequenas variações de partículas e cargas no ar), além de assumir ramificações. Eventualmente os precursores ascendente e descendente se encontrarão, fechando desta forma um circuito elétrico entre nuvem e solo. Neste instante ocorre a fase intensa da descarga, no qual o canal será violentamente aquecido, transformando-se em plasma, elevando desta forma sua condutividade elétrica e possibilitando sustentar a corrente elétrica.

Após a condução parcial da carga elétrica da nuvem, na forma de um impulso rápido, o canal conduzirá uma corrente menos intensa, chamada **corrente de continuidade**. A seguir, canal se resfriará, finalizando o primeiro impulso.

É comum a ocorrência de novos impulsos pelo mesmo canal de descarga, após um intervalo da ordem de 10 ms. A duração total da descarga, entre impulsos e intervalos, pode chegar a 1 s.

Parte da energia dos raios é consumida na formação do ozônio, na qual 3 moléculas de oxigênio se unem para formar duas de ozônio. Basicamente toda camada de ozônio existente em volta do planeta foi formada utilizando-se da energia dos raios (plasma)

Trovão



Multiplos raios em Swifts Creek, Austrália.

As ondas sonoras geradas pelo movimento das cargas elétricas na atmosfera são denominadas trovões. O trovão é resultado da rápida expansão do ar em virtude do aumento da temperatura do ar por onde o raio passa.

Formação

O trovão é uma onda sonora provocada pelo aquecimento do canal principal durante a subida da descarga de retorno. Devido a alta variação de temperatura no canal, e a subsequente variação da pressão a sua volta, o ar aquecido se expande e gera duas ondas: a primeira é uma violenta onda de choque supersônica, com velocidade várias vezes maior que a velocidade do som no ar e que nas proximidades do local da queda é um som inaudível para o ouvido humano; a segunda é uma onda sonora de grande intensidade a distâncias maiores. Essa constitui o trovão audível.

Características

Os meios de propagação dos trovões são o solo e o ar. A frequência dessa onda sonora, medida em Hertz, varia de acordo com esses meios, sendo maiores no solo. A velocidade do trovão também varia com o local onde se propaga. O trovão ocorre sempre após o relâmpago, já que a velocidade da luz é bem maior que a do som no ar. O que escutamos é a combinação de três momentos da propagação da descarga no ar: primeiro, um estalo curto (um som agudo ensurdecido) gerado pelo movimento da descarga de retorno no ar. Depois, um som intenso e de maior duração que o primeiro estalo, resultado da entrada ou saída da descarga no solo e por último, a expansão de sons graves pela atmosfera ao redor do canal do relâmpago. Podemos ter uma percepção do som diferente, mas essa ordem é a mesma.

Logo, é muito perigoso ficar próximo ao local de queda de um relâmpago. A energia acústica ou energia sonora gasta para provocar esses estrondos é proporcional a frequência do som. A maior parte dela, cerca de 2/3 do total, gera os trovões no solo e o restante (1/3) provoca som do trovão no ar. Mesmo assim, eles costumam ser bem violentos, como podemos perceber. Por causa da frequência, os trovões no ar são mais graves (como batidas de bumbo). Aqueles estalos característicos dos trovões, os sons bastante agudos, além de dependerem da nossa distância à fonte, se relacionam com as deformações do canal e de suas ramificações. Quanto mais ramificado o canal, maior o número de estalos no trovão. Se o observador estiver próximo do relâmpago (a menos de 100 metros, por exemplo) o estalo será parecido a de uma chicotada. Isso está associado a onda de choque que antecede a onda sonora.

Duração

A duração dos trovões é calculada com base na diferença entre as distâncias do ponto mais próximo e do ponto mais afastado do canal do relâmpago ao observador. Por causa dessa variação de caminhos, o som chega aos nossos ouvidos em instantes diferentes. Em média, eles podem durar entre 5 e 20 segundos.

Brasil



Raios durante uma tempestade na Lapa, em São Paulo.

O Brasil é o país no qual mais se registra o acontecimento de raios em todo o mundo^[4]. Por ano, cerca de 50 milhões de raios atingem o território brasileiro, estima o Elat (Grupo de Eletricidade Atmosférica), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. É o dobro da incidência nos Estados Unidos, por exemplo. Cada descarga representa um prejuízo de R\$ 10 para o setor de energia. Ao todo, os raios causam um prejuízo de R\$ 1 bilhão anual à economia do Brasil, apurou o Elat. O setor elétrico é o que acumula mais perdas, com cerca de R\$ 600 milhões por ano. Depois seguem os serviços de telecomunicações, com prejuízo de cerca de R\$ 100 milhões por ano. Também são atingidos os setores de seguro, eletroeletrônicos, construção civil, aviação, agricultura e até pecuária. Os raios também foram responsáveis por 75 mortes no Brasil em 2008 – o recorde da década.

Uma explicação para essa grande quantidade de raios deve-se ao tamanho do território, condições climáticas e a ausência de grandes elevações no seu relevo.

A cidade brasileira que mais recebe descargas elétricas é Teresina, capital do Piauí — chegando a ser a terceira cidade do mundo onde mais acontecem seqüências de descargas elétricas^[5]. Por esta razão, a região recebe a curiosa denominação de "Chapada do Corisco".

Fonte : Wikipédia, a enciclopédia livre.

