

APRESENTAÇÃO DE MODELO FRACTAL DE UMA DESCARGA COMPACTA INTRA-NUVEM. I. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA E EVOLUÇÃO. - D. I. Iudin and S. S. Davydenko

AUGUSTO MATHIAS ADAMS

1 Slide 01

Boa noite, meu nome é Augusto Adams e apresento o artigo MODELO FRACTAL DE UMA DESCARGA COMPACTA INTRA-NUVEM. I. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA E EVOLUÇÃO, de Iudin e Davydenko.

2 Slide 02

O artigo apresenta um novo modelo para explicar as descargas compactas intra-nuvem em tempestades, que envolve a interação de estruturas de *streamer* bipolar em um campo elétrico de grande escala. Ele descreve duas etapas no desenvolvimento da descarga: uma etapa preliminar, na qual as estruturas de *streamer* bipolar se formam sequencialmente em regiões de campo elétrico intenso, e uma etapa principal, na qual ocorre a conexão elétrica entre as estruturas, gerando um pulso de corrente. O modelo considera a sincronização espacial e temporal das estruturas de *streamer*, as características das cargas elétricas acumuladas nessas estrutura.

3 Slide 03

A motivação da construção do novo modelo se deve ao fato dos modelos anteriores de *CID* possuírem restrições. Por exemplo, alguns modelos possuem restrições de crescimento de vários ramos de descarga e alguns não modelam a estrutura da corrente ao longo do canal. Este modelo resolve estes problemas dividindo o espaço considerado em células cúbicas que representam o centro da nuvem, fazendo as ligações elétricas entre as células através de descargas elétrica, supondo a presença de um sistema de corrente que se desenvolve na estrutura condutora criada entre as células.

4 Slide 04

Consideremos os detalhes do modelo proposto.

5 Slide 05

O modelo supõe um volume pequeno no centro da nuvem, de 500 por 500 por 500 metros, e o divide em células ou autômatos de 10 por 10 por 10 metros. Cada autômato ou célula é representado por um índice de nó, sua posição espacial e a carga da célula concentrada em seu centro.

6 Slide 06

O autômato celular é utilizado pelo modelo para iniciar e desenvolver a estrutura do *streamer*, da seguinte maneira \Rightarrow em cada passo, calcula-se:

- a partir da carga do autômato, calcula-se o potencial elétrico através da capacitância efetiva, considerada por simplificação como a capacitância de uma esfera condutora de raio igual a $a/2$, assim como o potencial total do campo elétrico, que é externo em relação ao domínio de simulação, e outras células carregadas do sistema;
- A partir do campo elétrico é determinado as condições de abertura do canal condutor entre duas células, através da equação 1
- Nos canais abertos, há o desenvolvimento de uma corrente elétrica que iguala o potencial de duas células enquanto satisfaz a lei da continuidade. As equações 2 e 3 representam a transferência de cargas do modelo de corrente de canal.

- a resistência linear é variável com a corrente. Por não haver uma descrição detalhada desta, é suposto que, na abertura do canal, a resistência linear seja de $100 \text{ k}\Omega/\text{m}$, caindo rapidamente para $1 \text{ m}\Omega/\text{m}$ para correntes acima de 1 A

7 Slide 07

Repetindo este procedimento vezes o suficiente, tem-se o que é apresentado na figura. O mecanismo do *streamer* bipolar pode ser comparado a um mecanismo de bombeamento ou separação de cargas, fato este que pode ser notado nos gráficos do potencial e campo elétrico. À medida que o *streamer* se desenvolve, o módulo do potencial elétrico aumenta onde as cargas estão se acumulando, e o campo elétrico por consequência também é mais proeminente nestas regiões.

8 Slide 08

Para a ocorrência de um *CID*, é necessário que duas ou mais estruturas de *streamer* bipolar ocorram simultaneamente e a sincronização espaço-temporal das descargas de *streamer* é importante dos eventos se tornas necessária. Um possível mecanismo para a formação da distribuição inhomogênea da densidade de carga com a escala espacial necessária pode ser a instabilidade do fluxo, se desenvolve em um presença de um fluxo de ar fracamente condutor em relação às partículas mais pesadas presentes na nuvem. As equações 4 e 5 descrevem o modelo de instabilidade de fluxo. Na prática, a instabilidade de fluxo gera 2 dipolos elétricos no volume considerado, permitindo que 2 ou mais estruturas de *streamers* iniciem e se desenvolvam sequencialmente, acumulando cargas na parte central, permitindo que a descarga compactas se inicie.

9 Slide 09

Perfis de altitude do potencial (a) e componente vertical do campo elétrico (b e c) em diferentes momentos da etapa preliminar do *CID*. As curvas 1 correspondem ao momento da ocorrência da primeira descarga, as curvas 2 correspondem ao momento da ocorrência da segunda descarga e as curvas 3 correspondem ao momento do contato elétrico das descargas e formação do canal de corrente do *CID*.

10 Slide 10

Resultados do Modelo completo

11 Slide 11

Na figura ao lado vemos de forma gráfica o desenvolvimento de todo o modelo em passos. Primeiro, o desenvolvimento de um *streamer* bipolar, logo em seguida, o desenvolvimento sequencial de outro *streamer* bipolar. Na sequência, o desenvolvimento dos *streamers* em direções convergentes e, por último, o contato e a descarga compacta intra-nuvem.

12 Slide 12

Distribuição espacial da densidade de carga elétrica (a) antes do momento de iniciação da primeira descarga de *streamer* e (b e c) no momento do início da etapa principal do *CID*, quando o canal com corrente forte é formado. Observa-se que, no momento do início da etapa principal do *CID*, a densidade de carga acumulada em cada estrutura de *streamer* bipolar aumenta em mais de vinte vezes.

13 Slide 13

Distribuições da densidade linear σ da carga elétrica ao longo do canal condutor, que conecta as estruturas de *streamer* bipolar, no momento de sua ocorrência (a) e corrente elétrica I nesse canal em diferentes momentos de tempo após o início da etapa principal do *CID* (b). A distribuição de corrente ao longo do canal condutor foi obtida para o passo de tempo do modelo igual a $\tau = 0,2\mu s$.

14 Slide 14

Conclusões

15 Slide 15

Dentro da abordagem proposta, é possível explicar diversas características observadas da descarga compacta intra-nuvem, como a fraca radiação durante a etapa preliminar da descarga (abaixo dos limites de detecção estabelecidos nos experimentos), a formação de um curto pulso bipolar de campo

elétrico de alta potência e a sincronização das rajadas de radiação nas faixas *VLf/LF* e *HF/VHF*. A radiação em diferentes faixas de frequência de uma descarga compacta intra-nuvem será abordada na segunda parte do trabalho.