



# MODELO FRACTAL DE UMA DESCARGA COMPACTA INTRA-NUVEM. I. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA E EVOLUÇÃO.

D. I. Iudin and S. S. Davydenko, 2015

Augusto Mathias Adams

10 de junho de 2023



# Introdução

- Novo modelo de descargas compactas intra-nuvem (**CID**), que se baseia na abordagem fractal para a descrição de sua estrutura elétrica.
- 2 etapas:
  - Desenvolvimento de *streamers*
  - Conexão entre os *streamers*
- Sincronização espacial e temporal das estruturas



# Introdução

- Baixa condutividade estática do meio intra-nuvem e a rápida coleta de carga elétrica
- Restrições dos modelos anteriores:
  - Falta de crescimento simultâneo de ramos da descarga
  - Ausência de consideração das correntes
- Baseado em autômatos celulares
- Ligações elétricas entre células através de descargas elétricas
- Modelo que contempla apenas uma parte do volume de cada célula



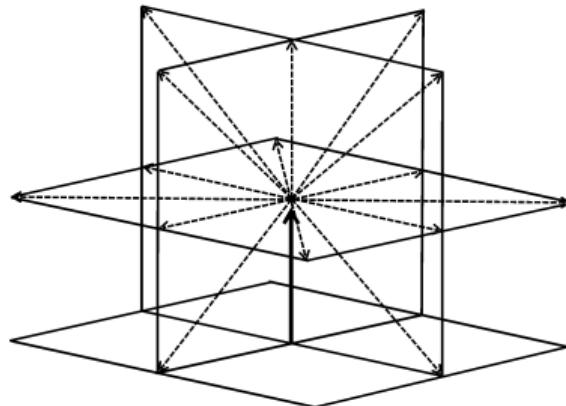
## Modelo Fractal

*Modelagem em Etapas*





## Streamer



- Região espacial:  
 $500m \times 500m \times 500m$
- Autômatos: células de  
 $10m \times 10m \times 10m$ 
  - Cada autômato é representado pelo seu centro de massa e sua respectiva carga  $q_{ij}$ .

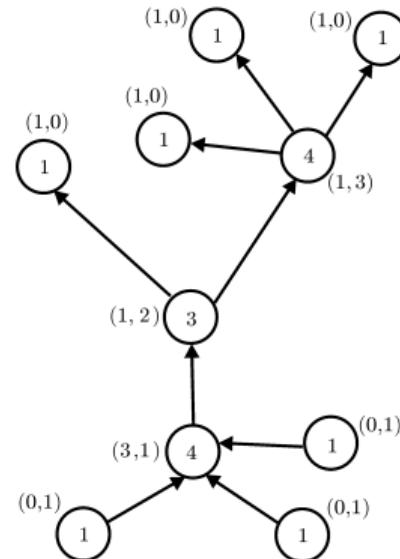


## Streamer

$$P_{ij} = \begin{cases} 1 - \exp\left(-\left|\frac{E_{ij}-E_i}{E_s-E_i}\right|^m\right), & E_{ij} \geq E_i \\ 0, & E_{ij} < E_i \end{cases} \quad (1)$$

$$dq_i = \tau \sum_{j=1}^{a_i+b_i} I_{ij} \quad (2)$$

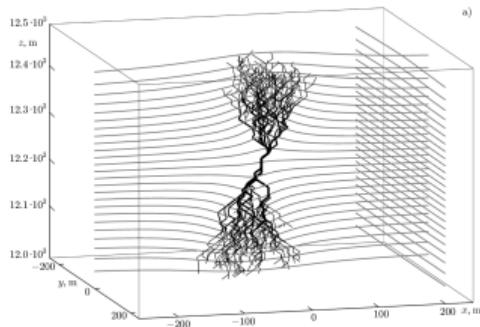
$$I_{ij} = \frac{\phi_i - \phi_j}{\Re_{ij} L_{ij}} \quad (3)$$



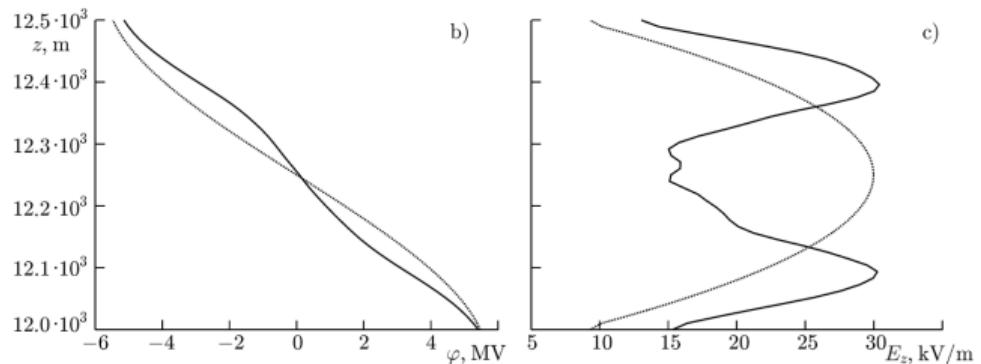
**Figura:** Árvore de Descarga



## Streamer



**Figura:** Streamer Desenvolvido



**Figura:** Potencial e Campo Elétrico Vertical ao longo da linha de descarga



## Sincronização dos *Streamers*

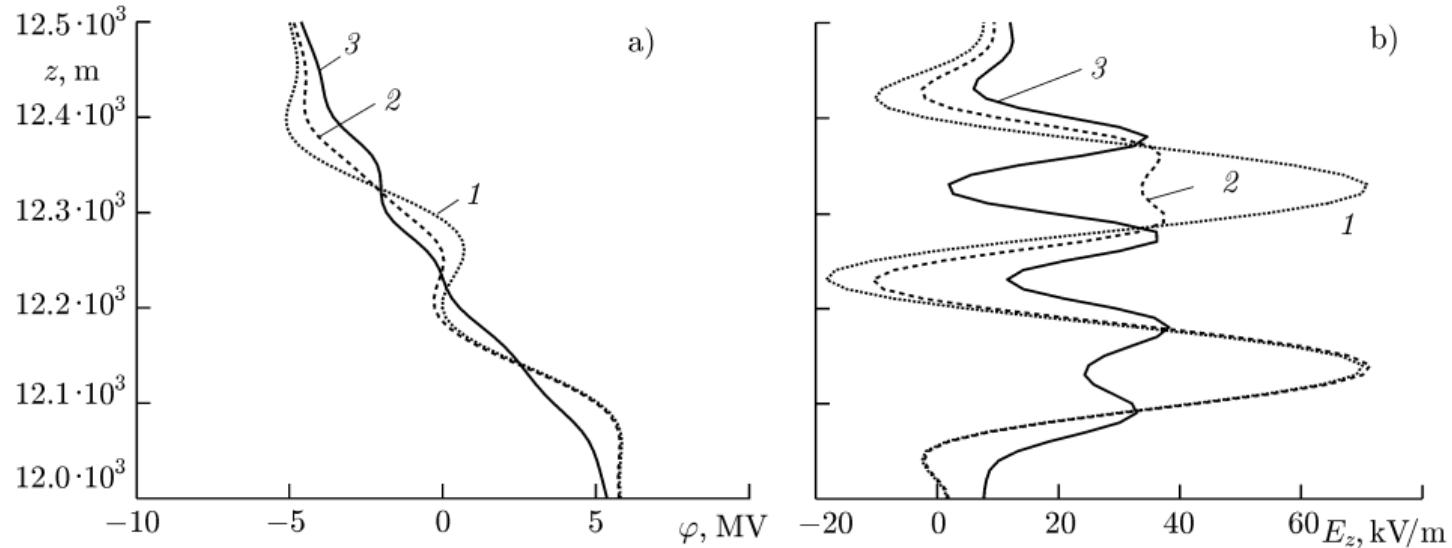
$$\gamma_{max} = \begin{cases} 4\pi\sigma (\Omega/\vartheta - 1)^2, & \Omega/\vartheta < 2 \\ 2\pi\sigma/\vartheta, & \Omega/\vartheta > 2 \end{cases} \quad (4)$$

$$k_{opt} = \begin{cases} \frac{\vartheta}{u} \left( \frac{\Omega}{\vartheta} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} & \Omega/\vartheta < 2 \\ \sigma/\vartheta, & \Omega/\vartheta > 2 \end{cases} \quad (5)$$

- Iniciação do **CID** pressupõe a formação de duas estruturas de *streamer* bipolar desenvolvidas.
- Sincronização espaço-temporal das descargas de *streamer* é importante
- Solução possível: desenvolvimento sincronizado de descargas devido à instabilidade do fluxo ascendente.



## Sincronização dos Streamers



**Figura:** Potencial e Campo Elétrico Vertical ao Longo da Descarga



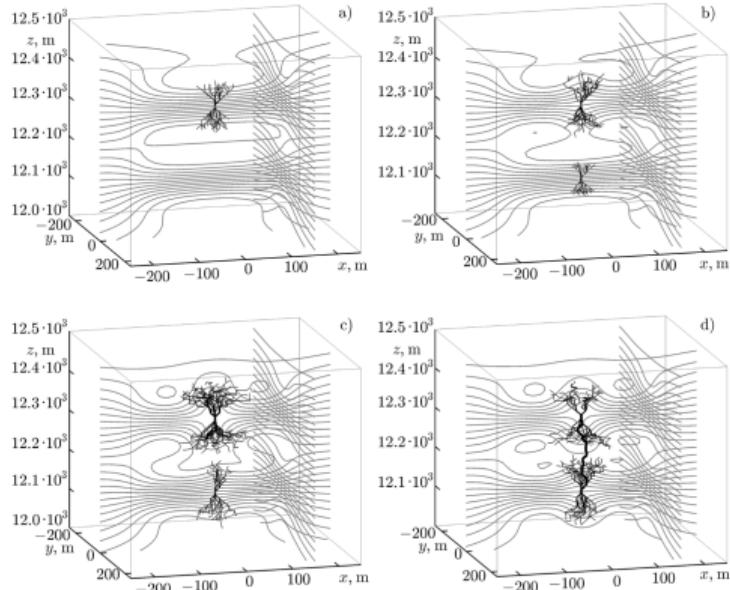
## Descarga CID

*Resultados do Modelo*





## Resultados

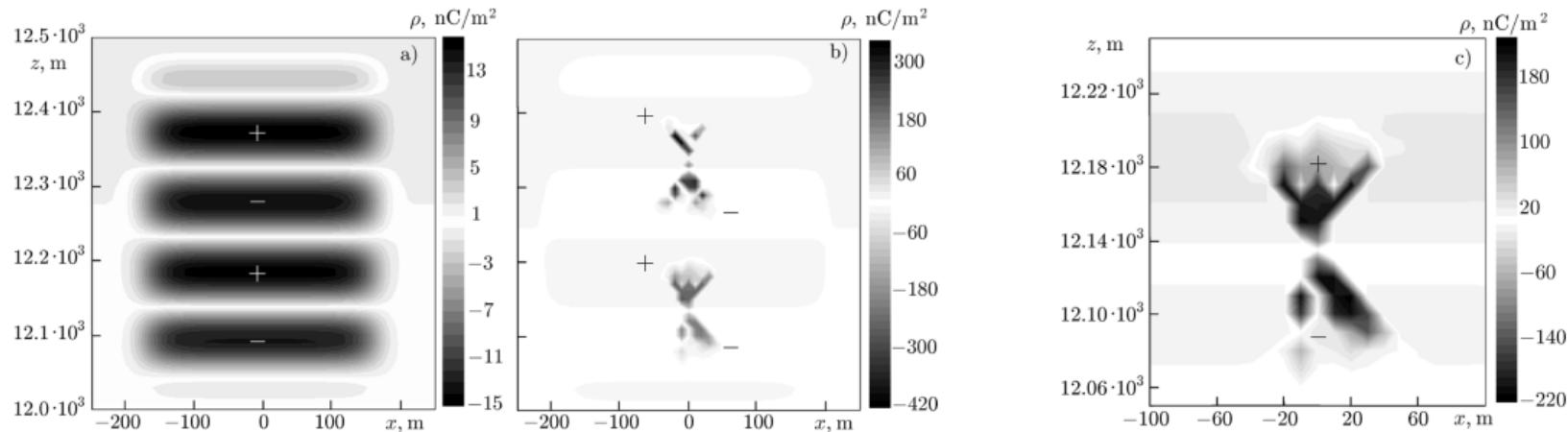


Desenvolvimento passo a passo do CID:

- (a) Primeiro *streamer bipolar*;
- (b) Segundo *streamer bipolar*;
- (c) Desenvolvimento dos *streamers* até atingirem o contato;
- (d) Iniciação da Descarga Compacta Intra-Nuvem.

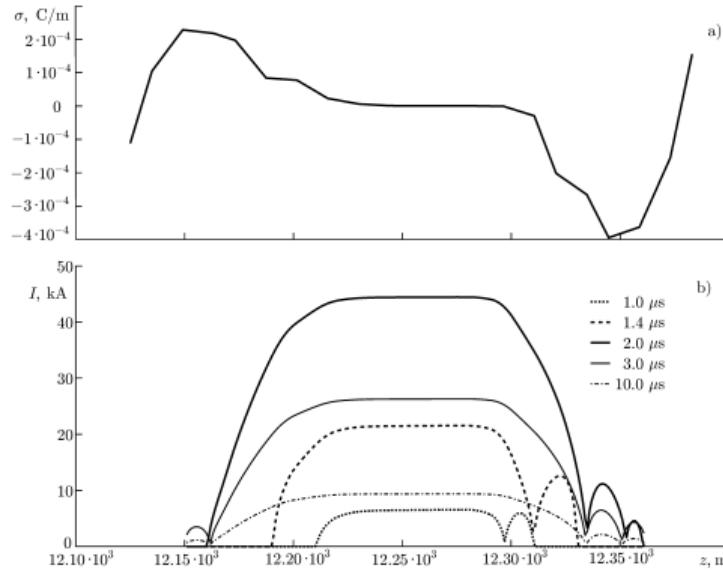


## Resultados





## Resultados



**Figura:** Densidade de Carga Linear e Corrente ao longo do Canal



## Conclusões

*Calma, já vamos embora*





## Conclusões

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.



Obrigado pela  
atenção!!