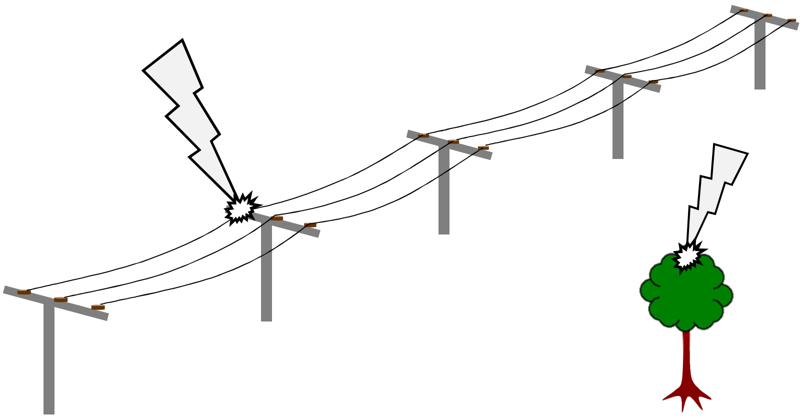
## SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS – REDES MT

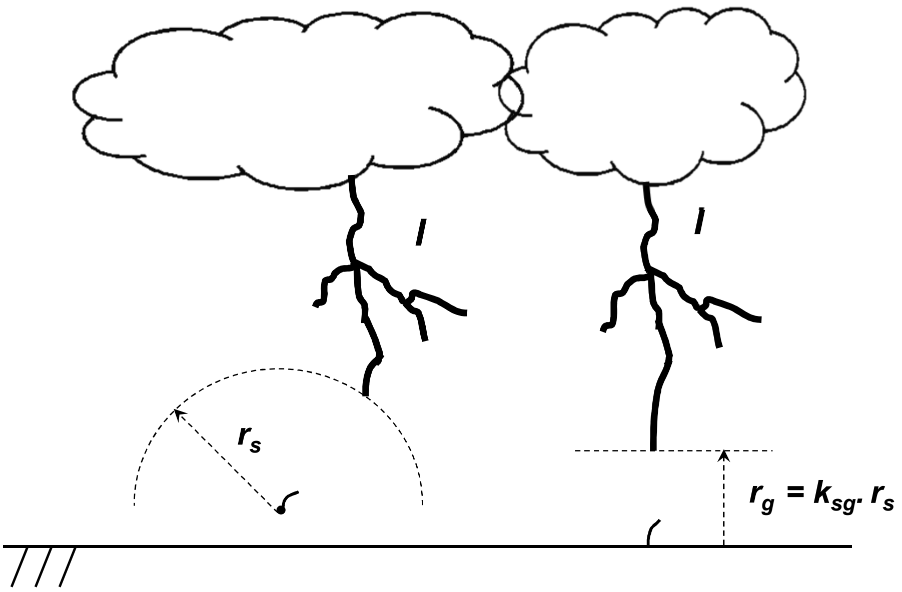
PEN 5019

**DA's DIRETAS** **DA's INDIRETAS**



## DISTÂNCIA DE ATRAÇÃO *($r_s$)*

PEN 5019



# MODELO ELETROGEOMÉTRICO (EGM)

PEN 5019

**Distância de atração:** $r_s = a \,.\, I^b$ $r_g = K_{sg} \,.\, r_s$

| Source | *a* | *b* | $K_{sg}$ |
|---|---|---|---|
| **Armstrong and Whitehead (1968)** | 6.7 | 0.8 | **0.9** |
| **Brown and Whitehead (1969)** | 7.1 | 0.75 | **0.9** |
| **Gilman and Whitehead (1973)** | 6.7 | 0.8 | **1** |
| | 6.0* | 0.8* | **1*** |
| **Love (1977)** | 10 | 0.65 | **1** |
| **Whitehead CIGRE survey (1979)** | 9.4 | 0.67 | **1** |
| | 8.5* | 0.67* | **1*** |
| **IEEE WG LPTL (1985)** | 8 | 0.65 | **0.64 - 1** |
| **IEEE WG LPTL (1997)** | **10** | **0.65** | **0.55 - 1** |

**IEEE WG LPDL (2010):** $K_{sg} = 0.9$

* recommended for design of new lines

# DISTÂNCIA DE ATRAÇÃO ($r_s$)

PEN 5019

**I = 34 kA**

$$r_s = 10.I^{0,65}$$ → **99 m**

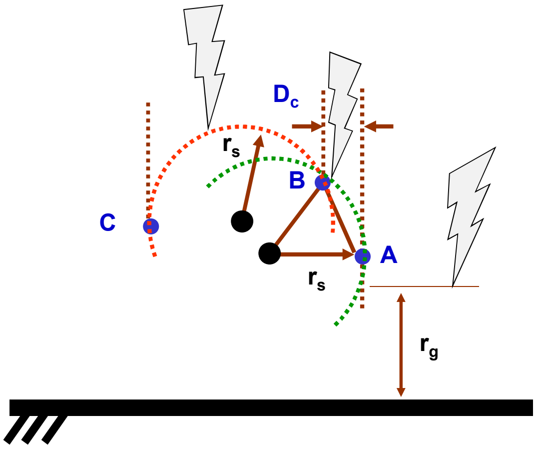
$$r_s = 8.I^{0,65}$$ → **79 m**

$$r_s = (0,4 + 0,01.h).I^{(1,4-0,001.h)}$$ → **67 m (h = 10 m)**

## Modelo Eletrogeométrico (EGM)

PEN 5019

Corrente *I*: $r_s = 10.I^{0,65}$




Entre A e B ⇒ CG

À direita de C ⇒ terra

Entre B e C ⇒ fase

$D_c$: distância exposição

## ÂNGULO DE BLINDAGEM

PEN 5019

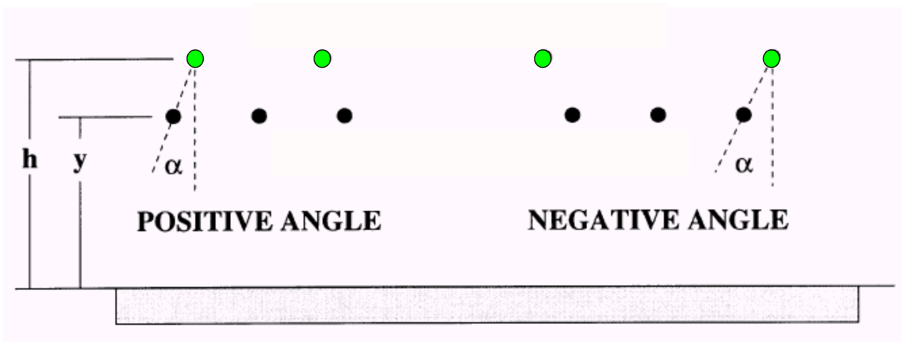
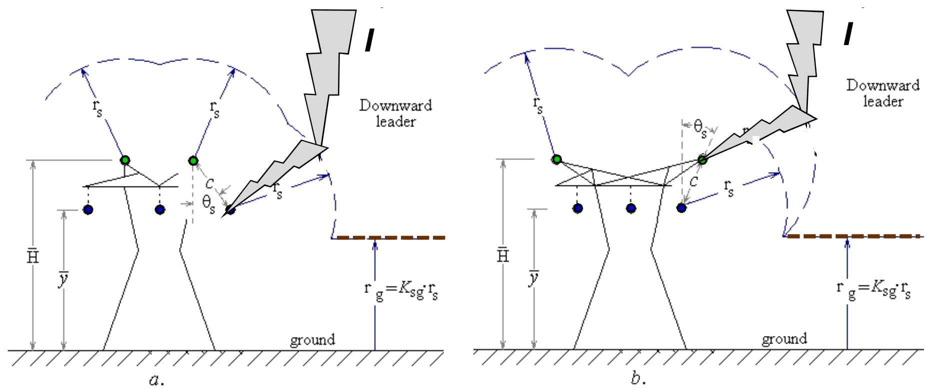



Figure 1—Definition of shielding angles

## MODELO ELETROGEOMÉTRICO (EGM)

PEN 5019

**Distância de atração:** $r_s = 10.I^{0,65}$

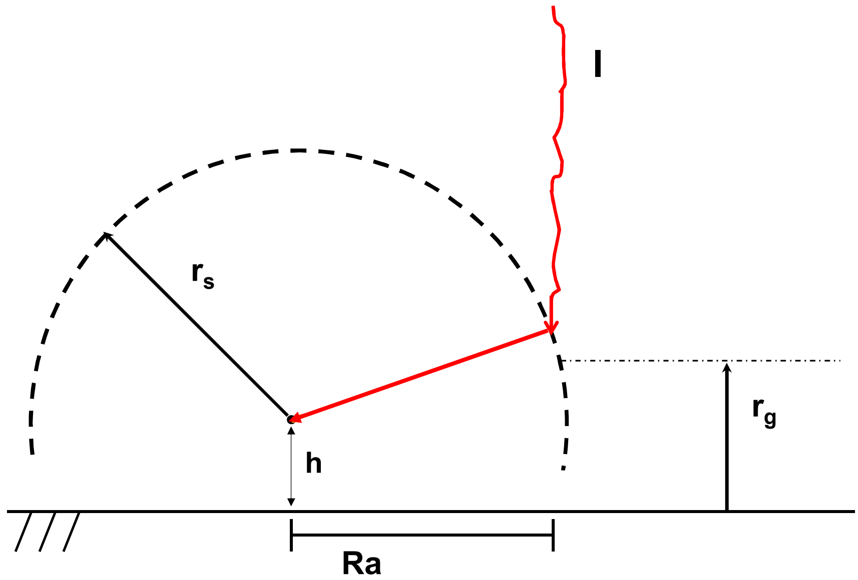



$\theta_S$: ângulo de blindagem

Ângulo de blindagem (-)

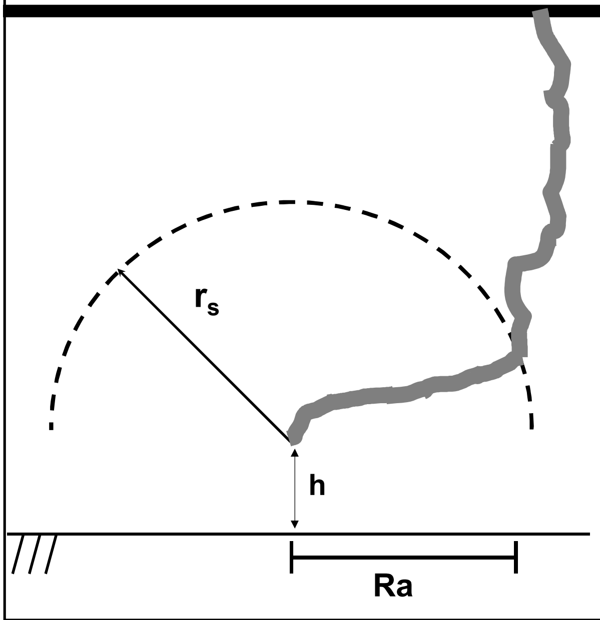
## Raio de Atração (Ra)

PEN 5019



## Raio de Atração (Ra)

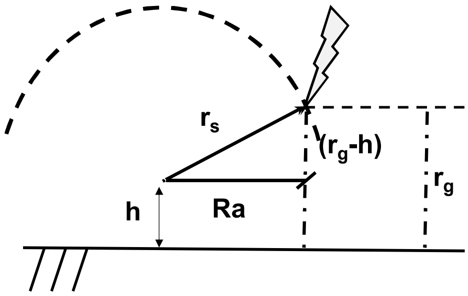
PEN 5019





## RAIO MÉDIO DE ATRAÇÃO *($Ra_m$)*

PEN 5019




**$r_g$ > h:**

$$Ra = \sqrt{rs^2 - (r_g - h)^2}$$

**$r_g$ ≤ h:**

$$Ra = rs$$

(IEEE p/ blindagem)

$$Ra = 0{,}67.h^{0,6}.I^{0,74}$$

(Eriksson)

### Raio de Atração Médio ($Ra_m$)

→ **incidência média de DA's em linhas com h < 100 m**

$$Ra_m = 14.h^{0,6}\ [m]$$

**(IEEE: p/ cálculo de N)**

## RAIO DE ATRAÇÃO EQUIVALENTE

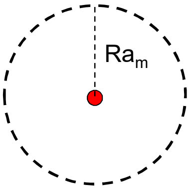
PEN 5019

**CONCEITO:**

- **Estrutura com área de atração Ae, localizada em região com Ng.**
- **Incidência média anual de descargas:**

$$N = Ng.Ae$$

- **Torre:**




$$Ae = (\pi.Ra_m^2).10^{-6} \ (km^2)$$


## RAIO DE ATRAÇÃO EQUIVALENTE

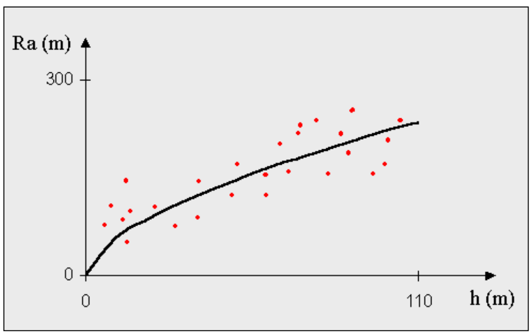
PEN 5019


$$N = Ng.Ae \qquad Ae = (\pi.Ra_m^2).10^{-6} \ (km^2)$$

- **Para estrutura específica:**

$$Ra_m = \sqrt{\frac{N}{Ng} \cdot \frac{10^6}{\pi}}$$

$\Downarrow$




$\Rightarrow$ **Observações + modelo analítico**

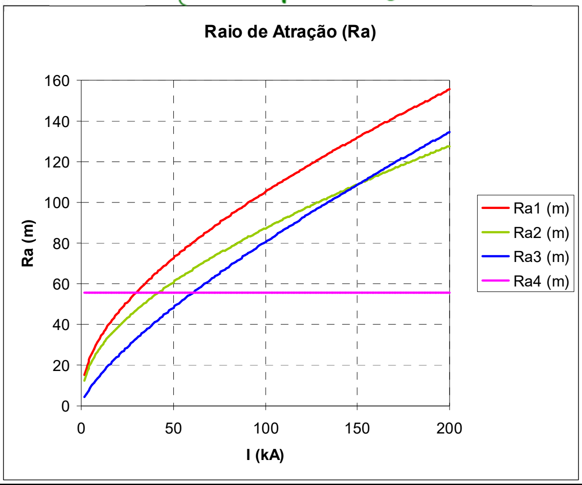
$\Downarrow$

$$Ra_m = 14.h_t^{0,6}$$

## RAIO DE ATRAÇÃO

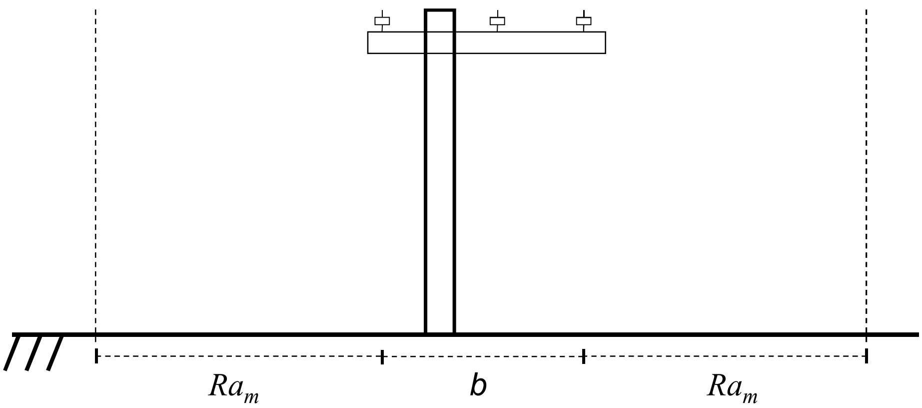
PEN 5019

- $\begin{cases} rs_1 = 10.I^{0,65}, & r_g = 0{,}9.rs \\ Ra_1 = \sqrt{rs^2 - (r_g - h)^2} \end{cases}$
- $\begin{cases} rs_2 = 8.I^{0,65}, & r_g = 0{,}9.rs \\ Ra_2 = \sqrt{rs^2 - (r_g - h)^2} \end{cases}$
- $Ra_3 = 0{,}67.h^{0,6}.I^{0,74}$
- $Ra_4 = 14.h^{0,6}$




## ÁREA DE ATRAÇÃO

PEN 5019




$Ra_m = 14.h^{0,6}\ (m)$ (Raio Médio de Atração)

$$Ae_m = (2.Ra_m + b).l$$

## ÁREA DE ATRAÇÃO

PEN 5019

$$\begin{cases} Ae = l.(2.Ra + b) & (m^2) \\ Ae = l.(2.Ra + b).10^{-6} & (km^2) \end{cases}$$

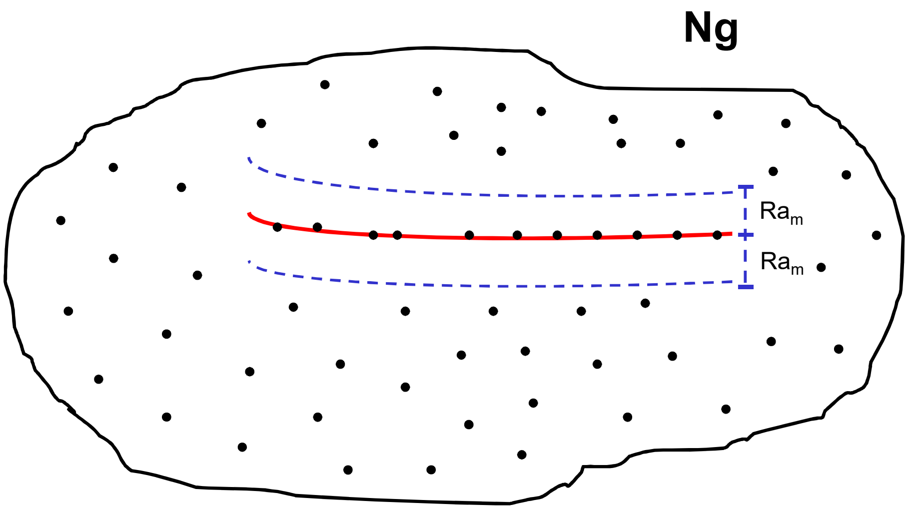
***(l, Ra, b:  em metros)***

**Para *l* = 100 km:**

$$\rightarrow \qquad Ae = (2.Ra + b).10^{-1}\ (km^2)$$

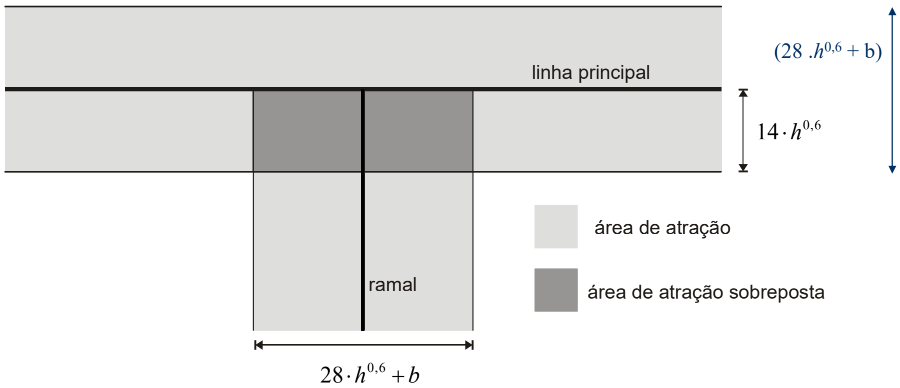
## ÁREA DE ATRAÇÃO

PEN 5019



## ÁREA DE ATRAÇÃO

PEN 5019




$$Ae = Ae_{total} - A_{sobreposta}$$

$$Ae_{total} = (28 \,.\, h^{0,6} + b) \,.\, L_{total} \quad \text{(incluindo os ramais)}$$

$$A_{sobreposta} = \left(28 \cdot h^{0,6} + b\right) \cdot \left(14 \cdot h^{0,6}\right) \cdot n_{ramais}$$

## NÚMERO DE DESCARGAS DIRETAS *(N)*

PEN 5019

**N = Ng . Ae**

$$N = Ng.(2.Ra + b).10^{-1} \quad \left(\frac{\text{descargas}}{\text{100 km.ano}}\right)$$

$$Ra = Ra_m \Rightarrow N = Ng \,.\, (28 \,.\, h_t^{0,6} + b) / 10 \qquad \text{(IEEE)}$$

$$h_t \uparrow 20\% \Rightarrow N \uparrow 12\ \%$$

**Ex.: Linha c/ h = 10 m, b = 2 m, l = 20 km, situada em região com Td = 80.**

PEN 5019

$$Ng = 0{,}04 \cdot Td^{1{,}25} = 0{,}04 \cdot 80^{1{,}25} = 9{,}6$$ km².ano

$$Ra = 14 \cdot h_t^{0{,}6} = 14 \cdot 10^{0{,}6} = 56\ m$$

$$Ae = (2 \cdot Ra + b) \cdot 10^{-1} = (2 \cdot 56 + 2) \cdot 10^{-1} = 11{,}4\ km^2$$

**(p/ 100 km)**

$$N = Ng \cdot (2 \cdot Ra + b) \cdot 10^{-1} = 9{,}6 \cdot 11{,}4 = 109{,}4 \quad \frac{\text{descargas}}{\text{100 km.ano}}$$

**Para l = 20 km:**

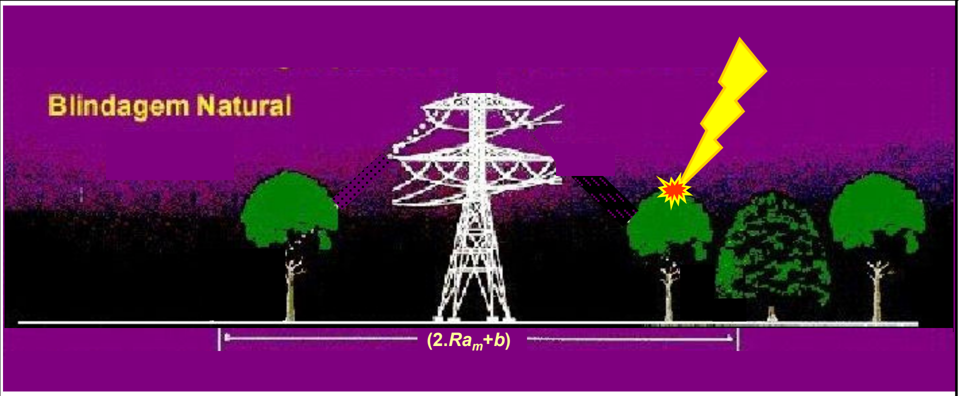
$$N = 109{,}4 . \frac{20}{100} = 21{,}9 \quad \frac{\text{descargas}}{\text{ano}}$$

# BLINDAGEM

PEN 5019

# BLINDAGEM

PEN 5019




$$N = Ng.(2.Ra_m + b).10^{-1} \quad \left(\frac{\text{descargas}}{\text{100 km.ano}}\right)$$

$$Ns = N\,.\,(1 - s_f) \qquad s_f = s_{fe} + s_{fd}$$

**FATOR DE BLINDAGEM $s_f$ - Modelo Eletrogeométrico**
**(IEEE, LD's, a partir de 1997: $r_s = 10\,.\,I^{0,65}$; $r_g = 0,9\,.\,r_s$)**

PEN 5019