

Métodos de Medição

Sistema de Terras



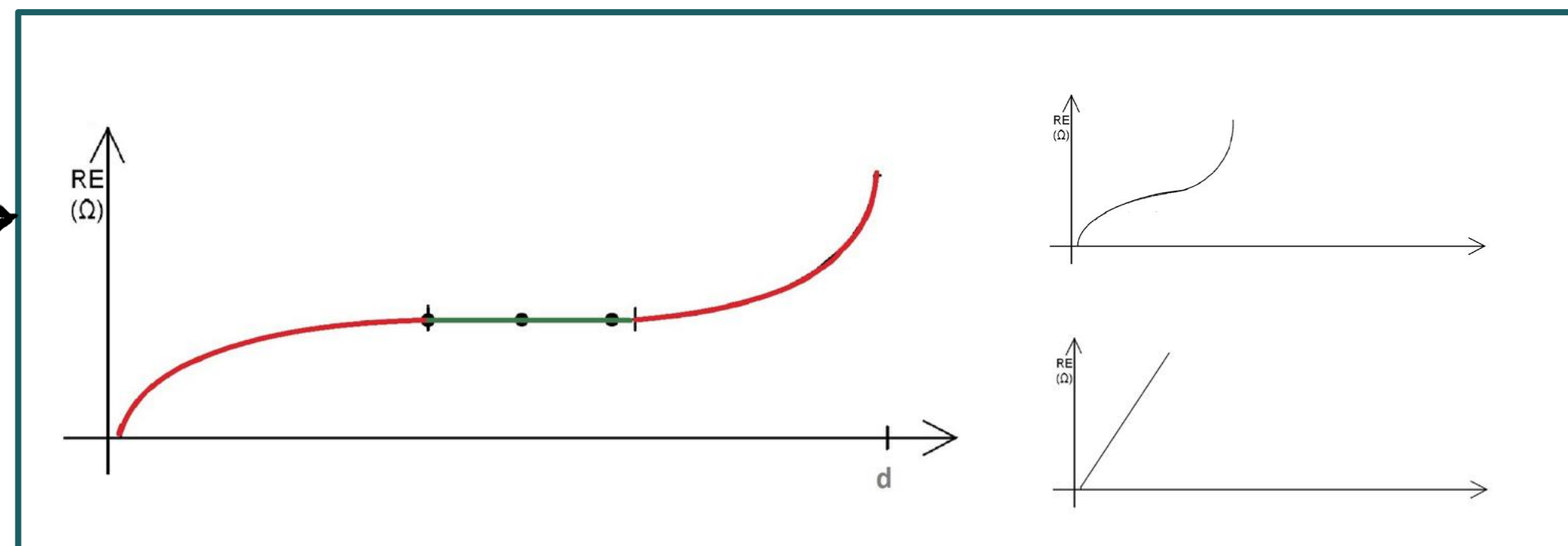
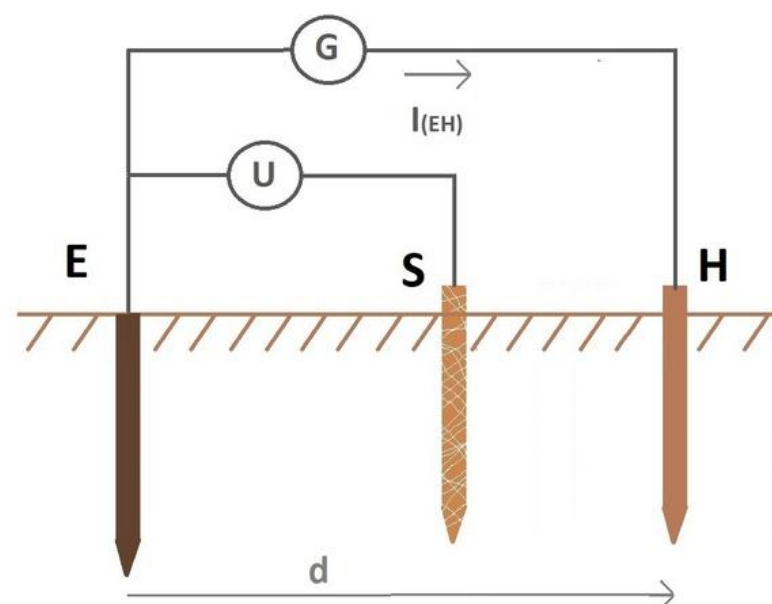
ANABELA RIBEIRO
anabela@messara.pt

Método Queda de Potencial (3P)

Legislação portuguesa

1 Corte de Energia

2 Eletrodos auxiliares fora de área de influência



3 Aplicação da Lei de Ohm e temos o valor da resistência de terra.

$$R_E = \frac{U_B}{I_A}$$

-> Mínimo S=20m H=40m; d=10r-30r (RSSPTS)

-> S-6m para a frente e para trás (RTIEBT)
(Método simplificado)



 Se não for possível efetuar corte de energia?

 Há mais métodos que podem ser aplicados e que sejam válidos?

 Se não tiver espaço para a colocação dos elétrodos?

 Quais são os métodos mais fiáveis? E para que tipo de elétrodos/sistemas de terra?



 Qual o melhor método para elétrodos de pequena dimensão? E para grande dimensão?

 Onde instalo os eletrodos auxiliares? Em linha reta, com angulo, etc?

Métodos de Medição

Entre outros....

Com corte de Energia:

-->

Método Queda de Potencial (3P)

-->

Método de 4P

-->

Método dos 62 %

-->

Método "Slope"

-->

Método "Intersecting Curves"

-->

Método "Star Delta"

Sem corte de Energia:

-->

Método da Pinça

-->

Método das duas Pinças

-->

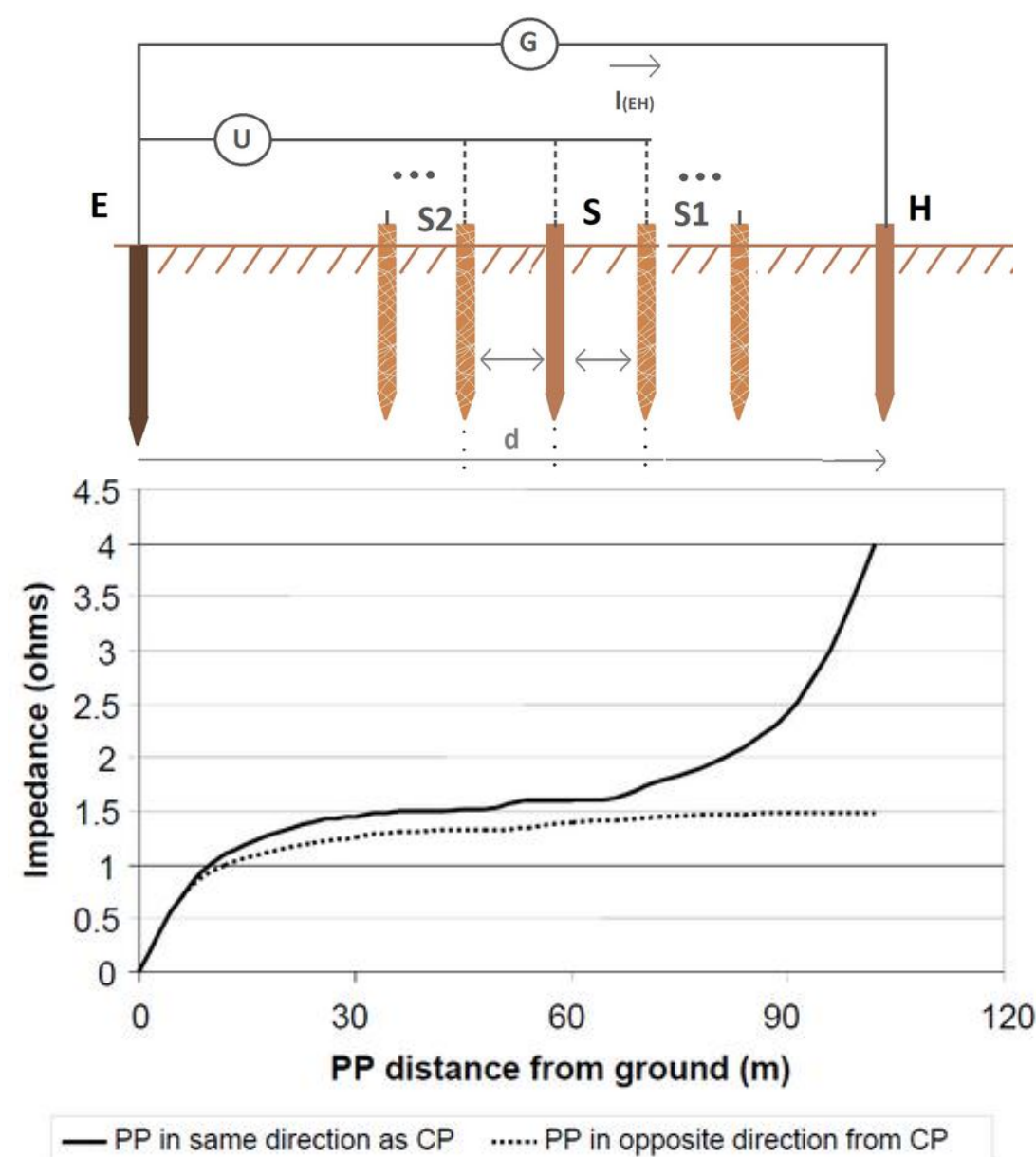
Método Seletivo (3P+Pinça)

Método Queda de Potencial (3P)

Original

Desenho da curva R/d. Alteração do valor d até obter uma curva viável

- > Método eficaz e confiável
- > "d" elevado para eletrodos de média/grande dimensão
- > Trabalhoso - medição de vários pontos para obter uma curva viável



- Para minimizar erros “do acoplamento mutuo AC” - colocar ângulo entre S e H de 90°C

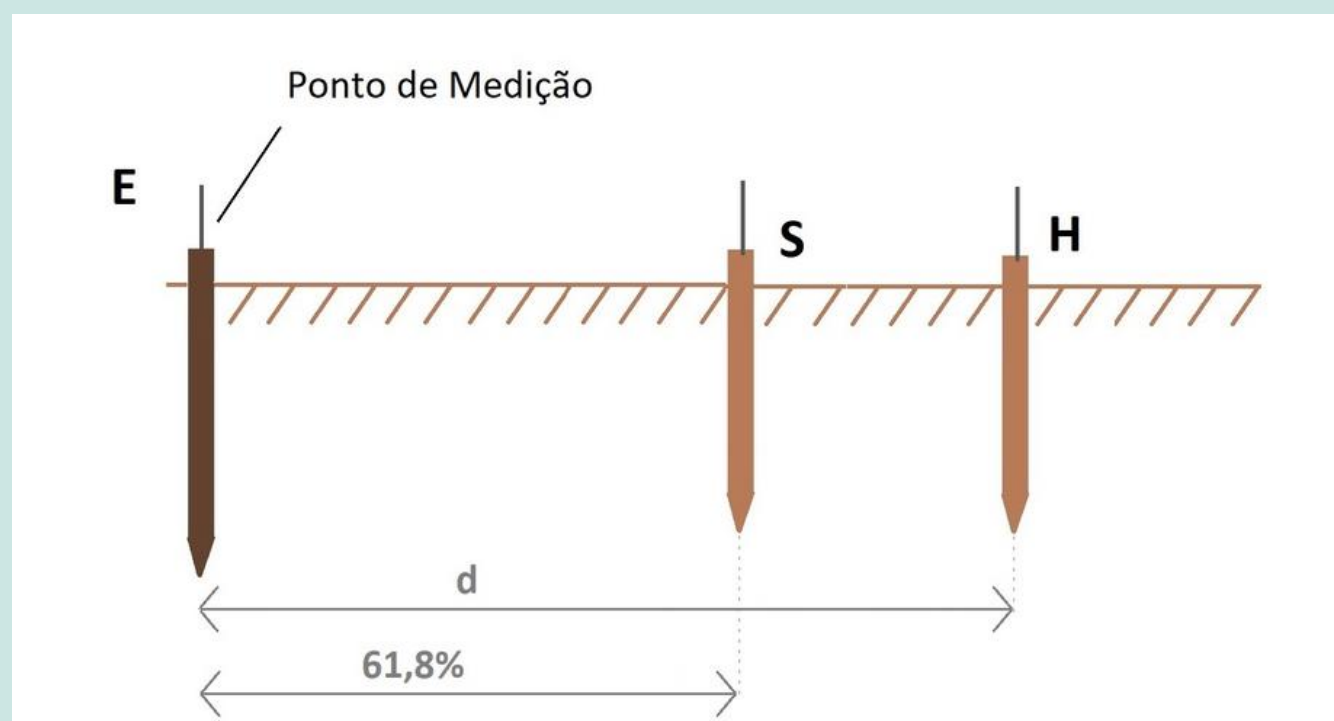
Simplificado

Média dos valores obtidos de R para 3 localizações de S

- > Recomendado para eletrodos de pequena/media dimensão
- > Mais fácil e rápido
- > Ineficaz quando se desconhece o centro do eletrodo
- > Menos preciso que o original
- > $R(\text{medido}) > R(\text{real})$

Método dos 62%

Fácil e rápido, uma vez que apenas é necessário efetuar uma medição!



CONDIÇÕES MINIMAS:

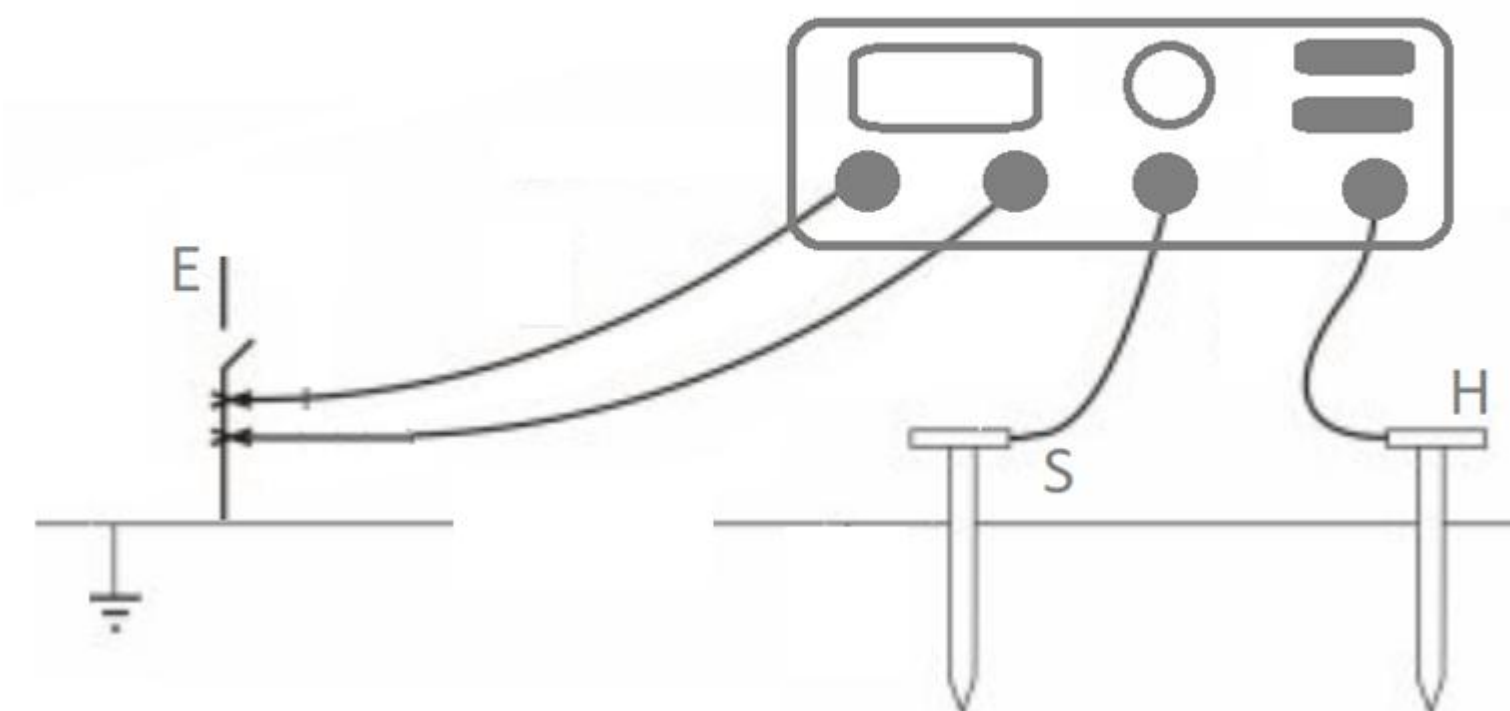
- Corte de energia
- Corrente $I(E) = I(H)$
- Eletrodo com hemisfério equivalente com centro elétrico
- Solo homogêneo (resistividade uniforme)
- Elétrodos auxiliares em linha reta, fora da área de influência
- 61,8% é à distância entre H e o centro do eletrodo E

DESVANTAGENS:

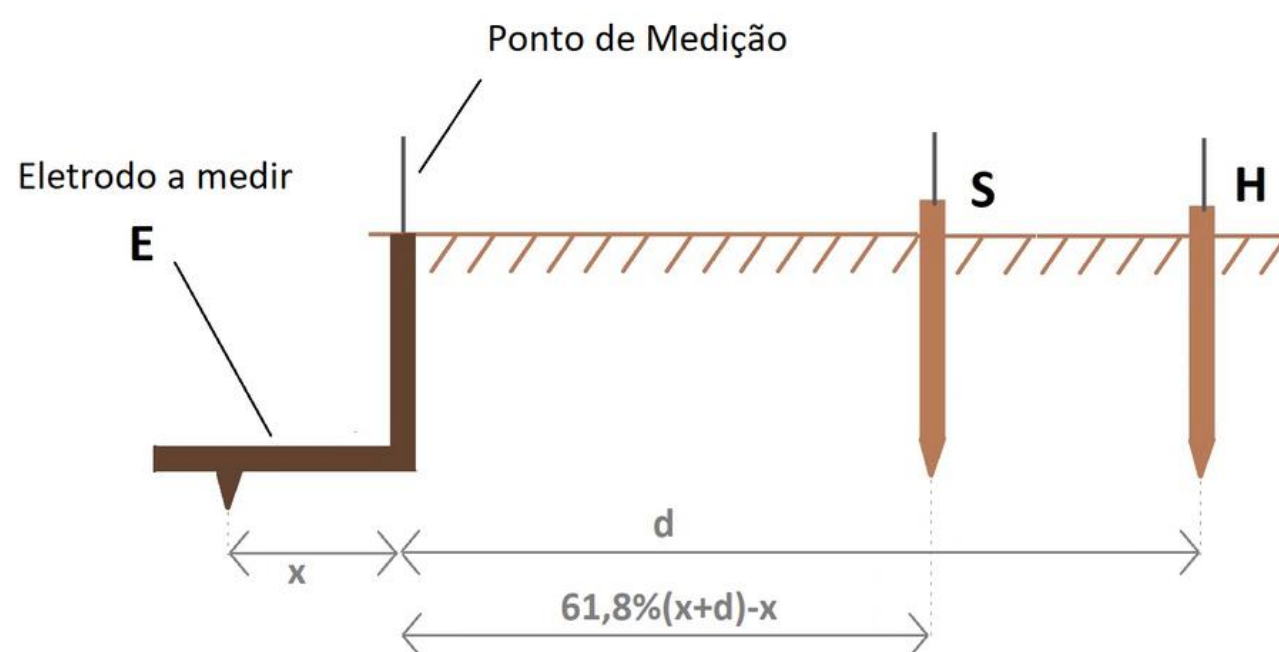
- Assume condições perfeitas
- Garantir uma distância suficiente entre E e H
- Ineficaz se o centro elétrico for desconhecido
- Menos preciso

Método 4P

- > Semelhante ao método 3P
- > Reforço de uma 2ª ligação ao elétrodo E
- > Elimina resistência dos cabos de medição
- > Método ideal para medição de elétrodos com baixo valor de resistência de terra



Método Curvas de Interseção



Medição da resistência de terra para vários pontos de X e d

Indicado para medição de:

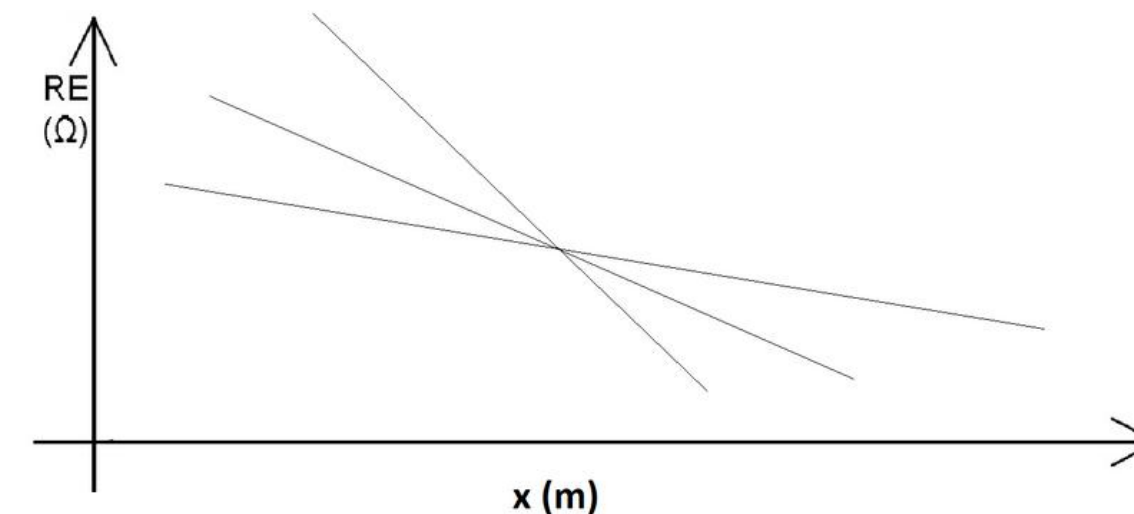
- eletrodos de grande dimensão
- centro do eletrodo desconhecido

Pode não cruzar-se num só ponto (incerteza)

Tem uma distancia mínima e máxima

Método eficaz mas trabalhoso

Elaborar as curvas:



A interseção das curvas - valor de R e X

Método "Slope"

Procedimento de medição

01 Ponto de Medição do eletrodo

02

Medição das Resistências:

R1-0,2d
R2-0,4d
R3-0,6d

03

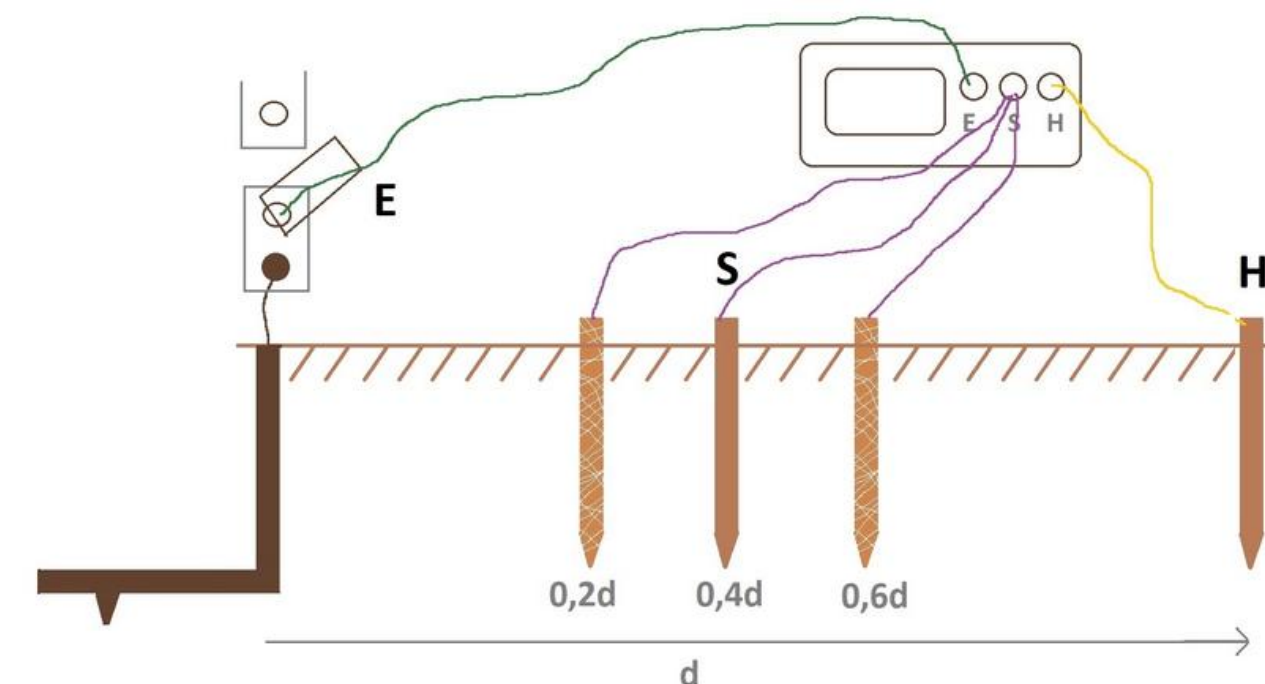
Cálculo do coeficiente: $u = \frac{R3-R2}{R2-R1}$

04

Extrair distância do eletrodo S

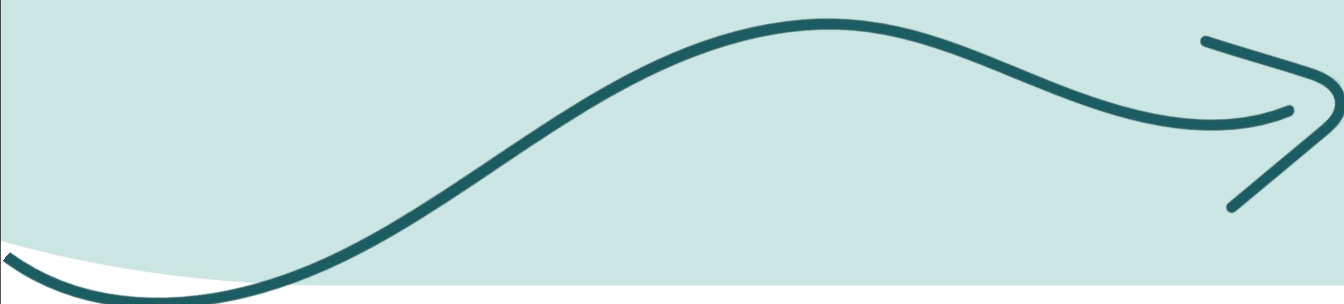
05

Medir Resistencia



μ	PP _T /CP	μ	PP _T /CP	μ	PP _T /CP
0.40	0.643	0.80	0.580	1.20	0.494
0.41	0.642	0.81	0.579	1.21	0.491
0.42	0.640	0.82	0.577	1.22	0.488
0.43	0.639	0.83	0.575	1.23	0.486
0.44	0.637	0.84	0.573	1.24	0.483
0.45	0.636	0.85	0.571	1.25	0.480
0.46	0.635	0.86	0.569	1.26	0.477
0.47	0.633	0.87	0.567	1.27	0.474
0.48	0.632	0.88	0.566	1.28	0.471
0.49	0.630	0.89	0.564	1.29	0.468
0.50	0.629	0.90	0.562	1.30	0.465
0.51	0.627	0.91	0.560	1.31	0.462
0.52	0.626	0.92	0.588	1.32	0.458
0.53	0.624	0.93	0.556	1.33	0.455
0.54	0.623	0.94	0.554	1.34	0.452

Fonte:[04]



Método "Slope"

VANTAGENS:

- Indicado para medição de sistema de terra de grandes dimensões
- Possibilidade de redução significativa da distancia em comparação com o método de queda de tensão

DESVANTAGENS:

- Caso o valor de u não aparecer na tabela, tem que ser afastado ou alterada a direção do eletrodo H:
 $0,4 < u < 1,6$
- Confirmação só pode ser obtida após repetição de medição para outras distâncias/direções
- Para ter garantia do resultado é um método trabalhoso, que envolve cálculos

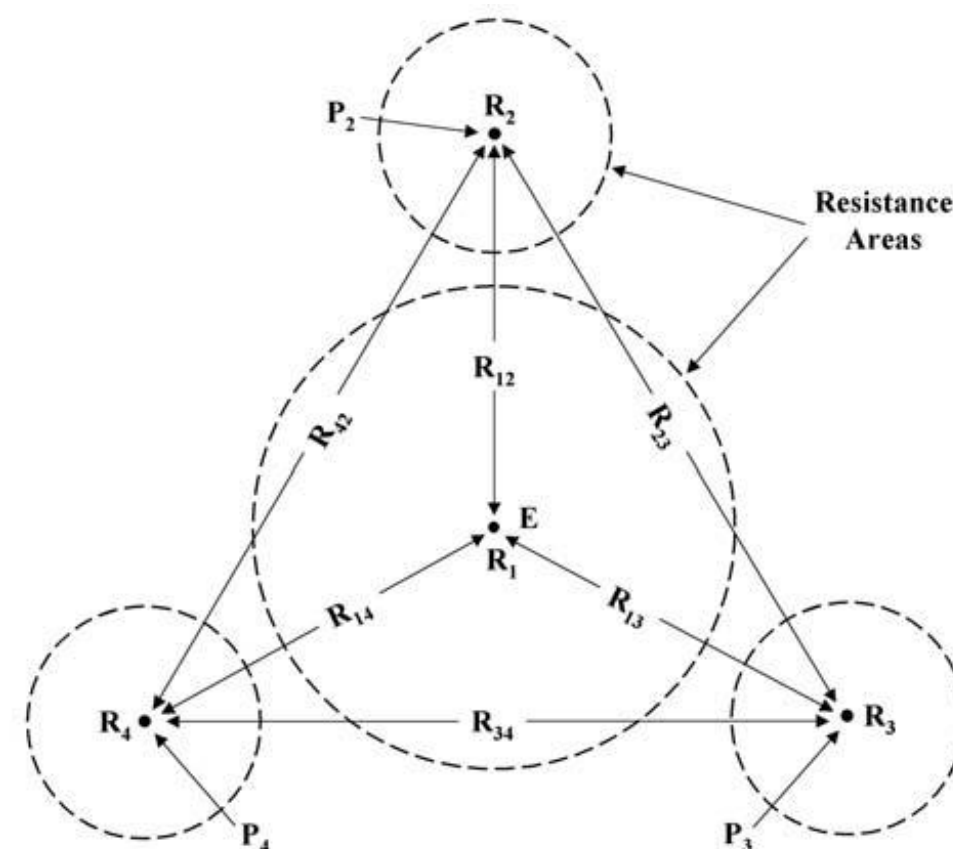
Método Star Delta

--> Sem espaço para colocação de elétrodos

--> Quando não é possível aplicar o método Slope ou Intersing Curves

--> Permite a obtenção do valor da resistência do elétrodo a partir de medições a dois pontos e com cálculos

--> É muito trabalhoso



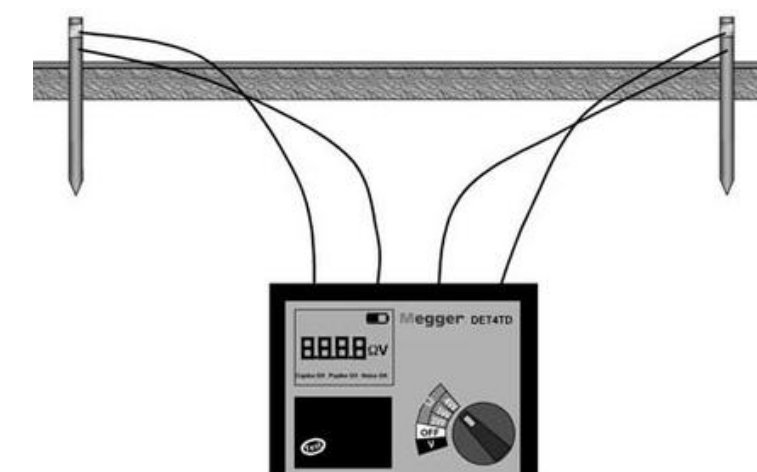
$$R_1 = \frac{1}{3} \left[\frac{(R_{12} + R_{13} + R_{14}) - (R_{23} + R_{24} + R_{34})}{2} \right]$$

$$R_1 = \frac{1}{2} (R_{12} + R_{13} - R_{23})$$

$$R_1 = \frac{1}{2} (R_{12} + R_{14} - R_{42})$$

$$R_1 = \frac{1}{2} (R_{13} + R_{14} - R_{34})$$

Fonte: [05]



$$R_2 = \frac{1}{2} (R_{12} + R_{23} - R_{13}) \quad R_3 = \frac{1}{2} (R_{23} + R_{34} - R_{42})$$

$$R_2 = \frac{1}{2} (R_{12} + R_{42} - R_{14}) \quad R_4 = \frac{1}{2} (R_{14} + R_{42} - R_{12})$$

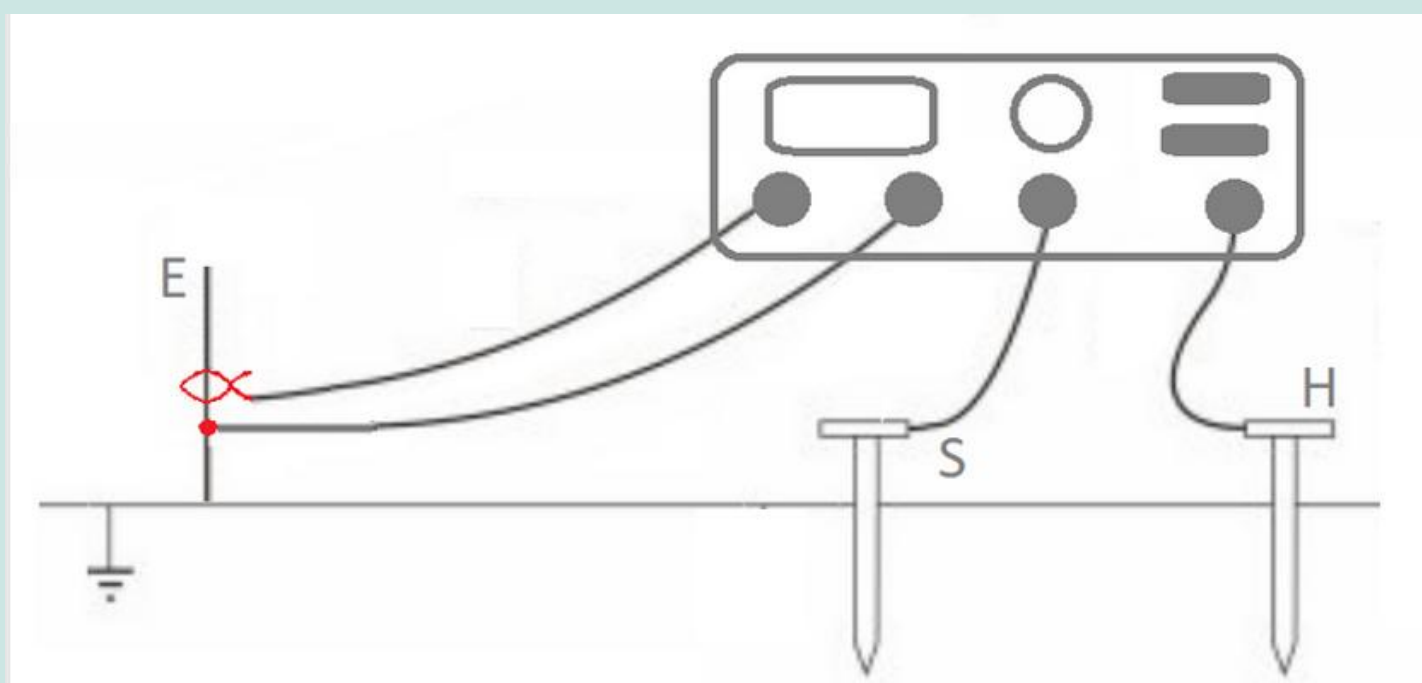
$$R_2 = \frac{1}{2} (R_{23} + R_{42} - R_{34}) \quad R_4 = \frac{1}{2} (R_{14} + R_{34} - R_{13})$$

$$R_3 = \frac{1}{2} (R_{13} + R_{23} - R_{12}) \quad R_4 = \frac{1}{2} (R_{42} + R_{34} - R_{23})$$

$$R_3 = \frac{1}{2} (R_{13} + R_{34} - R_{14})$$

Método Seletivo 3P+Pinça

Medição sem corte de energia



PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO:

- Utilização de 2 elétrodos auxiliares e Pinça

VANTAGENS:

- Igual que o método das quedas de tensão, excluindo a necessidade de corte de energia
- Permite a medição de elétrodos múltiplos, com a medição individual de cada elétrodo

DESVANTAGENS:

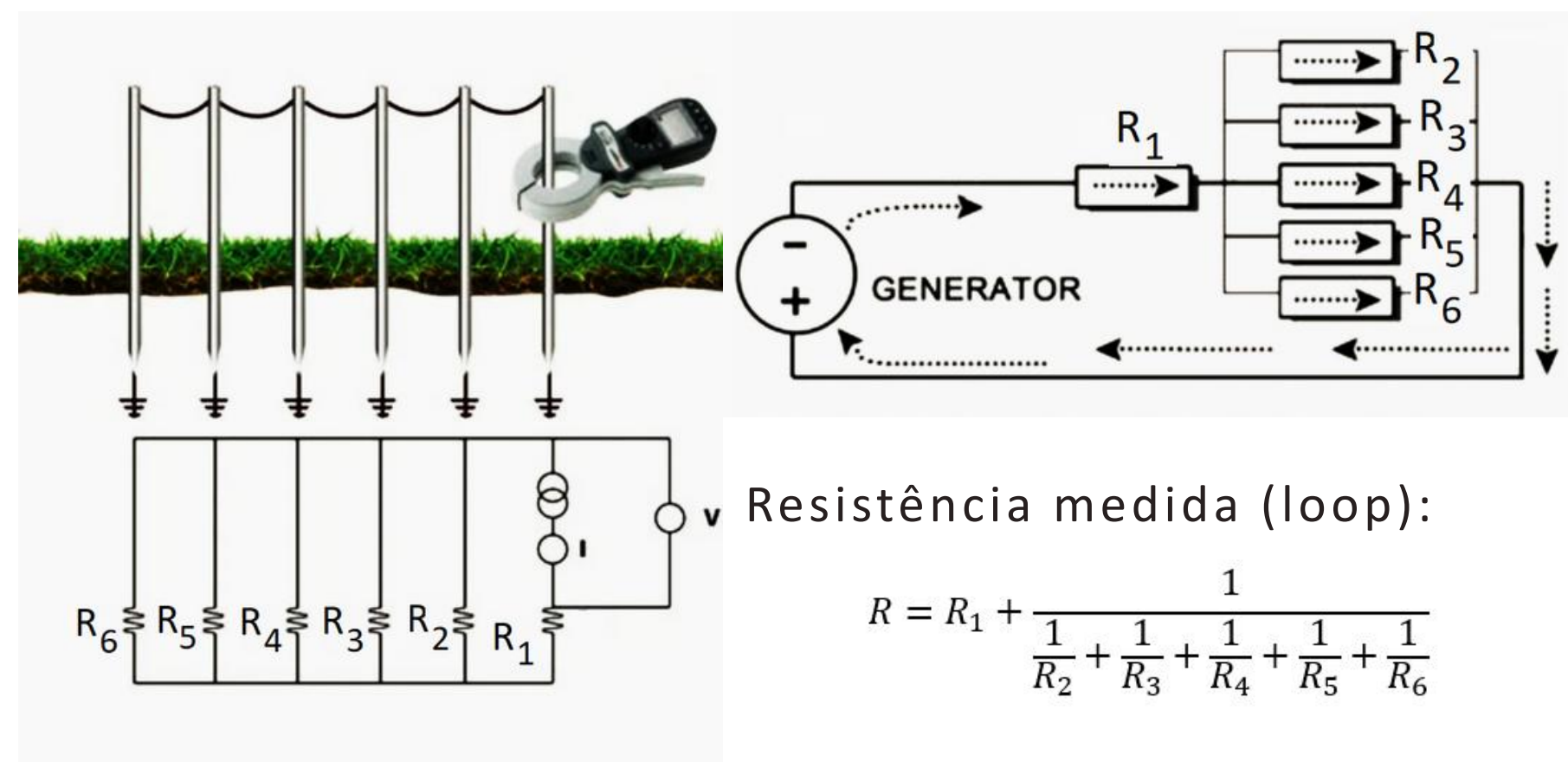
- Existência de ligações à terra em paralelo muito próximos do elétrodo de terra a medir
- Garantir uma distancia suficiente entre E e H por forma a não existir influência

Método Pinça

Resistencia medida para as seguintes situações:

- # $R_1=R_2=..R_6=10\text{ohm}$: $R=12\text{ohm}$
- # $R_1=R_2=..R_{60}=10\text{ohm}$: $R=10,17\text{ohm}$
- # $R_1=100\text{ohm}$ $R_2=..R_6=10\text{ohm}$: $R=102\text{ohm}$
- # $R_1=R_2=..R_5=10\text{ohm}$ $R_6=100\text{ohm}$: $R=12,44\text{ohm}$
- # $R_1=R_2=10\text{ohm}$: $R=20\text{ohm}$

Gera uma tensão, mede a corrente e calcula a resistência pela lei de ohm



Fonte:[08]

Método Pinça



VANTAGENS:

- > Medição rápida e fácil: sem corte de Energia e sem elétrodo auxiliares
- > O resultado será sempre um valor superior ao real valor da resistência do elétrodo (Rloop/Requivalente)

DESVANTAGENS:

- > Utilização apenas com elétrodo paralelos
- > não é possível comprovar o resultado
- > Localização errada do ponto de medição da pinça pode dar valores de resistência errados
- > Quanto menor for o numero de eletrodos paralelos maior será a diferença entre a resistência (loop) medida e a resistência real do elétrodo

Método 2 Pinças

Princípio de funcionamento igual
que o método da pinça



VANTAGENS:

--> todas as mencionadas no método da pinça

DESVANTAGENS:

--> todas as mencionadas no método da pinça

--> garantir a mínima distancia entre as duas pinças
(fabricante)

Impedância da malha de defeito



APLICAÇÃO:

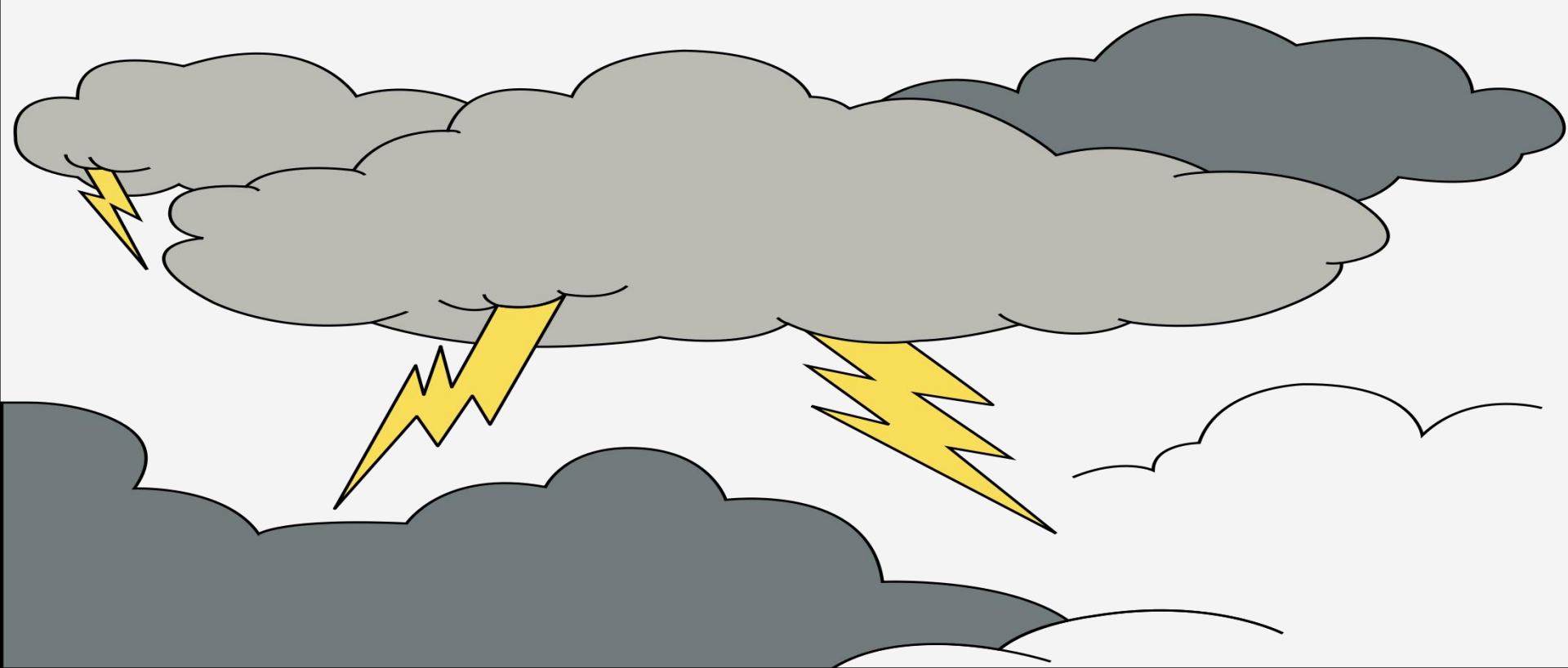
- Quando não é possível medir resistência de terra com estacas ou com pinça
- IEC 30364-6 "Note: if it is not possible to measure RA, this measurement can be replaced by a fault loop measurement as in a) 1)
- A medição é superior ao valor da resistência de terra
- Permite validar o valor de resistência de terra obtido por outro método de medição

Outros métodos de validação de terras

Impedância de terra (Para-Raios)

-->

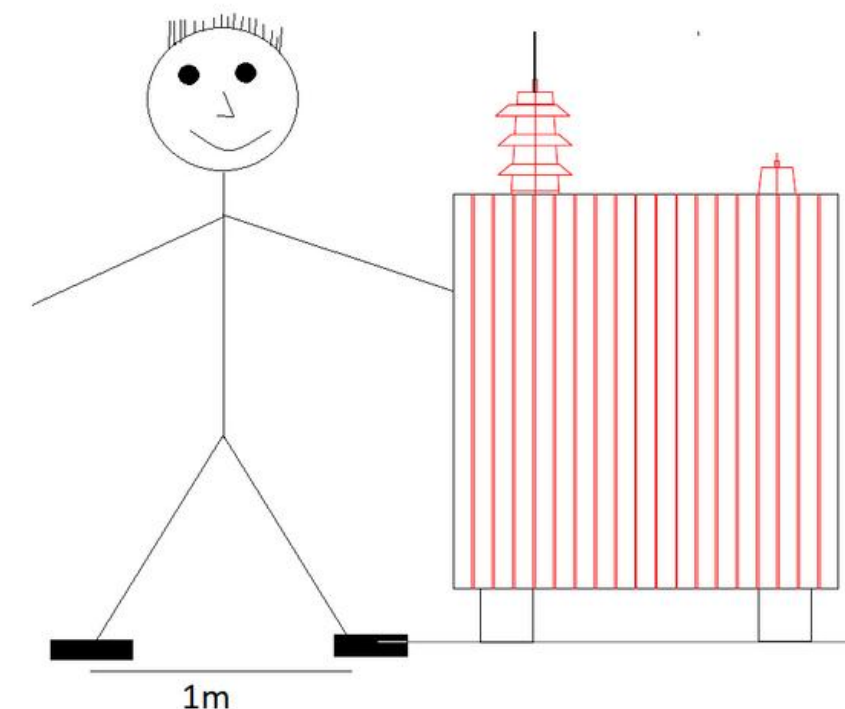
“O raio é um fenómeno de alta frequência e, a este respeito, a avaliação adequada de uma rede de terras é feita através de sua impedância e não de sua resistência” [09]



Medição de Tensão de Passo e de Contacto

-->

Mesmo tendo um bom valor de resistência de terra, a segurança apenas está assegurada com as medições de tensão de passo e contacto



Bibliografia & Referências

01 - Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão, Decreto Regulamentar n.º 90/84

02 - Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento

03 - Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

04 - IEEE Std 81-2012, "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System", New York, IEEE Power and Energy Society, 5 Dezembro de 2012

05 - Megger, "Getting Down to Earth, A practical guide to earth resistance testing", Woburn MA, Test Equipment Depot, 2020

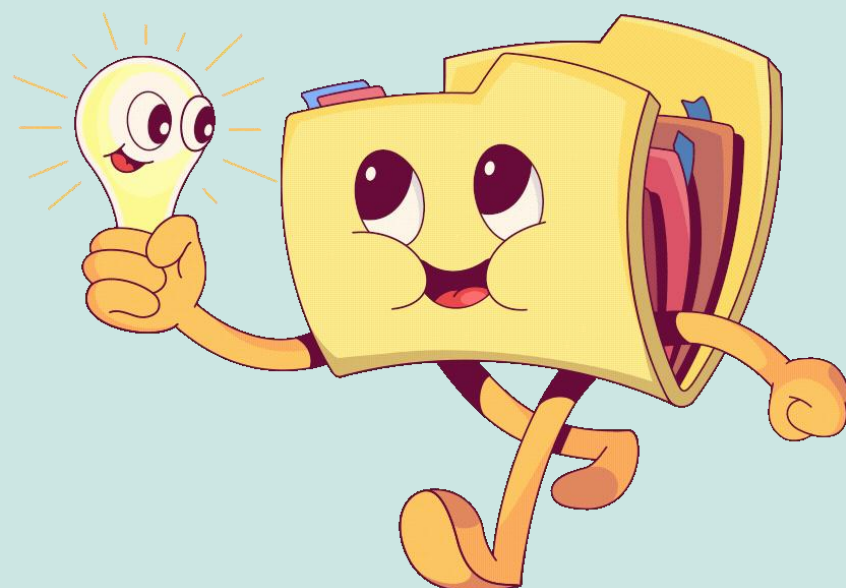
06 - Principles and Practice of Earth Electrode Measurements

07 - Jeffrey R. Jowet; "Ground Testing Procedures Megger", netaworldjournal, November 1, 2020

08 - <https://electrical-engineering-portal.com/measure-ground-resistance-clamp-meter>,
acedido em 1 de Maio 2023 (ajustado)

09- Nota Técnica n.º 29 Para-Raios, Segurança contra incêndio em Edifícios, Autoridade Nacional de Emergência e proteção civil, Outubro de 2022

Conclusão



É necessário conhecer os métodos, sua aplicação, limitações, vantagens e desvantagens

Deve ser feita a escolha do método de medição em função do tipo de eletrodo a medir, das condições e características do local da medição/instalação

Para ter certeza do valor da resistência de terra podemos utilizar mais do que um método de medição

Caso tenha dificuldade, contrate uma empresa especializada neste assunto.

Exemplo: **MESSARA- Qualidade e Segurança Elétrica, Lda.**



Obrigada!