

CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE BT QUANTO AO ATERRAMENTO

Primeira Letra - Especifica a situação da alimentação em relação à terra.

T - A alimentação (lado fonte) tem um ponto diretamente aterrado;

I - Isolação de todas as partes vivas da fonte de alimentação em relação à terra ou aterramento de um ponto através de uma impedância elevada.

Segunda Letra - Especifica a situação das massas (carcaças) das cargas ou equipamentos em relação à terra.

T - Massas aterradas com terra próprio, isto é, independente da fonte;

N - Massas ligadas ao ponto aterrado da fonte;

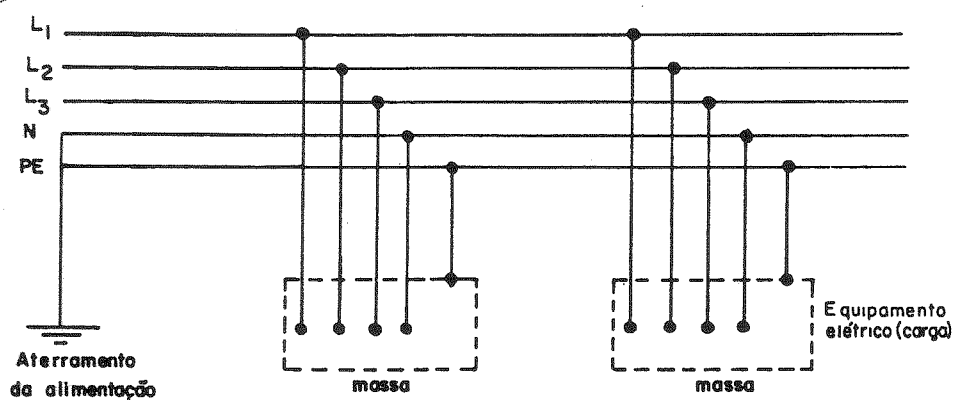
I - Massa isolada, isto é, não aterrada.

Outras Letras - Forma de ligação do aterramento da massa do equipamento, usando o sistema de aterramento da fonte.

S - Separado, isto é, o aterramento da massa é feito com um fio (PE) separado (distinto) do neutro;

C - Comum, isto é, o aterramento da massa do equipamento é feito usando o fio neutro (PEN).

Sistema de alimentação e consumidor do tipo TN-S.



Sistema TN-S

Sistema tipo TN-C.

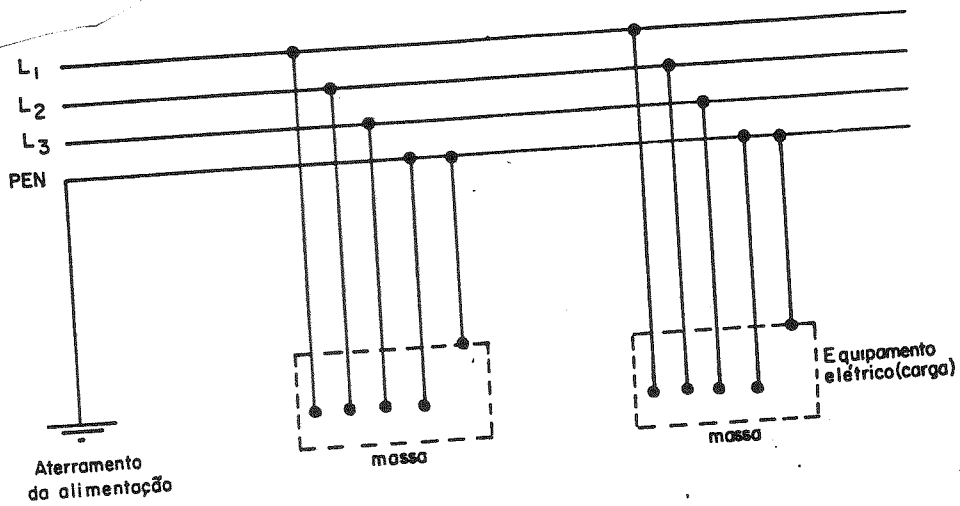
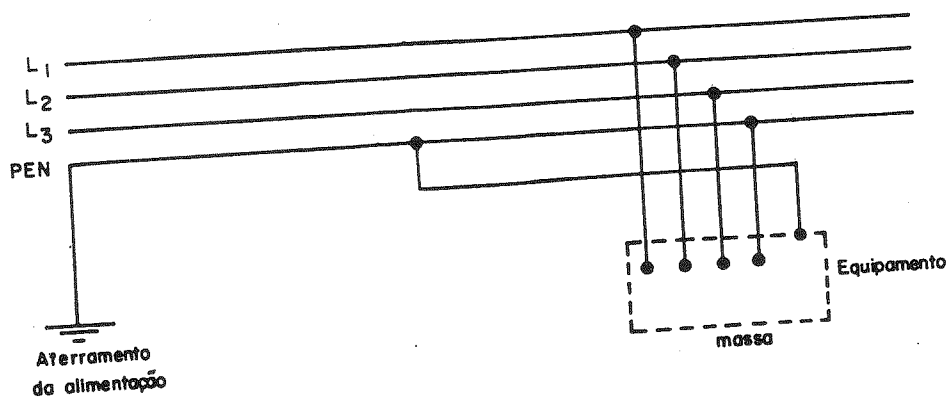


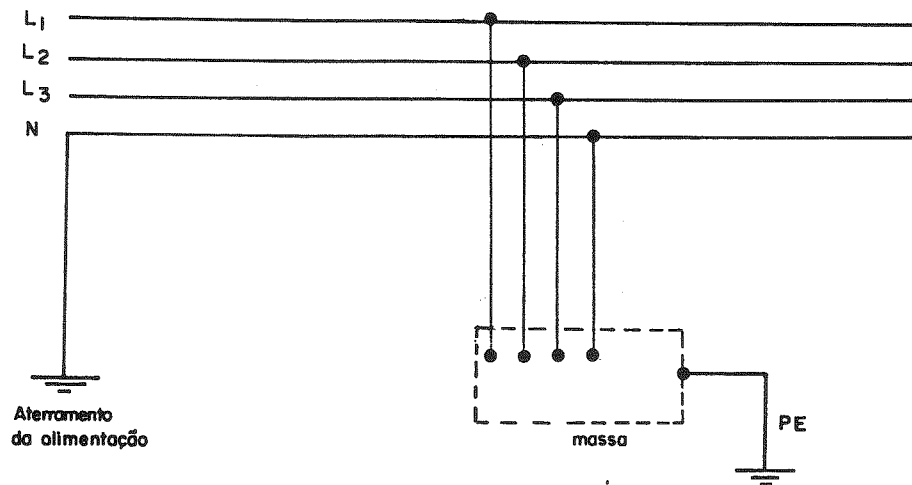
Figura 1.10.2: Sistema TN-C

Sistema TN-C-S - A fonte (alimentação) é aterrada (T), o equipamento tem o seu aterramento que usa um fio separado (S) que, após uma certa distância, é conectado ao fio neutro (C).



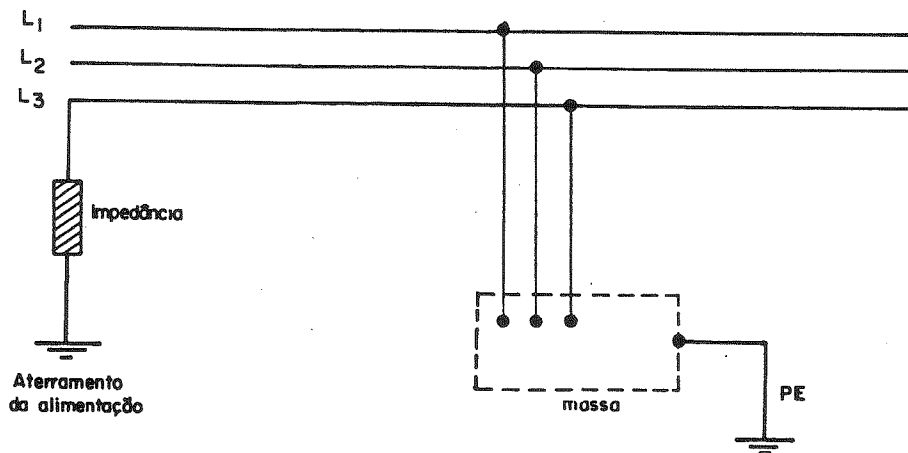
Sistema TN-C-S

Sistema TT - A fonte é aterrada (T) e a massa metálica da carga tem um terra separado e próprio (T).



Sistema TT

Sistema IT - A fonte não está aterrada (I) ou aterrada por uma impedância considerável e a massa do equipamento da carga tem terra próprio (T).



Sistema IT

TIPO DE SOLO	RESISTIVIDADE [$\Omega.m$]
Lama	5 a 100
Terra de jardim com 50% de umidade	140
Terra de jardim com 20% de umidade	480
Argila seca	1.500 a 5.000
Argila com 40% de umidade	80
Argila com 20% de umidade	330
Areia molhada	1.300
Areia seca	3.000 a 8.000
Calcário compacto	1.000 a 5.000
Granito	1.500 a 10.000

Tabela 1.2.1: Tipo de Solo e Respectiva Resistividade

Índice de Umidade (% por peso)	Resistividade ($\Omega.m$) (solo arenoso)
0,0	10.000.000
2,5	1.500
5,0	430
10,0	185
15,0	105
20,0	63
30,0	42

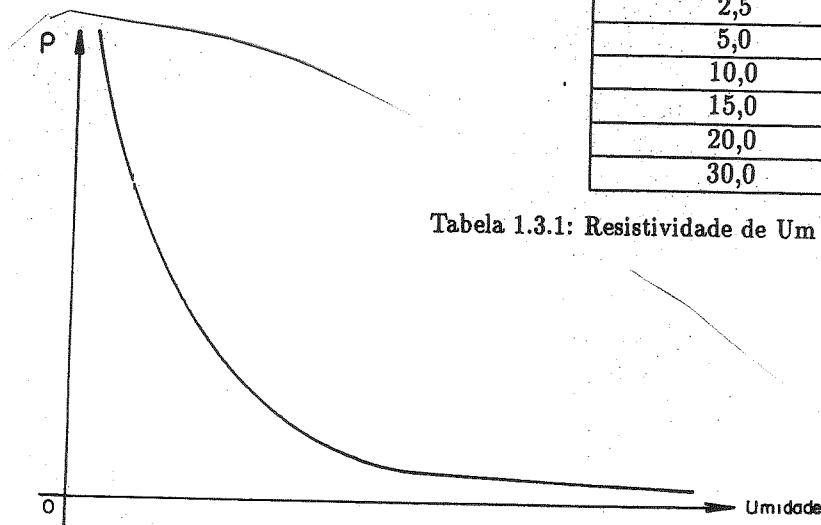
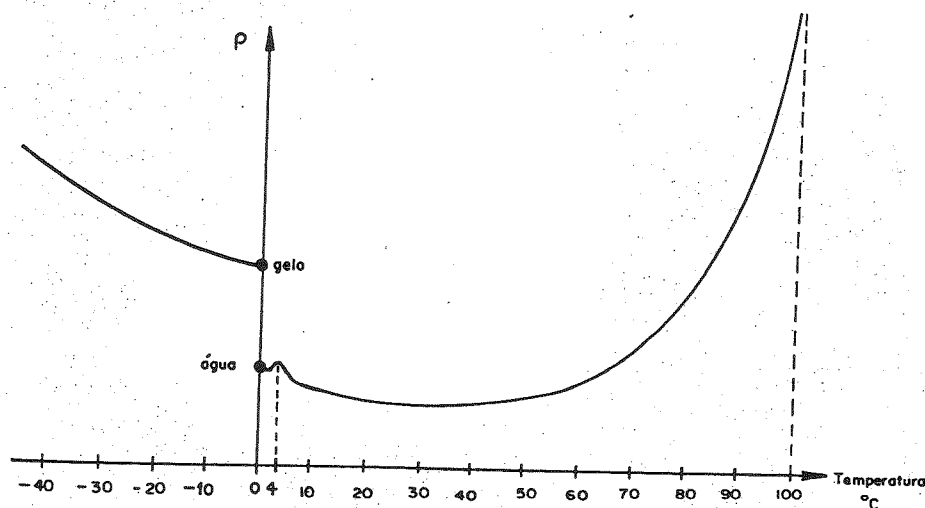


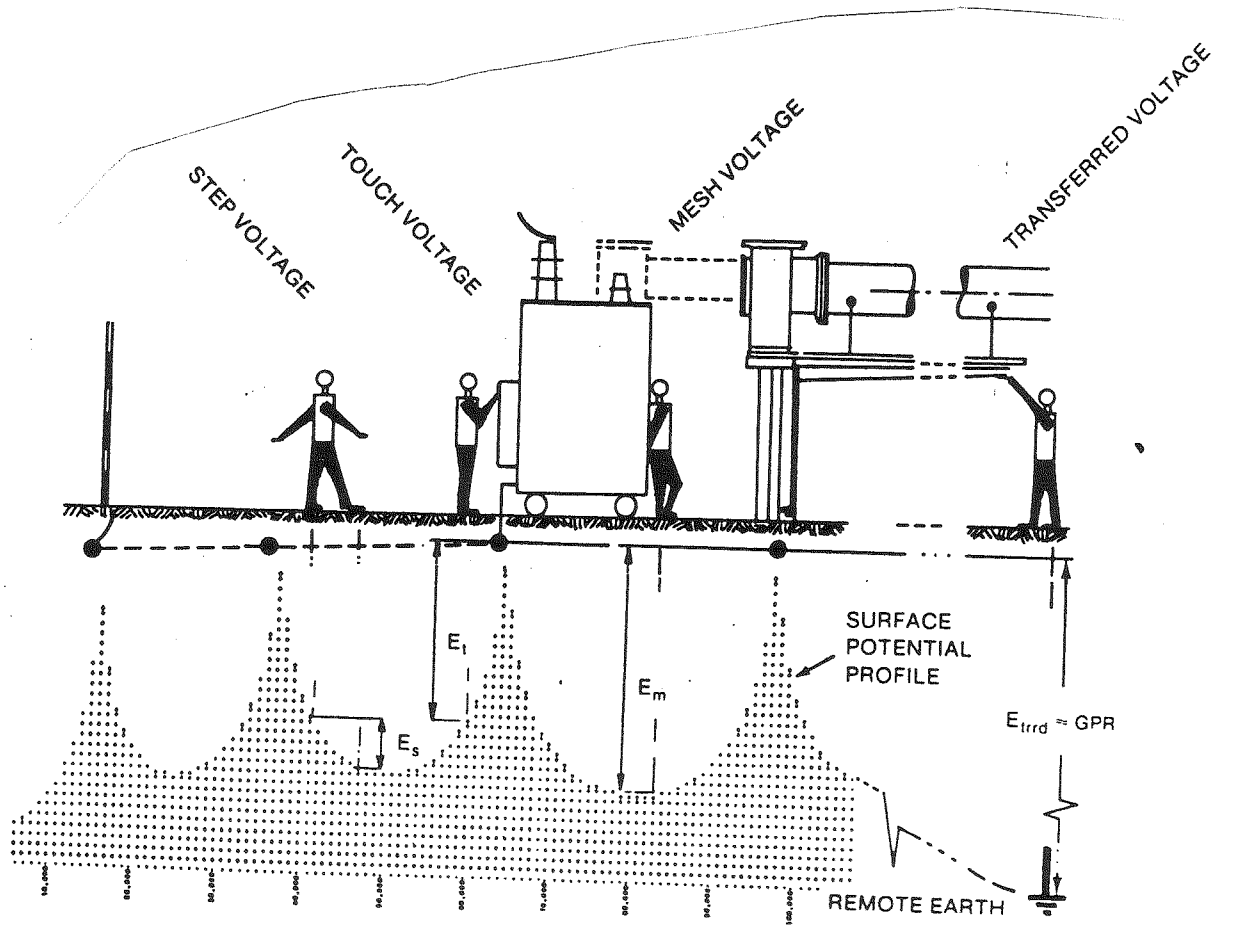
Tabela 1.3.1: Resistividade de Um Solo Arenoso com Concentração de Umidade

Figura 1.3.1: ρ x Umidade Percentual Solo Arenoso

Temperatura ($^{\circ}C$)	Resistividade ($\Omega.m$) (solo arenoso)
20	72
10	99
0 (água)	138
0 (gelo)	300
- 5	790
-15	3.300

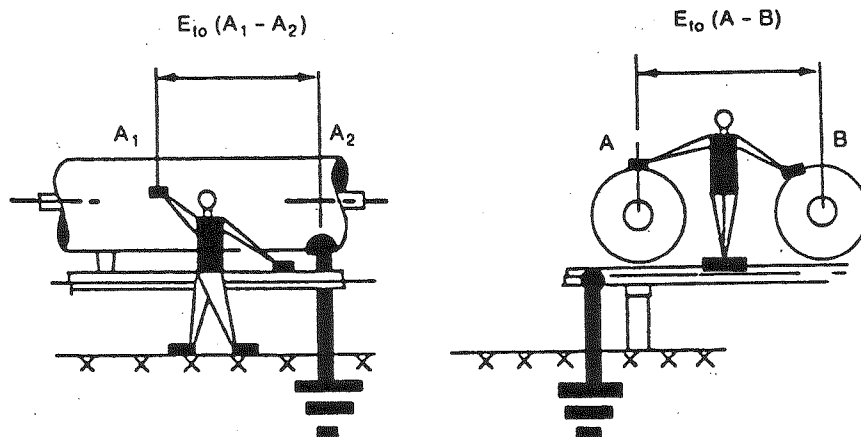
Tabela 1.4.1: Variação da Resistividade Com a Temperatura Para o Solo Arenoso

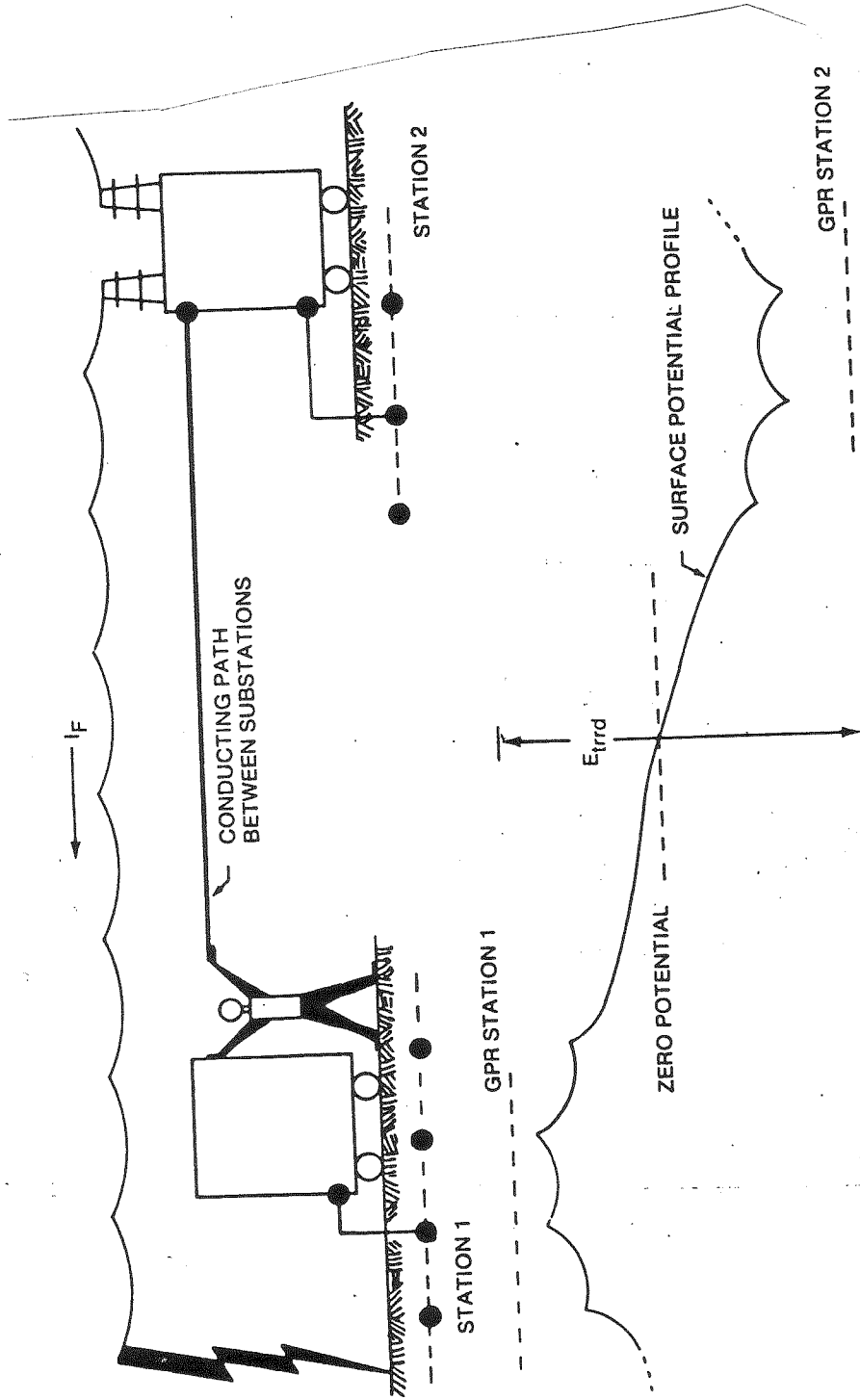




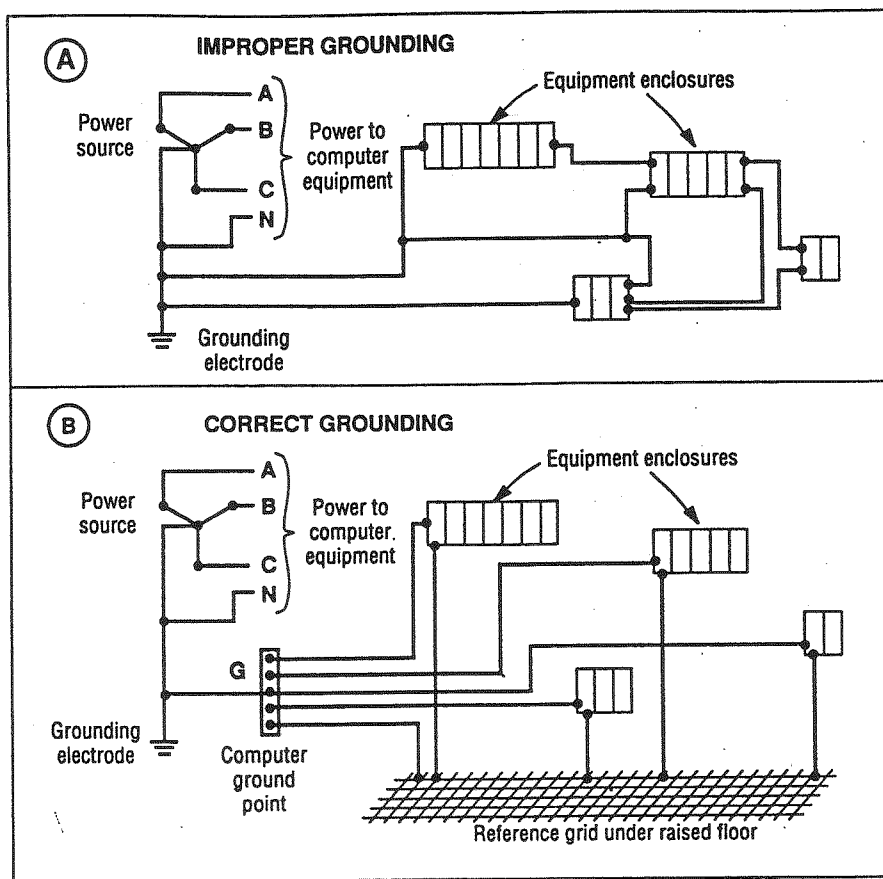
Basic Shock Situations

Typical Metal-to-Metal Touch Situations in GIS

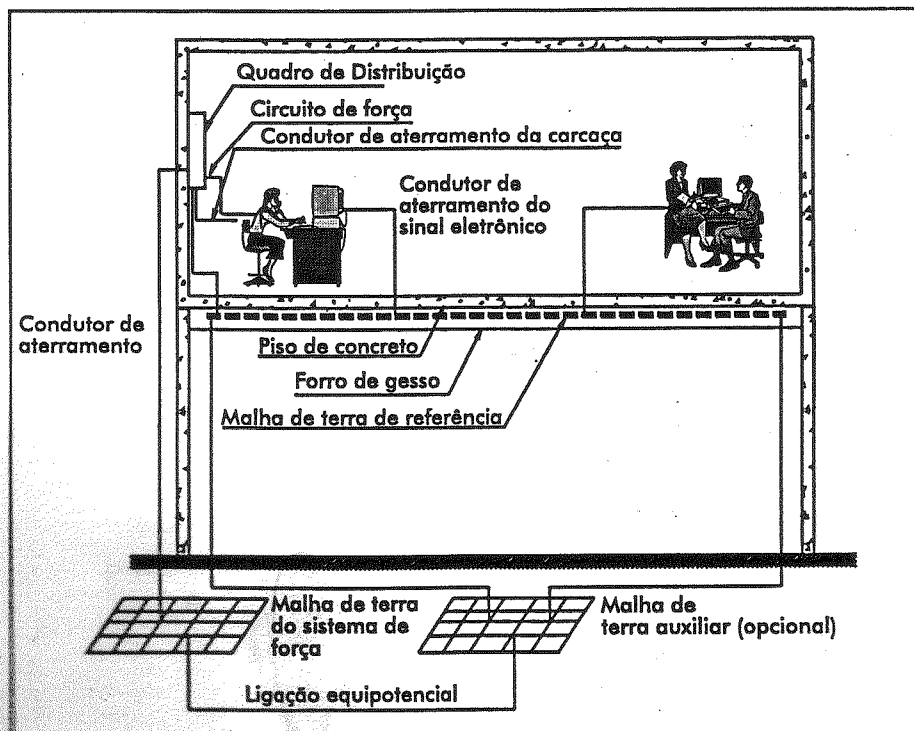




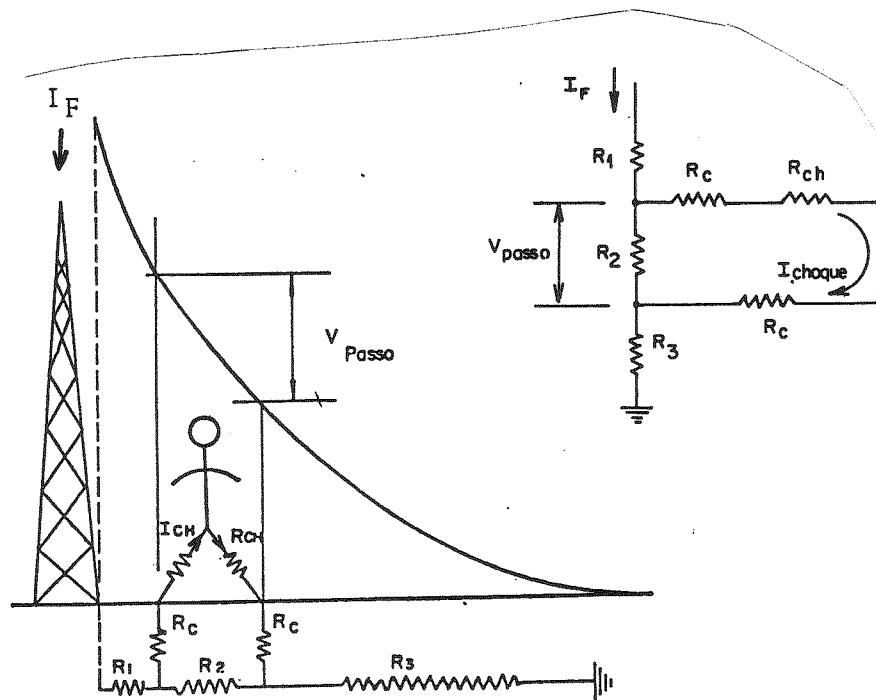
Typical Situation of External Transferred Potential



Computer equipment grounding techniques. (A) illustrates grounding that is not appropriate for this type of equipment. (B) illustrates proper grounding utilizing both equipment grounding and a reference-grid for high-frequencies. Note that all ground leads for grounding of the equipment (not to reference grid) must be run in the same cable or raceway with power conductors. All connections from the equipment to the reference grid must be kept as short as possible.



Instalação de computadores em edifícios, acima do nível do solo



Tensão de Passo

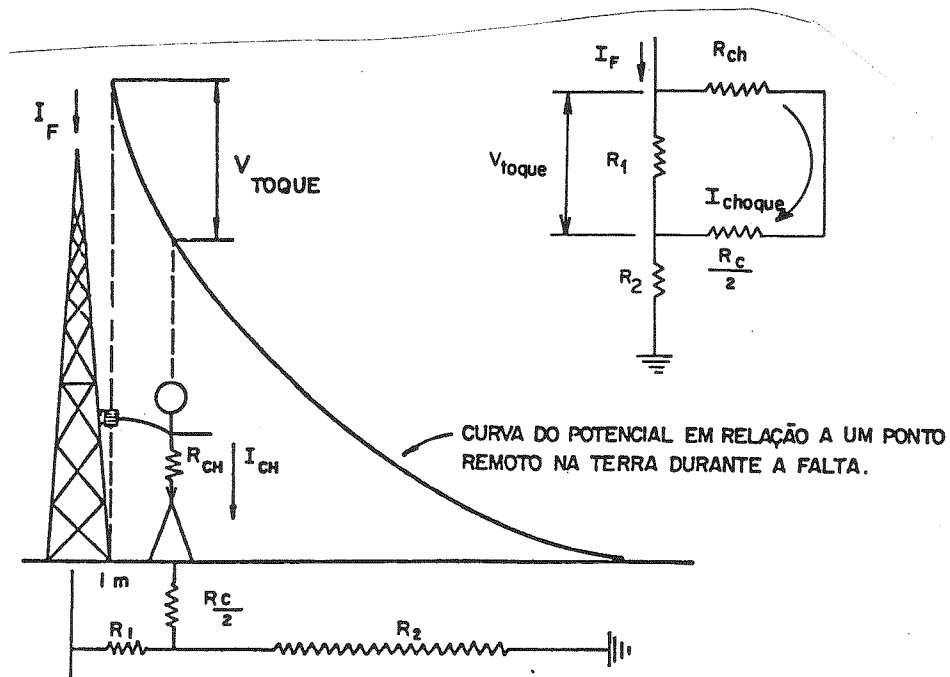
$$V_{passo} = (R_{ch} + 2 R_c) I_{choque}$$

Para $R_c = 3 \text{ } \Omega$

$$V_{passo} = (1000 + 6 \text{ } \Omega) I_{choque}$$

$$V_{passo \text{ máximo}} = \frac{116 + 0,696 \text{ } \Omega}{\sqrt{t}}$$

POTENCIAL DE PASSO



Potencial de Toque

$$V_{toque} = \left(R_{ch} + \frac{R_c}{2} \right) \cdot I_{choque}$$

Onde:

R_{ch} \Rightarrow Resistência do corpo humano considerada 1.000Ω

R_c \Rightarrow Resistência de contato que pode ser considerada igual a $3\mu s$ (resistividade superficial do solo), de acordo com a recomendação da IEEE-80

I_{choque} \Rightarrow Corrente de choque pelo corpo humano

R_1 e R_2 \Rightarrow Resistências dos trechos de terra considerados

A expressão do potencial de toque pode ser escrita da seguinte maneira:

$$V_{toque} = (1000 + 1,5 \mu s) I_{choque}$$

$$V_{toque \text{ máximo}} = \frac{116 + 0,174 \mu s}{\sqrt{t}}$$

POTENCIAL DE TOQUE

MALHA DE ATERRAMENTO

• CONDUTOR

$$I = 226,53 S_{Cu} \sqrt{\frac{1}{t_{def.}} \ln \left(\frac{\theta_m - \theta_a}{234 + \theta_a} + 1 \right)}$$

S_{Cu} - mm^2

θ_a - temp. ambiente $^{\circ}C$

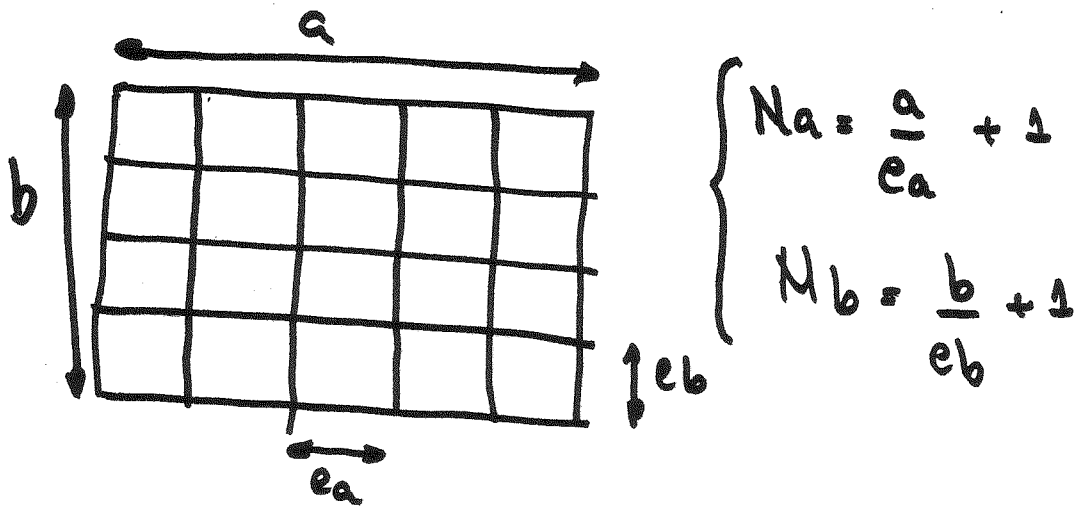
I - A

θ_m - temp. máxima permissível $^{\circ}C$

$t_{def.}$ - s

θ_m	CONEXÃO
$250^{\circ}C$	CAVILHADA, PRESSÃO
$450^{\circ}C$	SOLDA CONVENCIONAL
$550^{\circ}C$	MAÇAMCO (LIGA Cu - FÓSFORO)
$850^{\circ}C$	SOLDA EXOTÉRMICA

Malha de Terra



$$L_{\text{cabo}} = a N_b + b N_a$$

$$L_{\text{total}} = L_{\text{cabo}} + L_{\text{hastes}}$$

$$R_{\text{malha}} = \rho_a \left[\frac{1}{L_{\text{TOTAL}}} + \frac{1}{\sqrt{20 A_{\text{malha}}}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A_{\text{malha}}}}} \right) \right]$$

$$A_{\text{malha}} = a \cdot b \text{ (m}^2\text{)}$$

h = profundidade da malha (m) ($0,25 \leq h \leq 2,5$ m)

$$V_{\text{malha}} = \frac{\rho_a \chi_m K_i I_{\text{malha}}}{L_{\text{TOTAL}}}$$

$$\chi_m = \frac{1}{2\pi} \left\{ \ln \left[\frac{e^2}{16hd} + \frac{(e+2h)^2}{8ed} - \frac{h}{4d} \right] + \frac{K_{ii}}{Kh} \frac{8}{\pi(2N-1)} \right\}$$

e - espaçamento (m)

h - profundidade (m)

d - diâmetro (m)

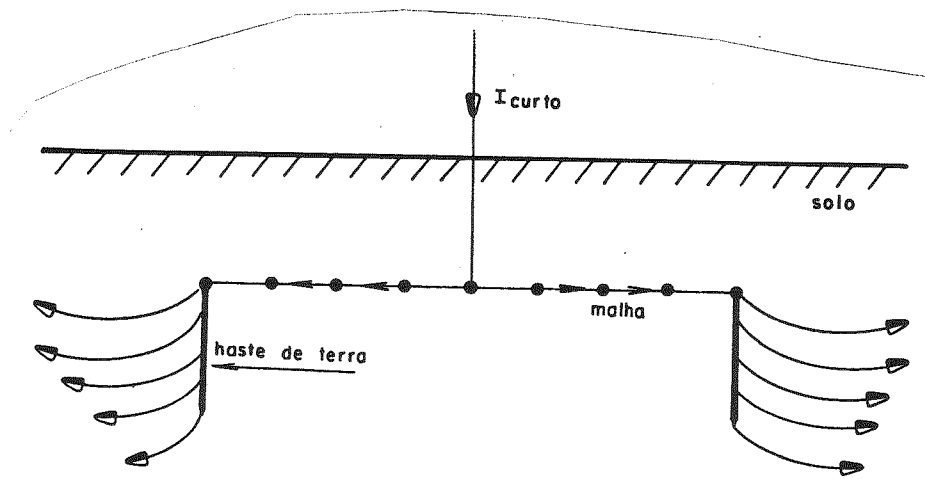
$$N = \sqrt{N_a N_b}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} \quad (h_0 = 3 \text{ m})$$

$K_{ii} = 1$ hastes longo do perímetro ou nos cantos ou ambos

$K_{ii} = \frac{1}{(2N)^{2/N}}$ sem hastes ou poucas hastes

$$K_i = 0,656 + 0,172N$$



Hastes no Perímetro da Malha

$$L_{TOTAL} = L_{cabo} + 1,15 L_{HASTES}$$

- $$V_{malha} = \frac{I_a K_m K_i I_{malha}}{L_{cabo} + 1,15 L_{hastes}}$$

- $$V_{passo} = \frac{I_a K_p K_i I_{malha}}{L_{TOTAL}} \quad (\text{sem hastes})$$

$$K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{e+h} + \frac{1}{e} (1 - 0,5^{N-2}) \right]$$

$$N = \text{Máximo } (N_a, N_b)$$

- $$V_{passo} = \frac{I_a K_p K_i I_{malha}}{L_{cabo} + 1,15 L_{hastes}} \quad (\text{hastes periferia})$$

LIMITAÇÕES : $N \leq 25$, $d < 0,25 h$
 $0,25 \leq h \leq 2,5 \text{ m}$, $e \geq 2,5 \text{ m}$

POTENCIAL DE TOQUE NA CERCA

$$V_{cerca} = \frac{I_a K_c K_i I_{malha}}{L_{total}} \quad (\text{sem hastes})$$

$$K_c = \frac{1}{2\pi} \left\{ \ln \left[\frac{(h^2+x^2)[h^2+(e+x)^2]}{hd(h^2+e^2)} \right] + 2 \ln \left\{ \left[\frac{2e+x}{2e} \right] \cdot \left[\frac{3e+x}{3e} \right] \dots \left[\frac{(N-1)e+x}{(N-1)e} \right] \right\} \right\}$$

x = distancia da periferia da malha ao ponto considerado (pessoa)

N = maximo (N_a, N_b)

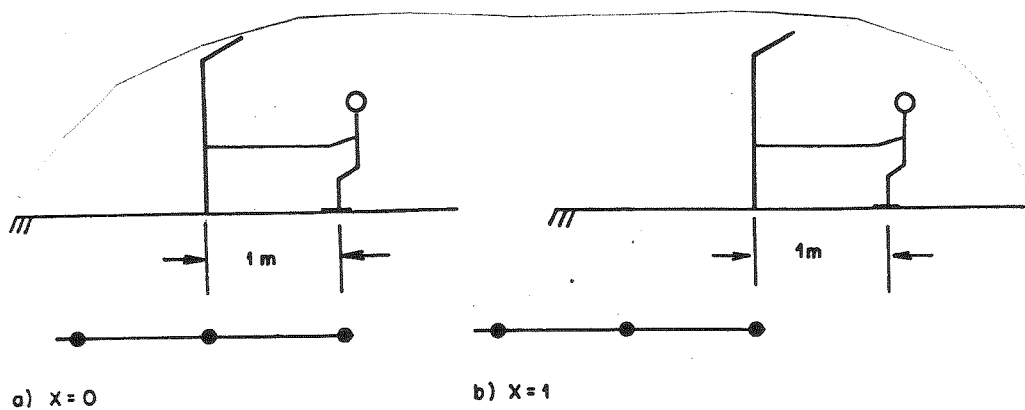
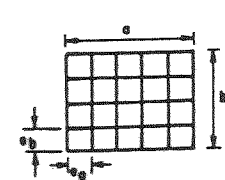
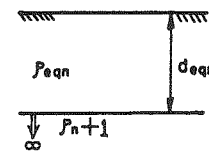
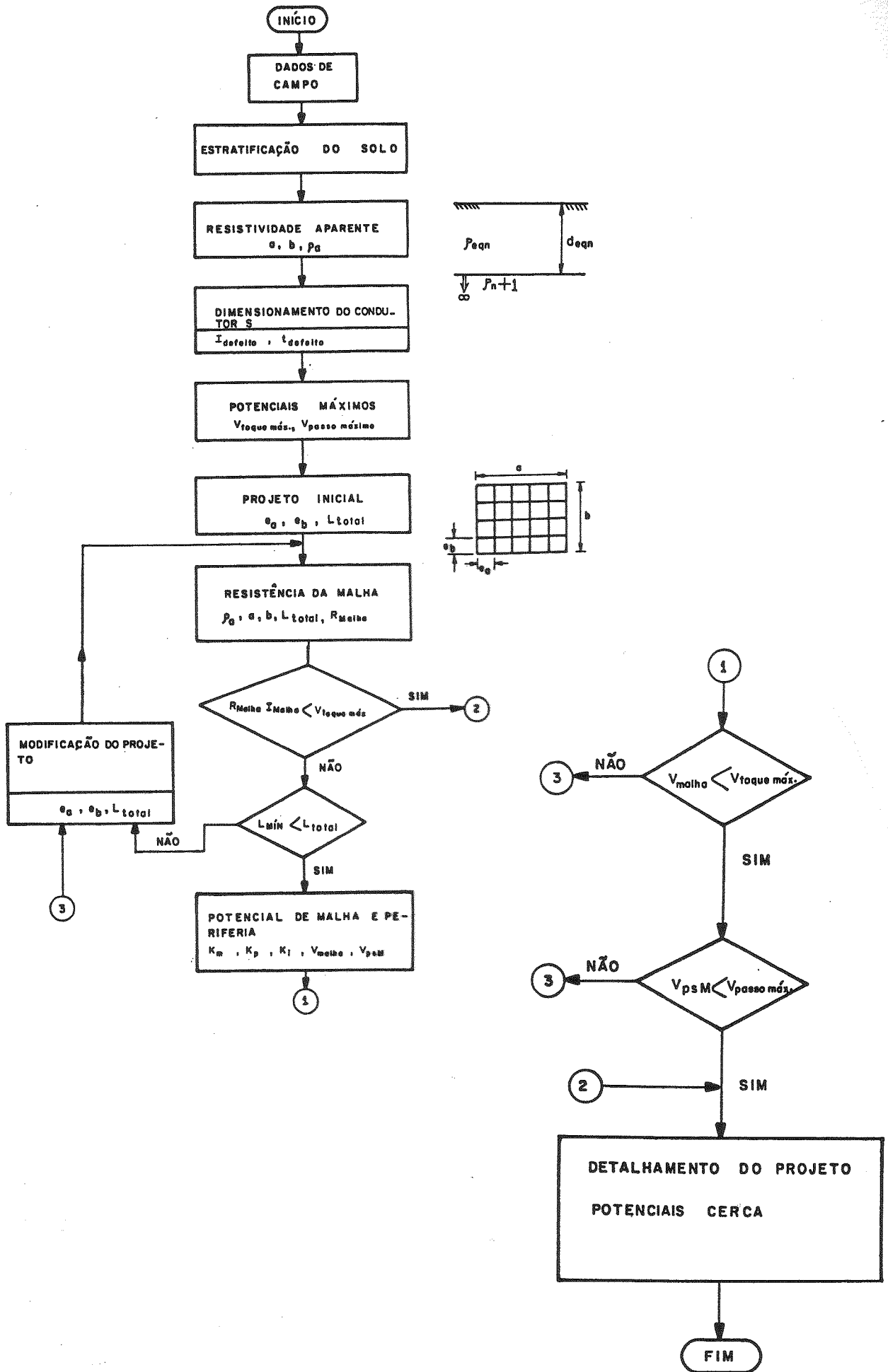


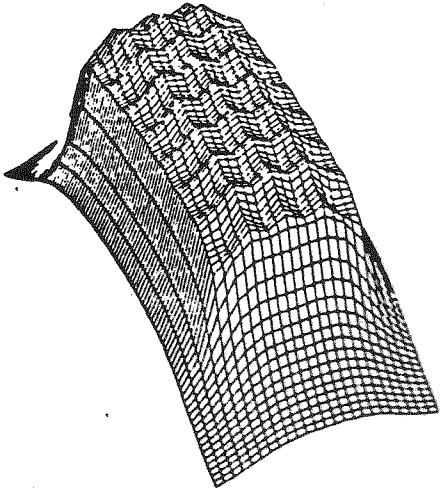
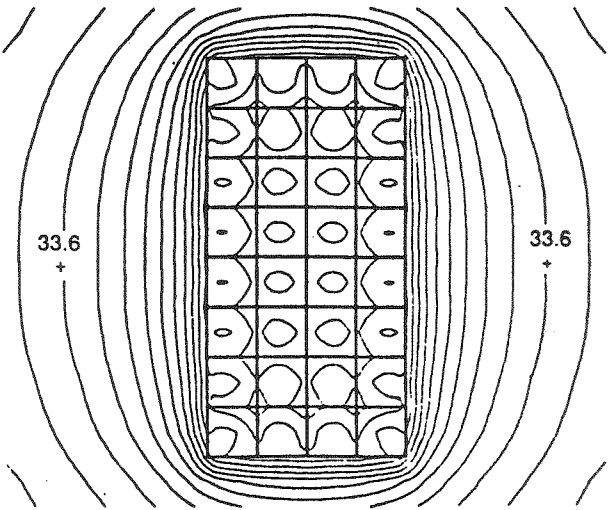
Ilustração da Distância x

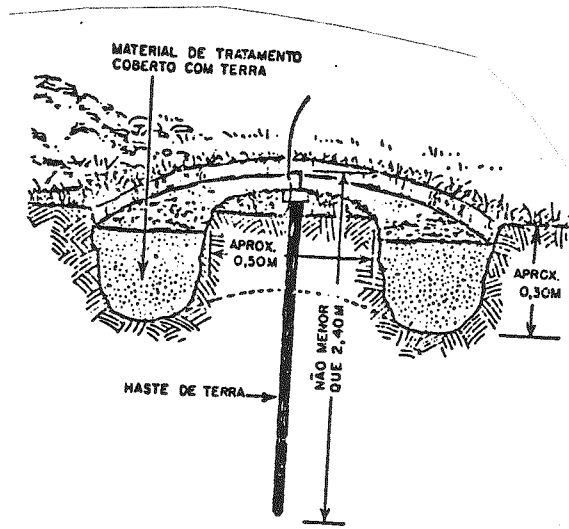
$$V_{cerca} = \frac{I_a K_c K_i I_{malha}}{L_{cabo} + 1,15 L_{hastes}}$$



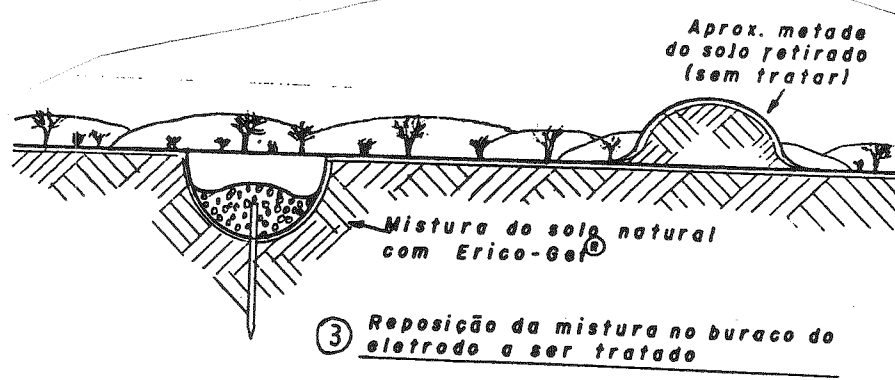
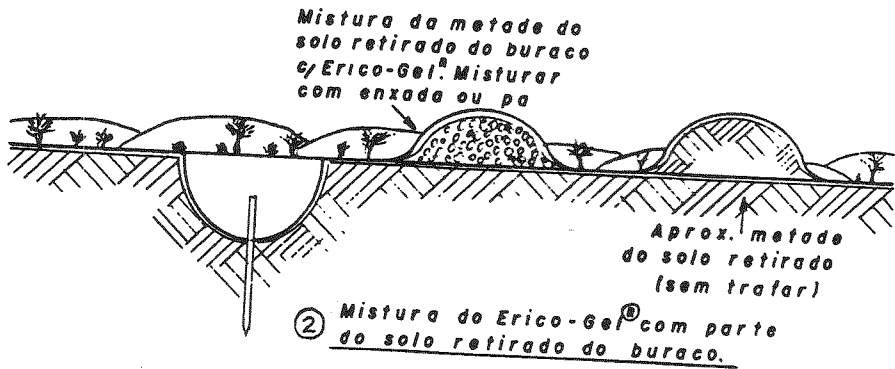
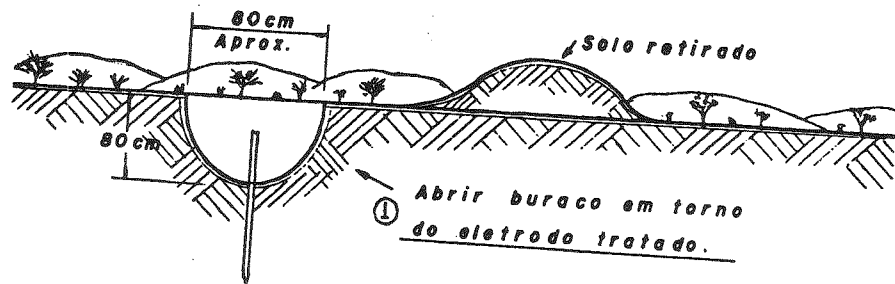
Fluxograma da Malha de Terra

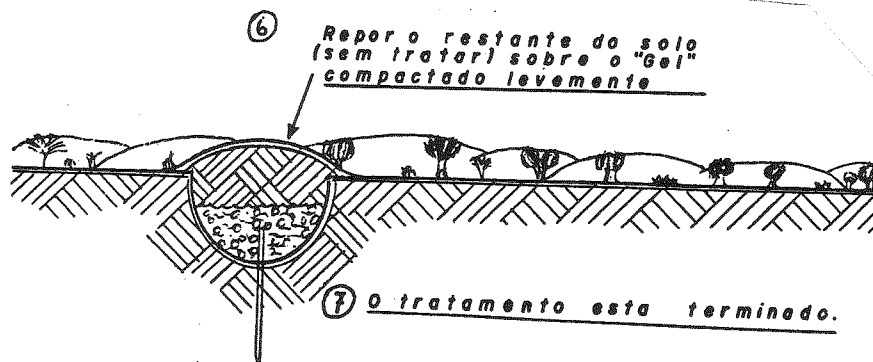
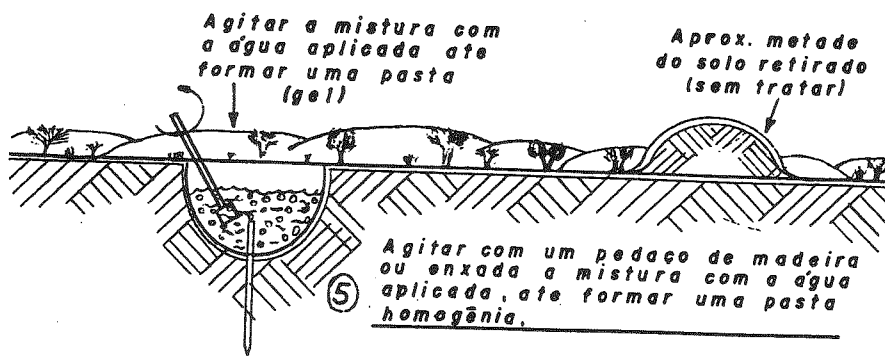
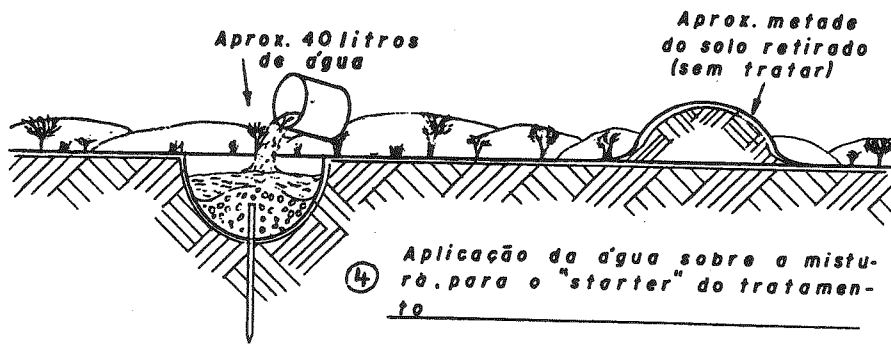
**Equipotential Contours of a Typical Grounding Grid
With and Without Ground Rods**





Tratamento Químico do Solo Tipo Trincheira (rosquinha)





Seqüência de um Tratamento Químico do Tipo GEL