CÁLCULO DA MALHA DE ATERRAMENTO

Local: CENTRO DE REFERÊNCIA GEOCIÊNCIAS

Resistividade aparente do solo	ρ_a	Ω.m	**250,00**
Resistividade da camada superior do solo	ρ_1	Ω.m	**150,00**
Resistividade do material de acabamento da superfície da área da malha de terra	ρ_s	Ω.m	**20.000,00**
Corrente máxima de curto circuito fase-terra	I_{cft}	A	**27.000,00**
Corrente mínima de curto circuito fase-terra	I_{cftmin}	A	**800,00**
Tempo de duração da corrente de curto circuito fase-terra	T_f	seg	**0,50**
Fator da seção mínima do condutor	k_c (T_f=1,0seg e solda exotérmica)	mm²/A	0,002533
Seção mínima do condutor	$S_c=k_c.I_{cft}$	mm²	68,39
Seção do condutor escolhida	Indicado utilizar (50mm² para edificações comuns, 70mm² para subestações , 95mm² para subestações e datacenters)	mm²	**70,00**
Comprimento da malha de terra	C_m	m	**54,00**
Distância entre os cabos correspondentes à largura da malha de terra	D_l	m	**15,00**
Número de condutores principais	$N_{cp}=(C_m/D_l)+1$	unid	4,60
Largura da malha de terra	L_m	m	**19,00**
Distância entre os cabos correspondentes ao comprimento da malha de terra	D_c	m	**10,00**
Número de condutores de junção	$N_{cj}=(L_m/D_c)+1$	unid	2,90
Comprimento do condutor	$L_{cm}=1,05[(C_m.N_{cj})+(L_m.N_{cp})]$	m	256,20
Coeficientes para ajustes:			
Coeficiente de malha (condutores principais)	$K_{mp}=(1/2\pi)\ln[D_l^2/(4\pi(N_{cp}-1)H.D_{ca})]$		1,1026
Coeficiente de malha (condutores de junção)	$K_{mj}=(1/2\pi)\ln[D_c^2/(4\pi(N_{cj}-1)H.D_{ca})]$		1,0752
Profundidade da malha	H (A norma NBR 5419:2015 exige profundidade mínima de 0,50 m)	m	**0,50**
Diâmetro do condutor	D_{ca}	m	0,00975
Coeficiente de superfície dos condutores principais	$K_{sp}=(1/\pi)\{(1/2H)+(1/(D_l+H))+((\ln[0,655(N_{cp}-1)-0,328])/D_l^2)\}$		0,33985
Coeficiente de superfície dos condutores de junção	$K_{sj}=(1/\pi)\{(1/2H)+(1/(D_c+H))+((\ln[0,655(N_{cj}-1)-0,328])/D_c^2)\}$		0,34835
Coeficiente de irregularidade dos condutores principais	$K_{ip}=0,65+0,172N_{cp}$		1,441
Coeficiente de irregularidade dos condutores de junção	$K_{ij}=0,65+0,172N_{cj}$		1,149
Comprimento mínimo do condutor da malha	$L_c=(K_m.K_i.\rho_a.I_{cft}.(T_f)^{1/2})/(0,116+0,174\rho_s)$	m	64,57
Condição satisfeita?	**$L_{cm}>=L_c$**		**SIM**
Tensão de passo	$E_{pa}=(116+0,7\rho_s)/(T_f)^{1/2}$	V	19.963,04
Tensão de passo na periferia da malha	$E_{per}=K_s.K_i.\rho_1.I_{cftmin}/L_{cm}$	V	235,15
Condição satisfeita?	**$E_{pa}>=E_{per}$**		**SIM**
Tensão máxima de toque	$E_{tm}=(116+0,174\rho_s)/(T_f)^{1/2}$	V	5.085,51
Tensão de toque existente	$E_{te}=K_m.K_i.\rho_1.I_{cftmin}/L_{cm}$	V	744,29
Condição satisfeita?	**$E_{tm}>=E_{te}$**		**SIM**
Corrente máxima de choque	$I_{ch}=116/(T_f)^{1/2}$	mA	164,05
Corrente de choque existente devido à tensão de passo sem brita na periferia da malha	$I_{pmsb}=1000E_{per}/(1000+6\rho_1)$	mA	123,76
Condição satisfeita?	**$I_{pmsb}<=I_{ch}$**		**SIM**
Corrente de choque existente na periferia da malha devido à tensão de passo, com a camada de brita	$I_{pmcb}=1000E_{per}/(1000+6(\rho_1+\rho_s))$	mA	1,93

CÁLCULO DA MALHA DE ATERRAMENTO

Local: CENTRO DE REFERÊNCIA GEOCIÊNCIAS

Condição satisfeita?	**I_{pmcb} <=I_{ch}**		**SIM**
Corrente de choque devido a tensão de toque existente, sem brita	$I_{tmsb}=1000E_{te}/(1000+1,5\rho_1)$	mA	607,58
Condição satisfeita?	**I_{tmsb} <=I_{ch}**		**NÃO**
Nota: Devido a condição não satisfeita é obrigatória a utilização de brita.			
Corrente de choque devido a tensão de toque existente, com brita	$I_{tmcb}=1000E_{te}/(1000+1,5(\rho_1+\rho_s))$	mA	23,84
Condição satisfeita?	**I_{tmcb} <=I_{ch}**		**SIM**
Corrente mínima de acionamento do relé de terra	$I_a=(R_{ch}+1,5\rho_s)9L_{cm}/1000K_mK_i\rho_1$	A	299,88
Resistência do corpo humano	R_{ch}	Ω	1.000,00
Resistência da malha de terra sem a influência dos eletrodos verticais	$R_{mc}=(\rho_a/(4R))+(\rho_a/L_{cm})$	Ω	4,43
Área da malha de terra	$S_{malha}=C_m.L_m$	m²	1.026,00
Raio do círculo equivalente à area da malha de terra	$R=(S_{malha}/\pi)^{1/2}$	m	18,07
Cálculo da resistência da malha de terra com a influência dos eletrodos verticais:			
Resistência de aterramento de um eletrodo vertical	$R_{el}=(\rho_a/(2\pi L_h))Ln((400L_h)/(2,54D_h)$	Ω	85,49
Comprimento da haste de terra	L_h	m	3,00
Diâmetro equivalente da haste de terra	D_h	polegada	0,750
Coeficiente de redução da resistência de um eletrodo vertical	$K_h=(1+A.B)/N_h$		0,0399
Número de hastes de terra (máximo)	$N_h=N_{cp}.N_{cj}$	unid	**13,34**
Número de hastes de terra (projetado)	$N_h=N_{cp}.N_{cj}$	unid	**35**
Distância média entre as hastes	Distância encontrada conforme esboço de Projeto	m	**15,00**
Coeficiente A	Para haste de 3/4'' comprimento 3m		0,0287
Coeficiente B	Para N_h hastes		13,8261
Resistência de aterramento do conjunto de eletrodos verticais	$R_{ne}=K_h.R_{el}$	Ω	3,41
Resistência mútua dos cabos e eletrodos verticais	$R_{mu}=(\rho_a/\pi L_{cm})[Ln(2L_{cm}/L_{th})+(K_1L_{cm}/S_{malha}^{1/2})-K_2+1]$	Ω	1,76
Comprimento total das hastes utilizadas	$L_{th}=L_h.N_h$	m	105,00
Constante K	$K=C_m/L_m$		2,842
Constante K_1	$K_1=1,14125-0,0425K$		1,020
Constante K_2	$K_2=5,49-0,1443K$		5,080
Resistência total da malha	$R_{tm}=(R_{mc}.R_{ne}-R_{mu}^2)/(R_{mc}+R_{ne}-2R_{mu})$	Ω	2,78
Condição satisfeita?	**R_{tm} <=10 Ω**		**SIM**