

MEMORIAL DESCRITIVO

PROJETO EXECUTIVO DE ADEQUAÇÃO DO CENTRO DE REABILITAÇÃO

BRASÍLIA, 09 DE JULHO DE 2023.

Carlos Vinicius França Barbosa
Engenheiro Eletricista/Engenheiro Seg. do Trabalho
CREA 17928D/RO

1. INTRODUÇÃO

Este memorial abrange o Projeto Executivo de adequação e integração da Clínica de Fisioterapia e Reabilitação Cardíaca para transformar no Centro de Reabilitação (CR) do Hospital das Forças Armadas localizado na cidade de Brasília/DF.

Será executada a adequação e ampliação da agência da Caixa Econômica Federal visando a melhoria do Centro de Reabilitação conforme os parâmetros e exigências previstas nas legislações vigentes.

A área existente possui aproximadamente 426,25 m² e com a ampliação de 1.020,52 m² o Centro de Reabilitação totalizará uma área de aproximadamente 1.446,77 m².

Projetos e Anexos:

Pranchas que compõem o Projeto de SPDA	
N° Prancha	Descrição
SPDA 01	Malha de aterramento e seus detalhes executivos
SPDA 02	Subsistema de captação e seus detalhes executivos

2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES E SERVIÇOS PRESTADOS

O Centro de Reabilitação atua nas áreas disfunções neurológicas do adulto e infantil, traumas ortopédicos, cardiovasculares e pulmonares, desenvolvendo atividades interrelacionadas de ensino, pesquisa e assistência.

O presente memorial tem por finalidade descrever o projeto do Sistema de Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), bem como estabelecer condições e características técnicas dos equipamentos, métodos e da execução dos serviços relativos à reforma/construção de alguns dos blocos do Centro de Reabilitação.

3. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E LITERÁRIAS

Os projetos aqui descritos foram elaborados dentro das prescrições aplicáveis da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, bem como normativas da concessionária local no que tange aos serviços relacionados ao projeto, dentre as referências normativas aplicáveis, podemos relacionar as seguintes normas técnicas:

- Geraldo Kindermam e Jorge Mário (Aterramento Elétrico – 3ª Edição);
- Silvério Visacro Filho (Aterramentos Elétricos – 1ª Edição);
- ABNT NBR 5419:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas, todas as partes;
- NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade;
- ABNT NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão.
- NT 2-12 CBMERJ - Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)

4. CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO

O SPDA é projetado para interceptar as descargas atmosférica diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais às estruturas, e conduzir a corrente da descarga atmosférica do ponto de impacto à terra. Este tem a finalidade de dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos que possam iniciar fogo ou explosões.

Existem três métodos pelos quais se faz o dimensionamento e o projeto de um SPDA, são eles:

3.1 Método da esfera rolante.

O adequado posicionamento do subsistema de captação na aplicação deste método ocorre se nenhum ponto da estrutura a ser protegida entrar em contato com uma esfera fictícia rolando ao redor e no topo da estrutura em todas as direções possíveis. O raio r , dessa esfera depende do nível de proteção do SPDA, sendo este definido após estudo prévio da locação, finalidade e conjuntos de riscos e perdas em caso de desproteção. Sendo assim, a esfera somente poderá tocar o próprio subsistema de captação.

3.2 Método do ângulo de proteção (Método Franklin).

O captador "Franklin" é constituído por uma haste metálica, sendo que sua extremidade superior é pontiaguda para que tenha um maior poder de acúmulo de cargas. A posição do subsistema de captação é considerada adequada se a estrutura a ser protegida estiver situada totalmente dentro do volume de proteção provido pelo subsistema de captação.

Devem ser consideradas apenas as dimensões físicas dos elementos metálicos do subsistema de captação para a determinação do volume de proteção, sendo ele cônico e de ângulo estabelecido a partir do nível de proteção do SPDA.

3.3 Método das malhas (Método de Faraday ou Gaiola de Faraday).

Uma malha de condutores é considerada um bom método de captação para proteger superfícies planas.

O método das malhas é apropriado para telhados horizontais e inclinados sem curvatura, este método das malhas é apropriado para proteger superfícies laterais planas contra descargas atmosféricas laterais. Se o declive do telhado exceder 1/10, condutores paralelos, em vez de em malha, podem ser usados adotando a distância entre os condutores não maior que a largura de malha exigida.

- As dimensões de malha não podem ser maiores que os valores encontrados na tabela da norma já citadas.
- O conjunto de condutores do subsistema de captação deve ser construído de tal modo que a corrente elétrica da descarga atmosférica sempre encontre pelo menos duas rotas condutoras distintas para o subsistema de aterramento;
- Nenhuma instalação metálica, que por suas características não possa assumir a condição de elemento captor, ultrapasse para fora o volume protegido pela malha do subsistema de captação.
- Os condutores da malha devem seguir o caminho mais curto e retilíneo possível da instalação.

5. ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA EXECUÇÃO E DOS MATERIAIS

Neste caso, definiu-se uma malha superior para compatibilizar a exigência do SPDA (fator de risco significativo), com as dimensões da construção. Nesse bloco a edificação poderá contemplar elementos como placa fotovoltaica, boilers ou quaisquer entre outros dispositivos em seu telhado, portanto foi aderido, também, captadores que

protegeram tais dispositivos. Assim, a malha superior definida será constituída de condutor de cobre nu, seção 35 mm² fixada por meio de presilhas apropriadas com espaçamento de 1,0 m entre elas.

Foi empregado 3 captore Franklin instalado em locais estratégicos da edificação, a fim de aumentar o raio de proteção e abrangendo toda a estrutura do setor.

SUBSISTEMAS DE SPDA

Subsistema de captação.

O subsistema de captação é a probabilidade de penetração da corrente da descarga atmosférica na estrutura é consideravelmente limitada pela presença de subsistemas de captação apropriadamente instalados. Os subsistemas de captação podem ser compostos por qualquer combinação dos seguintes elementos:

- Hastes (incluindo mastros);
- Condutores suspensos;
- Condutores em malha.

Todos os tipos de elementos captore devem cumprir na íntegra as exigências da norma. O correto posicionamento dos elementos captore e do subsistema de captação é que determina o volume de proteção.

Os captore individuais devem ser interconectados ao nível da cobertura para assegurar a divisão de corrente em pelo menos dois caminhos. O sistema de captação em algumas situações do projeto foi por meio natural, como a NBR 5419/2015 classifica como componente natural do SPDA o componente condutivo não instalado especificamente para proteção contra descargas atmosféricas, mas que pode ser integrado ao SPDA.

Subsistema de aterramento.

Quando se tratar da dispersão da corrente da descarga atmosférica (comportamento em alta frequência) para a terra, o método mais importante de minimizar qualquer sobre tensão potencialmente perigosa é estudar e aprimorar a geometria e as dimensões do subsistema de aterramento. Deve-se obter a menor resistência de aterramento possível, compatível com o arranjo do eletrodo, a topologia e a resistividade do solo no local.

Para subsistemas de aterramento, na impossibilidade do aproveitamento das armaduras das fundações, o arranjo a ser utilizado consiste em condutor em anel, externo à estrutura a ser protegida, em contato com o solo por pelo menos 80% do seu comprimento total, ou elemento condutor interligando as armaduras descontínuas da fundação (sapatas).

Estes eletrodos de aterramento podem também ser do tipo malha de aterramento. Devem ser consideradas medidas preventivas para evitar eventuais situações que envolvam tensões superficiais perigosas. Embora 20 % do eletrodo convencional possa não estar em contato direto com o solo, a continuidade elétrica do anel deve ser garantida ao longo de todo o seu comprimento.

O eletrodo de aterramento em anel deve ser enterrado na profundidade de no mínimo 0,5 m e ficar posicionado à distância aproximada de 1 m ao redor das paredes externas. Eletrodos de aterramento devem ser instalados de tal maneira a permitir sua inspeção durante a construção.

A profundidade de enterramento e o tipo de eletrodos de aterramento devem ser constituídos de forma a minimizar os efeitos da corrosão e dos efeitos causados pelo ressecamento do solo e assim estabilizar a qualidade e a efetividade do conjunto.

No caso da impossibilidade técnica da construção do anel externo à edificação, este pode ser instalado internamente ou interligado em alguma das extremidades da estrutura na edificação. Para isto, devem ser tomadas medidas visando minimizar os riscos causados por tensões superficiais

Quando as armaduras do concreto das vigas de fundação (baldrame) são utilizadas como eletrodo de aterramento, devem ser tomados cuidados especiais nas interconexões para prevenir rachaduras do concreto.

No caso de concreto protendido, os cabos de aço não podem ser usados como condutores das correntes da descarga atmosférica.

Componentes de um SPDA devem suportar os efeitos eletromagnéticos da corrente de descarga atmosférica e esforços acidentais previsíveis sem serem danificados. Devem ser fabricados materiais com características de comportamento mecânico, elétrico e químico (relacionado à corrosão) equivalente.

O sistema de aterramento adotado será por meio de malha de aterramento (subterrânea) constituída de condutor de cobre nu, seção 50 mm².

Subsistema de descida:

Os condutores de descida devem ser distribuídos ao longo do perímetro do volume a proteger, de modo que seus espaçamentos médios não sejam superiores aos 15,00 m, devendo ser instalados necessariamente a uma distância mínima de 0,50 m de portas, janelas e outras aberturas ao longo de seus percursos. Se o número mínimo de condutores assim determinado for inferior a dois, devem ser instaladas duas descidas.

O sistema de descida adotado será por meio de cabo de cobre nu de seção 35 mm² utilizando a estrutura interligando a malha superior e à malha de aterramento (subterrânea), conforme planta de cobertura apresentada.

Os cabos de descida devem ser protegidos contra danos mecânicos até, no mínimo, 2,0 m acima do nível do solo. A proteção deve ser por eletroduto rígido de PVC ou metálico sendo que, neste último caso, o cabo de descida deve ser conectado às extremidades superior e inferior do eletroduto.

Conexões:

O número de conexões ao longo dos condutores deve ser o menor possível. Conexões devem ser feitas de forma segura e por meio de solda elétrica ou exotérmica e conexões mecânicas de pressão (se embutidas em caixas de inspeção) ou compressão. Não são permitidas emendas em cabos de descida, exceto o conector para ensaios, o qual é obrigatório, a ser instalado próximo do solo (a altura sugerida é 1,5 m a partir do piso) de modo a proporcionar fácil acesso para realização de ensaios.

Nas junções entre cabos de descida e eletrodos de aterramento, uma conexão de ensaio deve ser fixada em cada condutor de descida, exceto no caso de condutores de descidas naturais combinados com os eletrodos de aterramento natural (pela fundação).

6. ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS

6.1 Haste de aterramento

São retílineas, constituídas de núcleo sólido de aço carbono, cobreadas com uma camada de cobre de 254 micras (alta camada) através do processo de eletrodeposição anódica, que garante união inseparável e homogênea dos metais. Apresentam alta condutibilidade elétrica e que suporte as condições elétricas, mecânicas e químicas-resistência à corrosão. Deverão atender à NBR 13571.

6.2 Cordoalha de cobre nu

São composto por fios de cobre nu meio duro ou duro, dispostos em coroas concêntricas sendo a última aplicada à esquerda, possuem alta condutibilidade elétrica e suporte as condições elétricas, mecânicas e químicas-resistência à corrosão. Deverão atender à NBR 6524.

6.3 Caixa de inspeção para aterramento.

Podem ser cilíndricas em concreto, cerâmica ou PVC e com tampa em ferro fundido identificando a destinação do aterramento. A conexão entre os condutores da malha e as hastes de aterramento, estas devem ser feitas por aperto, permitindo desconectar os cabos da captação e efetuar medições de resistividade de solo.

6.4 Solda exotérmica

Estas conexões devem ser executadas por profissionais certificados e propriamente protegidos conforme recomendação das NRs pertinentes. Deve-se ter alguns cuidados para garantir o sucesso dela: atestar a qualidade e a limpeza dos elementos a serem soldados, garantir que estes estejam isentos de umidade.

6.5 Terminal de compressão

Deve ser gravado no corpo do conector terminal de compressão, de forma legível e indelével, no mínimo a marca ou nome do fabricante, seção em mm² e tipo de condutor aplicável, índice da matriz aplicável e número de compressões com indicação das partes a serem comprimidas. Deve ser isento de trincas, riscos, lascas, porosidades, rachas ou falhas. Deve ser isento de inclusões, arestas vivas, partes pontiagudas e rebarbas que possam danificar o condutor. Devem ser fornecidos revestidos com partículas de liga de cobre-berílio duro, ou outro tipo de material de dureza e condutividade elétrica equivalente.

6.6 Captor tipo Franklin

Sua ponta captora tipo Franklin deve ser em latão cromado ou estanhado, base com furo passante de Ø13mm para conexão com o cabo de cobre (fixação através de parafuso em aço inox e rosca BSP).

6.7 Eletroduto Rígido roscável PVC

Fornecem proteção mecânica para cabos embutidos, onde a solicitação dos esforços mecânicos durante a concretagem é elevada. Para obras prediais, comerciais e industriais. Todos os eletrodutos plásticos serão obrigatoriamente do tipo antichama.

Cortar os eletrodutos perpendicularmente a seu eixo e executar de forma a não deixar rebarbas e outros elementos capazes de danificar a isolação dos condutores no momento da enfição.

6.8 Conector de pressão

Possui corpo em cobre eletrolítico, porca e miolo em liga de cobre com acabamento estranhado, utilizado em derivação ou emenda para cabos, indicado em conexões entre cobre-cobre, por meio de conexão por aperto. Possui alta condutividade elétrica e resistência a corrosão.

A superfície do conector deve ser isenta de inclusões, trincas, rebarbas, empenamento, saliências pontiagudas, arestas cortantes, cantos vivos ou outros defeitos. A borda do conector não deve apresentar aresta viva que possa danificar o condutor.

6.9 Barra de equipotencialização

Esse barramento de equipotencialização (BEP) tem o objetivo de possibilitar a interligação de todos os elementos da edificação que possam ser incluídos na equipotencialização principal.

6.10 Placa de advertência

Tem por finalidade alertar aos usuários da via para condições potencialmente perigosas, indicando sua natureza. Suas mensagens possuem caráter de recomendação.

Placa em PVC, 11cm x 18cm. Aplicada ao lado dos condutores de descida dos sistemas de SPDA EXTERNO.



Figura 01: Placa de advertência PVC Amarelo

Fonte: Termo técnica (2020-1)

Os equipamentos propostos deverão atender integralmente as características construtivas e condições operacionais dos equipamentos especificados, devendo a CONTRATADA enviar os catálogos técnicos com dimensões físicas, pontos de operação, características técnicas etc., dos equipamentos alternativos.

7. CONSIDERAÇÕES

Todas as estruturas metálicas externas deverão ser interligadas entre si para garantir continuidade elétrica da mesma (telhas e treliças, terças).

Deverá ser feita a equalização de potenciais da malha de aterramento do SPDA com o aterramento elétrico, telefônico, tubulação de gás, ou seja, todos os aterramentos deverão estar interligados.

As tampas de inspeção das hastes de aterramento deverão ser fabricadas de forma a suportar o trânsito de veículos, caso seja necessário.

A resistência da malha de aterramento deverá ser inferior a 10 (dez) ohms. Caso este valor não seja atingido, caberá ao instalador a complementação da malha de aterramento, ou o tratamento do solo, para certificação da continuidade elétrica da estrutura da edificação, deverá ser realizado teste de continuidade elétrica através de micro-ohmímetro;

O sistema deverá ter uma manutenção preventiva anual e sempre que atingido por descargas por descarga atmosférica, para verificar eventuais irregularidades e garantir a eficiência do SPDA.

Não é função do SPDA a proteção de equipamentos eletroeletrônicos. Para tal, os interessados deverão adquirir supressores de surtos individuais (protetores de linha) nas casas especializadas.

Brasília, 10 de julho de 2023

CARLOS VINICIUS FRANÇA BARBOSA
ENG. ELETRICISTA/ENG.SEGURANÇA DO TRABALHO
CREA Nº 17928 D/RO

ANEXO I (MEMORIA DE CALCULO)

NBR-5419:2015

SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

Projeto: Hospital

1) Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]

$Ng = 4$ [Descargas / km²/ano]
Fonte = Mapa - Brasil

2) Geometria da Estrutura

Comprimento [L] = 50 m
Largura [W] = 150 m
Altura [H] = 10 m

3) Ad - Área de exposição equivalente [em m²]

$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + PI * (3 * H)^2$
 $Ad = 50 * 150 + 2 * (3 * 10) * (50 + 150) + 3.14159 * (3 * 10)^2$
 $Ad = 22327.43 \text{ m}^2$

4) Geometria da Estrutura Adjacente [SINAL]

Comprimento [Lj1] = 20 m
Largura [Wj1] = 30 m
Altura [Hj1] = 5 m

5) Adj1 - Área de exposição equivalente [em m²]

$Adj1 = Lj1 * Wj1 + 2 * (3 * Hj1) * (Lj1 + Wj1) + PI * (3 * Hj1)^2$
 $Adj1 = 20 * 30 + 2 * (3 * 5) * (20 + 30) + 3.14159 * (3 * 5)^2$
 $Adj1 = 2806.86 \text{ m}^2$

6) Fatores de Ponderação

6.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura isolada; nenhum outro objeto nas vizinhanças
 $Cd = 1.0$

6.2) Fator de Localização da Estrutura ADJACENTE [Sinal] - Cdj1 (Tabela A.1)

Estrutura ADJACENTE isolada; nenhum outro objeto nas vizinhanças
 $Cdj1 = 1.0$

6.3) Comprimento da Linha de Energia

$L1 = 500$ [m]

6.4) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)

Enterrado
 $Ci = 0.5$

6.5) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)
Ct = 0.2

6.6) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)

Suburbano
Ce = 0.5

6.7) Comprimento da Linha de Sinal

Llt = 300 [m]

6.8) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)

Enterrado
Cit = 0.5

6.9) Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal
Ctt = 1.0

6.10) Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)

Urbano
Cet = 0.1

6.11) Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$Nd = Ng * Ad * Cd * 10^{-6}$
Nd = 0.08931

6.12) Ndj1 - Número de Eventos Perigosos pela Estrutura Adjacente Sinal [por ano]

$Ndj1 = Ng * Adj1 * Cdj1 * 10^{-6}$
Ndj1 = 0.01123

6.13) Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]

$Nm = Ng * Am * 10^{-6}$
 $Am = 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2$
Am = 985398.16
Nm = 3.94159

6.14) Nl - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]

$Nl = Ng * Al * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$
Al = 40 * Ll
Al = 20000
Nl = 0.004

6.15) Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]

$$\begin{aligned} Ni &= Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Ai &= 4000 * Ll \\ Ai &= 2000000 \\ Ni &= 0.4 \end{aligned}$$

6.16) Nlt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned} Nlt &= Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Alt &= 40 * Llt \\ Alt &= 12000 \\ Nlt &= 0.0024 \end{aligned}$$

6.17) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned} Nit &= Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Ait &= 4000 * Llt \\ Ait &= 1200000 \\ Nit &= 0.24 \end{aligned}$$

6.18) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)

Estrutura protegida por SPDA - Classe II
 $Pb = 0.05$

6.19) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)

Linha enterrada blindada (energia ou sinal)
Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento
 $Cld = 1$
 $Cli = 0$

6.20) Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)

Linha enterrada blindada (energia ou sinal)
Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento
 $Cldt = 1$
 $Clit = 0$

6.21) Ks1

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;
Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha Wm,
fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como: $Ks1 = 0,12 * Wm1$
 $Ks1 = 1$

6.22) Uw Energia

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).

$$U_w = 2.5$$

6.23) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. $Ks4 = 1 / U_w$

$$Ks4 = 0.4$$

6.24) Uwt Sinal

$$U_{wt} = 1.5$$

6.25) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

6.26) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

DPS Classe II

$$Peb = 0.02$$

6.27) Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)

Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de

equipotencialização do equipamento [$R_s \leq 1$ ohms/Km] ($U_w=2.5$)

$$Pld = 0.2$$

6.28) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de

equipotencialização do equipamento [$1 < R_s \leq 5$ ohms/Km] ($U_w=1.5$)

$$Pldt = 0.8$$

6.29) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos

$$P_v = Peb * Pld * Cld$$

$$P_v = 0.004$$

6.30) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$$P_{vt} = Peb * Pldt * Cltd$$

$$P_{vt} = 0.016$$

7) Zonas da Edificação

7.1) Zona: Z1 (externa ao edifício)

7.1.1) Número de pessoas na Zona

nz = 10

7.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

nt = 1000

7.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

tz = 8760

7.1.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

te = 0

7.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

7.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Desprezar

7.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

7.1.8) L4 - Perda econômica

Desprezar

7.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Sim

7.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Não aplicável (área externa)
Ptu = 0

7.1.11) Ks2

Ks2 = 1

7.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

Nenhuma sistema de DPS coordenado
Pspd = 1

7.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

laços
Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar
Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios
(área do laço da ordem de 50 m²)

$$Ks3 = 1$$

7.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

Nenhuma sistema de DPS coordenado
Pspdt = 1

7.1.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios (área do laço da ordem de 50 m²)

$$Ks3t = 1$$

7.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pc = Pspd * Cld$$
$$Pc = 1$$

7.1.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pct = Pspdt * Cltd$$
$$Pct = 1$$

7.1.18) Pms

$$Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4)^2$$
$$Pms = 0.16$$

7.1.19) Pmst

$$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)^2$$
$$Pmst = 0.4489$$

7.1.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pm = Pspd * Pms$$
$$Pm = 0.16$$

7.1.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pmt = Pspdt * Pmst$$
$$Pm = 0.4489$$

7.1.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$Pu = Ptu * Peb * Pld * Cld$$
$$Pu = 0$$

7.1.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$\begin{aligned} \text{Put} &= \text{Ptu} * \text{Peb} * \text{Pldt} * \text{ClDt} \\ \text{Put} &= 0 \end{aligned}$$

7.1.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$\begin{aligned} \text{Pw} &= \text{Pspd} * \text{PlD} * \text{ClD} \\ \text{Pw} &= 0.2 \end{aligned}$$

7.1.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$\begin{aligned} \text{Pwt} &= \text{Pspdt} * \text{PlDt} * \text{ClDt} \\ \text{Pwt} &= 0.8 \end{aligned}$$

7.1.26) Pli

$$\begin{aligned} \text{Pli para } U_w &= 2.5 \text{ kV} \\ \text{Pli} &= 0.3 \end{aligned}$$

7.1.27) Plit

$$\begin{aligned} \text{Plit para } U_{wt} &= 1.5 \text{ kV} \\ \text{Plit} &= 0.5 \end{aligned}$$

7.1.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$\begin{aligned} \text{Pz} &= \text{Pspd} * \text{Pli} * \text{Cli} \\ \text{Pz} &= 0 \end{aligned}$$

7.1.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$\begin{aligned} \text{Pzt} &= \text{Pspdt} * \text{Plit} * \text{Clit} \\ \text{Pzt} &= 0 \end{aligned}$$

7.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

$$\begin{aligned} \text{Nenhuma medida de Proteção} \\ \text{Pta} &= 1 \end{aligned}$$

7.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução r_t (Tabela C.3)

$$\begin{aligned} \text{Agricultura, concreto (Resistência de contato } \leq 1 \text{ ohm)} \\ r_t &= 0.01 \end{aligned}$$

7.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (Tabela C.4)

$$\begin{aligned} \text{Nenhuma Providência} \\ r_p &= 1 \end{aligned}$$

7.1.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução rf (Tabela C.5)

Nenhum Risco de Explosão ou Incêndio
rf = 0

7.1.34) Perigo Especial - Fator hz (Tabela C.6)

Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)
hz = 2

7.1.35) Pa - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

Pa = Pta * Pb
Pa = 0.05

7.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

7.1.36.1) Lt

Lt = 0.01

7.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico
Lf = 0.1

7.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)

Unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital
Lo = 0.01

7.1.36.4) La

La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)
La = 0.01*10⁻⁴

7.1.36.5) Lu

Lu = La = 0.01*10⁻⁴

7.1.36.6) Lb

Lb = rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760)
Lb = 0

7.1.36.7) Lv

Lv = Lb = 0

7.1.36.8) Lc

Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)

$$Lc = 0.0001$$

7.1.36.9) Lm Lw Lz

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0.0001$$

7.1.37) Riscos [R1] da Zona [Z1 (externa ao edifício)]**7.1.37.1) Ra**

$$\begin{aligned} Ra &= Nd * Pa * La \\ Ra &= 0.08931 * 0.05 * 0.01 * 10^{-4} \\ Ra &= 0.04465 * 10^{-7} \end{aligned}$$

7.1.37.2) Rb

$$\begin{aligned} Rb &= Nd * Pb * Lb \\ Rb &= 0.08931 * 0.05 * 0 \\ Rb &= 0 \end{aligned}$$

7.1.37.3) Rc

$$\begin{aligned} Rc &= Nd * Pc * Lc \\ Rc &= 0.08931 * 1 * 0.0001 \\ Rc &= 0.00893 * 10^{-3} \end{aligned}$$

7.1.37.4) Rm

$$\begin{aligned} Rm &= Nm * Pm * Lm \\ Rm &= 3.94159 * 0.16 * 0.0001 \\ Rm &= 0.00006 \end{aligned}$$

7.1.37.5) Ru

$$\begin{aligned} Ru &= (Nl + Ndj) * Pu * Lu \\ Ru &= (0.004 + 0) * 0 * 0.01 * 10^{-4} \\ Ru &= 0 \end{aligned}$$

7.1.37.6) Rut

$$\begin{aligned} Rut &= (Nlt + Ndj1) * Put * Lu \\ Rut &= (0.0024 + 0.01123) * 0 * 0.01 * 10^{-4} \\ Rut &= 0 \end{aligned}$$

7.1.37.7) Rv

$$\begin{aligned} Rv &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv \\ Rv &= (0.004 + 0) * 0.004 * 0 \\ Rv &= 0 \end{aligned}$$

7.1.37.8) Rvt

$$\begin{aligned} Rvt &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv \\ Rvt &= (0.0024 + 0.01123) * 0.016 * 0 \\ Rvt &= 0 \end{aligned}$$

7.1.37.9) Rw

$$\begin{aligned}Rw &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw \\Rw &= (0.004 + 0) * 0.2 * 0.0001 \\Rw &= 0.008 * 10^{-5}\end{aligned}$$

7.1.37.10) Rwt

$$\begin{aligned}Rwt &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw \\Rwt &= (0.0024 + 0.01123) * 0.8 * 0.0001 \\Rwt &= 0.0109 * 10^{-4}\end{aligned}$$

7.1.37.11) Rz

$$\begin{aligned}Rz &= Ni * Pz * Lz \\Rz &= 0.4 * 0 * 0.0001 \\Rz &= 0\end{aligned}$$

7.1.37.12) R1z

$$\begin{aligned}R1z &= Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt + Rc + Rm + Rw + Rwt + Rz + Rzt \\R1z &= 0.04465 * 10^{-7} + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0.00893 * 10^{-3} + 0.00006 + \\0.008 * 10^{-5} + 0.0109 * 10^{-4} + 0 + 0 \\R1z &= 7.32 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

7.2) Zona: Z2 (bloco Centro de fisioterapia)

7.2.1) Número de pessoas na Zona

$$nz = 950$$

7.2.2) Número total de pessoas na Estrutura

$$nt = 1000$$

7.2.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$$tz = 8760$$

7.2.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$$te = 0$$

7.2.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

7.2.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Desprezar

7.2.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

7.2.8) L4 - Perda econômica

Considerar

7.2.9) Risco de Explosão / Hospitais

Sim

7.2.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Nenhuma medida de proteção

Ptu = 1

7.2.11) Ks2

Ks2 = 1

7.2.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe II

Pspd = 0.02

7.2.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços

Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço ~ 10m²)

Ks3 = 0.2

7.2.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

DPS Classe II

Pspdt = 0.02

7.2.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço ~ 0,5 m²)

Ks3t = 0.01

7.2.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$P_c = P_{spd} * C_{ld}$

Pc = 0.02

7.2.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$

Pct = 0.02

7.2.18) Pms

$$\begin{aligned} Pms &= (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4)^2 \\ Pms &= 0.0064 \end{aligned}$$

7.2.19) Pmst

$$\begin{aligned} Pmst &= (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)^2 \\ Pmst &= 0.04489 * 10^{-3} \end{aligned}$$

7.2.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$\begin{aligned} Pm &= Pspd * Pms \\ Pm &= 0.00013 \end{aligned}$$

7.2.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$\begin{aligned} Pmt &= Pspdt * Pmst \\ Pm &= 0.00898 * 10^{-4} \end{aligned}$$

7.2.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$\begin{aligned} Pu &= Ptu * Peb * Pld * Cld \\ Pu &= 0.004 \end{aligned}$$

7.2.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$\begin{aligned} Put &= Ptu * Peb * Pldt * Cltd \\ Put &= 0.016 \end{aligned}$$

7.2.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$\begin{aligned} Pw &= Pspd * Pld * Cld \\ Pw &= 0.004 \end{aligned}$$

7.2.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$\begin{aligned} Pwt &= Pspdt * Pldt * Cltd \\ Pwt &= 0.016 \end{aligned}$$

7.2.26) Pli

$$\begin{aligned} Pli \text{ para } U_w &= 2.5 \text{ kV} \\ Pli &= 0.3 \end{aligned}$$

7.2.27) Plit

$$\begin{aligned} Plit \text{ para } U_{wt} &= 1.5 \text{ kV} \\ Plit &= 0.5 \end{aligned}$$

7.2.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$Pz = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$
$$Pz = 0$$

7.2.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$Pzt = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$$
$$Pzt = 0$$

7.2.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

Nenhuma medida de Proteção

$$Pta = 1$$

7.2.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução r_t (Tabela C.3)

Asfalto, linóleo, madeira (Resistência de contato ≥ 100 ohms)

$$r_t = 0.00001$$

7.2.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (Tabela C.4)

Nenhuma Providência

$$r_p = 1$$

7.2.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução r_f (Tabela C.5)

Incêndio: Risco Normal

$$r_f = 0.01$$

7.2.34) Perigo Especial - Fator h_z (Tabela C.6)

Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pessoas imobilizadas, hospitais)

$$h_z = 5$$

7.2.35) Pa - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$Pa = Pta * Pb$$
$$Pa = 0.05$$

7.2.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**7.2.36.1) Lt**

$$Lt = 0.01$$

7.2.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico
Lf = 0.1

7.2.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)

Outras partes de hospital
Lo = 0.001

7.2.36.4) La

La = $rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)$
La = $0.0095 * 10^{-5}$

7.2.36.5) Lu

Lu = La = $0.0095 * 10^{-5}$

7.2.36.6) Lb

Lb = $rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760)$
Lb = 0.00475

7.2.36.7) Lv

Lv = Lb = 0.00475

7.2.36.8) Lc

Lc = $Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$
Lc = 0.00095

7.2.36.9) Lm Lw Lz

Lm = Lw = Lz = Lc = 0.00095

7.2.37) L4 - Perda econômica

7.2.37.1) D2 - Danos físicos - Lf (Tabela C.12)

Hospital. industrial, museu, agricultura
Lf4 = 0.5

7.2.37.2) D3 - Falha de sistemas internos - Lo (Tabela C.12)

Hospital, Industrial, escritório, hotel, comercial
Lo4 = 0.01

7.2.37.3) ca - Valor dos animais na Zona (milhões)

ca = 0 milhões

7.2.37.4) cb - Valor da edificação relevante à Zona (milhões)

cb = 70 milhões

7.2.37.5) cc - Valor do conteúdo da Zona (milhões)

$$cc = 6 \text{ milhões}$$

7.2.37.6) cs - Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na Zona (milhões)

$$cs = 3.5 \text{ milhões}$$

7.2.37.7) ct - Valor total da estrutura (soma de todas as zonas) (milhões)

$$ct = 90 \text{ milhões}$$

7.2.37.8) La4

$$La4 = rt * Lt4 * (ca / ct)$$
$$La4 = 0$$

7.2.37.9) Lu4

$$Lu4 = La4 = 0$$

7.2.37.10) Lb4

$$Lb4 = rp * rf * Lf4 * ((ca + cb + cc + cs) / ct)$$
$$Lb4 = 0.00442$$

7.2.37.11) Lv4

$$Lv4 = Lb4 = 0.00442$$

7.2.37.12) Lc4

$$Lc4 = Lo4 * (cs / ct)$$
$$Lc4 = 0.00039$$

7.2.37.13) Lm4 Lw4 Lz4

$$Lm4 = Lw4 = Lz4 = Lc4 = 0.00039$$

7.2.37.14) Le4

$$Le4 = Lfe4 * (ce / ct)$$
$$Le4 = 0$$

7.2.37.15) Lft4

$$Lft4 = Lf4 + Le4$$
$$Lft4 = 0.5$$

7.2.38) Riscos [R1] da Zona [Z2 (bloco Centro de fisioterapia)]

7.2.38.1) Ra

$$\begin{aligned} Ra &= Nd * Pa * La \\ Ra &= 0.08931 * 0.05 * 0.0095 * 10^{-5} \\ Ra &= 0.04242 * 10^{-8} \end{aligned}$$

7.2.38.2) Rb

$$\begin{aligned} Rb &= Nd * Pb * Lb \\ Rb &= 0.08931 * 0.05 * 0.00475 \\ Rb &= 0.02121 * 10^{-3} \end{aligned}$$

7.2.38.3) Rc

$$\begin{aligned} Rc &= Nd * Pc * Lc \\ Rc &= 0.08931 * 0.02 * 0.00095 \\ Rc &= 0.01697 * 10^{-4} \end{aligned}$$

7.2.38.4) Rm

$$\begin{aligned} Rm &= Nm * Pm * Lm \\ Rm &= 3.94159 * 0.00013 * 0.00095 \\ Rm &= 0.04793 * 10^{-5} \end{aligned}$$

7.2.38.5) Ru

$$\begin{aligned} Ru &= (Nl + Ndj) * Pu * Lu \\ Ru &= (0.004 + 0) * 0.004 * 0.0095 * 10^{-5} \\ Ru &= 0.0152 * 10^{-10} \end{aligned}$$

7.2.38.6) Rut

$$\begin{aligned} Rut &= (Nlt + Ndj1) * Put * Lu \\ Rut &= (0.0024 + 0.01123) * 0.016 * 0.0095 * 10^{-5} \\ Rut &= 0.02071 * 10^{-9} \end{aligned}$$

7.2.38.7) Rv

$$\begin{aligned} Rv &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv \\ Rv &= (0.004 + 0) * 0.004 * 0.00475 \\ Rv &= 0.0076 * 10^{-5} \end{aligned}$$

7.2.38.8) Rvt

$$\begin{aligned} Rvt &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv \\ Rvt &= (0.0024 + 0.01123) * 0.016 * 0.00475 \\ Rvt &= 0.01036 * 10^{-4} \end{aligned}$$

7.2.38.9) Rw

$$\begin{aligned} Rw &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw \\ Rw &= (0.004 + 0) * 0.004 * 0.00095 \\ Rw &= 0.0152 * 10^{-6} \end{aligned}$$

7.2.38.10) Rwt

$$\begin{aligned}Rwt &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw \\Rwt &= (0.0024 + 0.01123) * 0.016 * 0.00095 \\Rwt &= 0.02071 * 10^{-5}\end{aligned}$$

7.2.38.11) Rz

$$\begin{aligned}Rz &= Ni * Pz * Lz \\Rz &= 0.4 * 0 * 0.00095 \\Rz &= 0\end{aligned}$$

7.2.38.12) R1z

$$\begin{aligned}R1z &= Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt + Rc + Rm + Rw + Rwt + Rz + Rzt \\R1z &= 0.04242 * 10^{-8} + 0.02121 * 10^{-3} + 0.0152 * 10^{-10} + 0.0076 * 10^{-5} + \\0.02071 * 10^{-9} + 0.01036 * 10^{-4} + 0.01697 * 10^{-4} + 0.04793 * 10^{-5} + 0.0152 * 10^{-6} + \\0.02071 * 10^{-5} + 0 + 0 \\R1z &= 2.47 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

7.2.39) Riscos [R4] da Zona [Z2 (bloco Centro de fisioterapia)]**7.2.39.1) Rb4**

$$\begin{aligned}Rb4 &= Nd * Pb * Lb4 \\Rb4 &= 0.08931 * 0.05 * 0.00442 \\Rb4 &= 0.01972 * 10^{-3}\end{aligned}$$

7.2.39.2) Rc4

$$\begin{aligned}Rc4 &= Nd * Pc * Lc4 \\Rc4 &= 0.08931 * 0.02 * 0.00039 \\Rc4 &= 0.00695 * 10^{-4}\end{aligned}$$

7.2.39.3) Rm4

$$\begin{aligned}Rm4 &= Nm * Pm * Lm4 \\Rm4 &= 3.94159 * 0.00013 * 0.00039 \\Rm4 &= 0.01962 * 10^{-5}\end{aligned}$$

7.2.39.4) Rv4

$$\begin{aligned}Rv4 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv4 \\Rv4 &= (0.004 + 0) * 0.004 * 0.00442 \\Rv4 &= 0.00707 * 10^{-5}\end{aligned}$$

7.2.39.5) Rvt4

$$\begin{aligned}Rvt4 &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv4 \\Rvt4 &= (0.0024 + 0.01123) * 0.016 * 0.00442 \\Rvt4 &= 0.00963 * 10^{-4}\end{aligned}$$

7.2.39.6) Rw4

$$\begin{aligned}Rw4 &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw4 \\Rw4 &= (0.004 + 0) * 0.004 * 0.00039 \\Rw4 &= 0.00622 * 10^{-6}\end{aligned}$$

7.2.39.7) Rwt4

$$\begin{aligned}Rwt4 &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw4 \\Rwt4 &= (0.0024 + 0.01123) * 0.016 * 0.00039 \\Rwt4 &= 0.00848 * 10^{-5}\end{aligned}$$

7.2.39.8) Rz4

$$\begin{aligned}Rz4 &= Ni * Pz * Lz4 \\Rz4 &= 0.4 * 0 * 0.00039 \\Rz4 &= 0\end{aligned}$$

7.2.39.9) R4z

$$\begin{aligned}R4z &= Rb4 + Rc4 + Rm4 + Rv4 + Rw4 + Rz4 + Rvt4 + Rwt4 + Rzt4 \\R4z &= 0.01972 * 10^{-3} + 0.00695 * 10^{-4} + 0.01962 * 10^{-5} + 0.00707 * 10^{-5} + \\0.00622 * 10^{-6} + 0 + 0.00963 * 10^{-4} + 0.00848 * 10^{-5} + 0 \\R4z &= 0.0217 \times 10^{-3}\end{aligned}$$

8) Risco Total

8.1) R1

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 2.12 \times 10^{-5} \\R1 &= 9.79 \times 10^{-5} \\Rt1 &= 1 \times 10^{-5} \\R1 &> Rt1 \\(Ra + Rb) &> Rt1 \\&[\text{Requer outra Classe de SPDA ou MPS}]\end{aligned}$$

8.2) R4

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 0.0197 \times 10^{-3} \\R4 &= 0.0217 \times 10^{-3} \\Rt4 &= 1 \times 10^{-3} \\R4 &\leq Rt4 \\(Ra + Rb) &\leq Rt4 \\&[\text{OK}]\end{aligned}$$