

INSTRUÇÃO TÉCNICA

GR.IT.GER.002 RETORNO DA CORRENTE DE TRAÇÃO, TERRAS E PROTEÇÕES PARTE 6: PONTES

CICLO DE PRODUÇÃO DO DOCUMENTO

ELABORAÇÃO

IPE – EEP – SNL

2015-11-18

SUPERVISÃO

IPE – EDEP - DN

APROVAÇÃO

IPE – EDEP

2016-01-24

ÍNDICE

Pág.

1.	INTRODUÇÃO	5
2.	OBJETIVO	6
3.	ÂMBITO	6
4.	DOCUMENTOS	6
5.	ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES	6
6.	COMPONENTES	7
6.1.	Cabo de terra enterrado (CDTE)	7
6.2.	Cabo de terra aéreo (CDTA) em linhas com 2 ou 3 carris	8
6.3.	Requisitos para ligação dos carris à terra	8
7.	TIPOS DE LIGAÇÕES À TERRA UTILIZADAS EM PONTES	8
7.1.	Distâncias máximas entre ligações do sistema de terras em pontes - linhas a 2 carris	9
7.2.	Distâncias máximas entre ligações do sistema de terras em pontes - linhas a 3 carris	9
7.3.	Aplicação de ligações transversais (LTI e LEAE) em linhas a 2 carris	10
7.4.	Aplicação de ligações transversais (LTI e LEAE) em linhas a 3 carris	13
7.5.	Conflitos associados à localização das LTI's	15
7.6.	Ligação de objetos à terra	16
7.7.	Ligação à terra das ancoragens de fixação de catenária	16
7.8.	Medidas adicionais de ligação à terra em pontes	16
8.	LIGAÇÃO À TERRA DAS ARMADURAS DE BETÃO ARMADO	17
8.1.	Conceito geral para ligação à terra das armaduras de aço	18
8.2.	Armaduras pós-esforçadas e pré-esforçadas	21
8.2.1.	Betão pós-esforçado	21
8.2.2.	Betão pré-esforçado	22
8.2.3.	Tubagens embebidas no betão para passagem de cabos	24
8.3.	Armaduras em pilares	25
8.4.	Ligação à terra de pontes metálicas	27
8.5.	Ligação da estrutura metálica ao CDTE	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1- Ponte em Zona Verde (D: distância aplicável em situação “normal”; d: distância aplicável em situação “especial”)	11
Figura 2 - Ponte em Zona Vermelha (D: distância aplicável em situação “normal”; d: distância aplicável em situação “especial”)	12
Figura 3 - Esquema de ligações LEAE em função da corrente de curto-circuito.....	13
Figura 4 - Localização das LTI's e das LEAE's em sistemas AT a 3 carris em função da corrente de curto-circuito; ambos os carris disponíveis para retorno.	14
Figura 5 - Desenho de princípio da ligação das armaduras ao sistema de terras, tabuleiro com juntas de dilatação	19
Figura 6 - Desenho de princípio da ligação das armaduras ao sistema de terras, com tabuleiro contínuo	19
Figura 7 – Desenho de princípio da ligação das armaduras ao sistema de terras (corte transversal) – o lado direito terá uma configuração simétrica da representada à esquerda	20
Figura 8 – Desenho de princípio da ligação das armaduras e cabeças de ancoragem dos cabos pós-esforçados ao sistema de terras (corte transversal) - – o lado direito terá uma configuração simétrica da representada à esquerda	22
Figura 9 – Desenho de princípio da ligação das armaduras ordinárias das vigas pré-esforçadas nos encontros, ao sistema de terras (corte transversal)	23
Figura 10 – Desenho de princípio da ligação das armaduras ordinárias das vigas pré-esforçadas, ao sistema de terras.....	24
Figura 11 - Tubagens embebidas no betão	25
Figura 12 – Desenho de princípio da ligação das armaduras dos pilares às armaduras do tabuleiro	26
Figura 13 – Desenho de princípio da ligação das armaduras nos pilares	27

ÍNDICE DE TABELAS

Pág.

Tabela 1 – Distancias a praticar em linhas a 2 carris, situação especial - pontes.....	9
Tabela 2 – Distancias a praticar em linhas a 3 carris, situação especial - pontes.....	10

Registo e Controlo das Alterações

VERSÃO	DATA	DESCRIÇÃO DA MODIFICAÇÃO	PÁGINAS
v.01	2001-03-21	Versão inicial	Todas
v.02	2001-11-01	Versão adaptada aos comentários da REFER	Todas
v.03	2001-11-21	Idêntica à versão 002	Todas
v.04	2002-03-29	Tradução para a língua portuguesa, com incorporação de correções	Todas
v.05	2003-01-31	Revisão	Todas
v.06	2016-01-24	Revisão da Instrução Técnica para uma infraestrutura a 3 carris	Todas

Documentos Revogados

IT.GER.002 – Parte 06 | v.05

Macroprocesso de Enquadramento

IP Engenharia – Gestão de Estudos e Projetos.

Referência SAP/DMS

224 10002011153

Distribuição

Grupo IP e Externo.

1. INTRODUÇÃO

O Normativo RCT+TP é a especificação de retorno da corrente de tração, terras e proteções.

O seu principal objetivo é criar um ambiente seguro para os seres humanos e sistemas (eletrotécnicos) na vizinhança da via-férrea. Esta especificação está dividida em 15 Partes:

- Parte 1 Generalidades;
- Parte 2 Funcionamento do sistema de 25 kV;
- Parte 3 Introdução ao Sistema RCT+TP;
- Parte 4 Plena Via;
- Parte 5 Túneis;
- **Parte 6 Pontes;**
- Parte 7 Estruturas;
- Parte 8 Edifícios e Subestações;
- Parte 9 Áreas de Estação e Parques;
- Parte 10 Ligações Exteriores;
- Parte 11 Sinalização;
- Parte 12 Terceiros;
- Parte 13 Especificações dos Componentes;
- Parte 14 Manutenção e Ensaios;
- Parte 15 Regras de Projeto do Sistema RCT+TP

A Parte 6 especifica o sistema de ligação à terra em “Pontes”. Para a ligação à terra em geral, faz-se referência às Partes 1 e 3.

2. OBJETIVO

A presente Parte 6 destina-se em termos gerais à implementação do sistema RCT+TP em pontes, incluindo-se nesta designação estruturas fixas por cima de água (construídas em aço ou betão armado), viadutos para comboios, passagens inferiores à infraestrutura ferroviária, lajes de betão com ou sem paredes ou outras eventuais estruturas ou obras de arte que se enquadrem neste âmbito.

3. ÂMBITO

As especificações que constam da presente Parte vêm acrescentar à anterior versão, quando aplicável ou necessário, as orientações necessárias a ter em consideração para a implementação do sistema numa linha a 3 carris, cujos pressupostos base foram enunciados na Parte 1 - Generalidades.

Adicionalmente introduz-se uma revisão aos conteúdos da anterior versão em aspetos de natureza prática de implementação do sistema, sem no entanto alterar os seus pressupostos conceptuais de base iniciais, os quais se mantêm nesse contexto inalterados na presente versão.

Os requisitos específicos a respeitar, aplicáveis a uma linha a 3 carris, são, sempre que aplicável, destacados ou referenciados no texto da Norma e remetidos, caso se justifique, para um item adicional.

As seções e o número de cabos a utilizar no sistema de terras constam da Parte 15 – Regras de Projeto do Sistema RCT+TP.

4. DOCUMENTOS

Os documentos de referência base utilizados para o desenvolvimento constam da Parte 1 da GR.IT.GER.002 v06 e integram a seguinte informação:

- Normas internacionais aplicáveis;
- Documentos de base;
- Pressupostos base;
- Pressupostos aplicáveis a uma linha a 3 carris.

5. ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES

As Abreviaturas e definições utilizadas constam do ponto 4 da Parte 1 desta GR.IT.GER.002 v06.

6. COMPONENTES

6.1. Cabo de terra enterrado (CDTE)

Linha a 2 carris

Tem de ser colocado pelo menos um CDTE paralelamente à via de acordo com o ponto 6.3 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP. Isto significa que, por princípio, um CDTE tem de estar presente não só em cada canalização onde existam cabos com condutores metálicos, mas também de ambos os lados da via ou das vias sobre o tabuleiro da ponte, de forma a assegurar, sempre que aplicável, a necessária interligação das estruturas metálicas dentro da zona de contacto, das quais fazem parte integrante as armaduras de aço do betão armado. Se não existirem cabos com condutores metálicos, armaduras ou outros objetos e estruturas a ligar de ambos os lados da plataforma da ponte, poderá ser usado pelo menos um CDTE.

Em pontes, o CDTE será materializado num cabo com uma secção mínima equivalente ou igual à de um cabo LXV de 70 mm² de secção, se este cabo se encontrar no interior de uma canalização de cabos acessível e inspecionável a partir da mesma.

Regra geral, em cada extremidade da ponte, serão instaladas barras de terra.

Quando for economicamente vantajoso, a continuidade do CDTE nas passagens inferiores, pontões e pontes, poderá ser assegurada pela própria vareta ou cabo de aço cobreado utilizada para a função de CDTE.

Linha a 3 carris

A necessidade do CDTE aplica-se de igual forma nas linhas a 3 carris, seguindo os mesmos princípios enunciados no parágrafo anterior para linhas a 2 carris.

Tal como em linhas de via única a 2 carris, em linhas de via única a 3 carris, o CDTE titular acompanhará sempre o traçado dos postes de catenária, sem prejuízo da necessidade de instalar outros troços de CDTE adicionais do lado oposto da via, para acompanhar caminhos de cabos implementados. A título de resumo essa situação poderá justificar-se nas seguintes situações:

- Existência de um segundo caminho de cabos do lado oposto ao CDTE titular;
- Existência de um número de objetos do lado oposto ao do CDTE titular que justifique a sua instalação dos dois lados da via, por forma a minimizar o número de atravessamentos necessários na sua ausência;

- Avaliação por parte do projetista sobre qual a solução entendida mais conveniente, depois de devidamente analisados os interfaces presentes com necessidades de terra, por parte dos vários subsistemas instalados ou a instalar;
- Existência de instalações de catenária dos dois lados da via, que justifique a existência de um segundo CDTE (exemplo: caso dos anéis de terra em Zonas neutras e/ou postos de catenária ou postos AT).

6.2. Cabo de terra aéreo (CDTA) em linhas com 2 ou 3 carris

O CDTA tem de estar de acordo com os requisitos referidos no ponto 6.4 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

6.3. Requisitos para ligação dos carris à terra

Linha a 2 carris

Depois da escolha do sistema de sinalização (sistema direto, assimétrico ou simétrico), a ligação dos carris à terra tem de ser efetuada de acordo com os requisitos referidos no ponto 7.2 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

Linha a 3 carris

Em linhas a 3 carris, a ligação à terra dos mesmos tem de ser efetuada de acordo com os requisitos referidos no ponto 7.2 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

7. TIPOS DE LIGAÇÕES À TERRA UTILIZADAS EM PONTES

Em pontes são utilizados dois tipos de ligações transversais:

- LEAE;
- LTI.

A ligação transversal LEAE tem de ser montada de acordo com os requisitos referidos no ponto 8.1 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

A ligação transversal LTI tem de ser montada de acordo com os requisitos referidos no ponto 8.2 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

As LTI's e LEAE's de uma linha a 3 carris, têm de ser montadas de acordo com os requisitos referidos igualmente nos pontos 8.1 e 8.2 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

Nas interfaces entre uma ponte e outro subsistema (plena via, túneis), é necessário instalar LEAE's em conformidade com o descrito no capítulo 7.6 da Parte 4 – Plena Via.

7.1. Distâncias máximas entre ligações do sistema de terras em pontes - linhas a 2 carris

As distâncias a cumprir estão diretamente relacionadas com a potência da subestação associada ao troço ou setor em questão, sendo para o efeito a distância a praticar aquela que consta da classificação usada na Tabela 1.

Tabela 1 – Distancias a praticar em linhas a 2 carris, situação especial - pontes

Situação	Sinalização	Tipo	Zona	Distância [m]		
				15 MVA	17,5 MVA	20 MVA
Especial	Bicarril	LTI-LTI	Verde/Vermelha	900	840	750
		LTI-LEAE	Vermelha	450	420	375
	Monocarril	LTI-LTI	Verde/Vermelha	450	420	375
		LTI-LEAE	Vermelha	225	210	190

Se se utilizar o sistema de “carril embebido” em pontes, a solução em matéria de distâncias é idêntica à enunciada na Tabela 1, dado tratar-se de uma situação igualmente classificada como “Situação Especial”.

7.2. Distâncias máximas entre ligações do sistema de terras em pontes - linhas a 3 carris

Em linhas a 3 carris em pontes, são utilizadas as distâncias entre ligações transversais do sistema de terras de acordo com o exposto na Tabela 2.

As distâncias a cumprir estão diretamente relacionadas com a potência instalada na subestação de Tração, sendo que os valores apresentados estão associados a duas soluções técnicas AT (2x25kV). Uma bifásica de 32 MVA com ligação em T e outra com ligação em V de 22 MVA por setor. Os valores de potência nominal referidos estão de acordo com a Norma EN 50329 tal como referido na Parte 1 – Generalidades em pressupostos para uma linha a 3 carris.

Assume-se para este efeito que a solução de sinalização permite ligações diretas aos 3 carris nas LTI's em plena via, sendo que os valores apresentados na Tabela 2 estão em conformidade com esse objetivo, sendo essa solução aqui designada por solução tricarril.

Tabela 2 – Distancias a praticar em linhas a 3 carris, situação especial - pontes

Situação	Sinalização	Tipo	Zona	Distância [m]	
				32 MVA	22 MVA
Especial	Tricarril	LTI-LTI	Vermelha	500	625
		LTI-LEAE	Vermelha	250	315
		LTI-LTI	Laranja	750	750
		LTI-LEAE	Laranja	375	375
		LTI-LTI	Verde	750	750

Se se utilizar o sistema de “carril embebido” em linhas a 3 carris em pontes, a solução em matéria de distâncias é idêntica à enunciada na Tabela 2 dado tratar-se de uma situação igualmente classificada como “Situação Especial”.

7.3. Aplicação de ligações transversais (LTI e LEAE) em linhas a 2 carris

LTI e LEAE em pontes

Sistema RT/AT

1. Tomando a Subestação como ponto de partida, as LTI's e LEAE's devem ser instaladas com uma distância entre si, em conformidade com a Tabela 1;
2. Nas interfaces entre a plena via e uma ponte de betão armado ou metálica, é necessário instalar uma LEAE, de acordo com o ponto 7.6 da Parte 4 – Plena Via. Se a extensão da ponte for superior a 100 metros dever-se-á instalar uma LEAE em cada extremidade da ponte;
3. Se a extensão da ponte for inferior a 100 m ter-se-á de instalar uma LEAE apenas numa das extremidades da ponte. A LEAE deverá ser instalada do lado oposto à subestação que, em situação normal, alimenta o troço em questão;
4. As LEAE's têm de ser instaladas sempre que a corrente máxima de curto-circuito no sistema seja superior a 4,5kA (Zona Vermelha);

5. Se a ponte está localizada em Zona Verde, não são necessárias LEAE's adicionais, para além das referidas nos pontos 2 e 3 (ver Figura 1);
6. Se a ponte está localizada em Zona Vermelha, total ou parcialmente, são necessárias LEAE's adicionais com uma distância entre si em conformidade com a Tabela 1 (ver Figura 2);
7. Na introdução de LEAE's em Zona Vermelha, o projetista deve ter em conta outras LEAE's de projeto, decorrentes de pontos singulares que imponham a sua implementação, por forma evitar redundâncias desnecessárias no mesmo local.

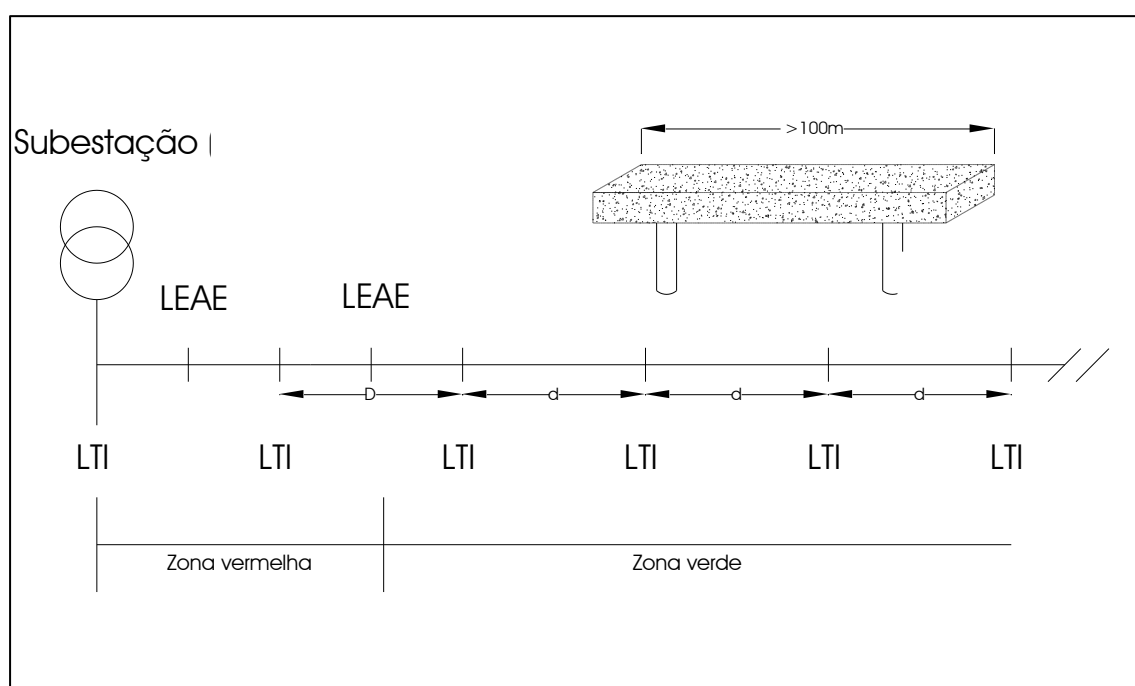


Figura 1- Ponte em Zona Verde (D: distância aplicável em situação “normal”; d: distância aplicável em situação “especial”)

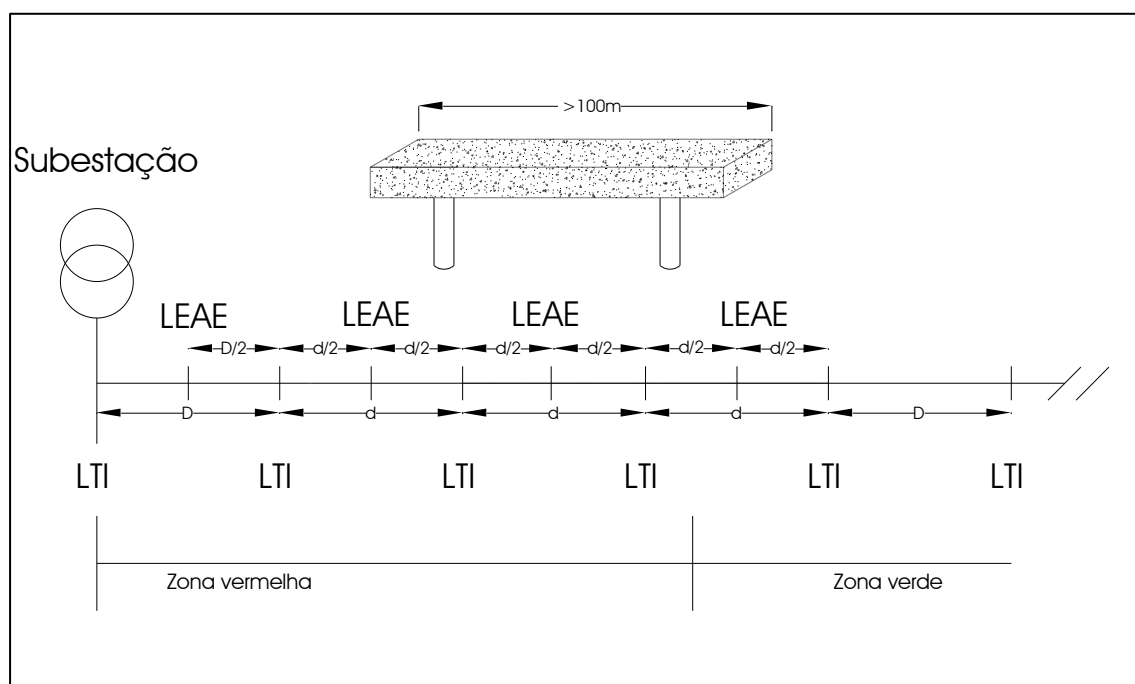


Figura 2 - Ponte em Zona Vermelha (D : distância aplicável em situação “normal”; d : distância aplicável em situação “especial”)

8. No caso de uma subestação AT, a distribuição das Zonas Vermelhas e Verdes obedece ao comportamento ilustrado na Figura 3, podendo desta forma a ponte situar-se numa zona vermelha associada a postos AT, para as quais se aplicam as regras constantes da Tabela 1;

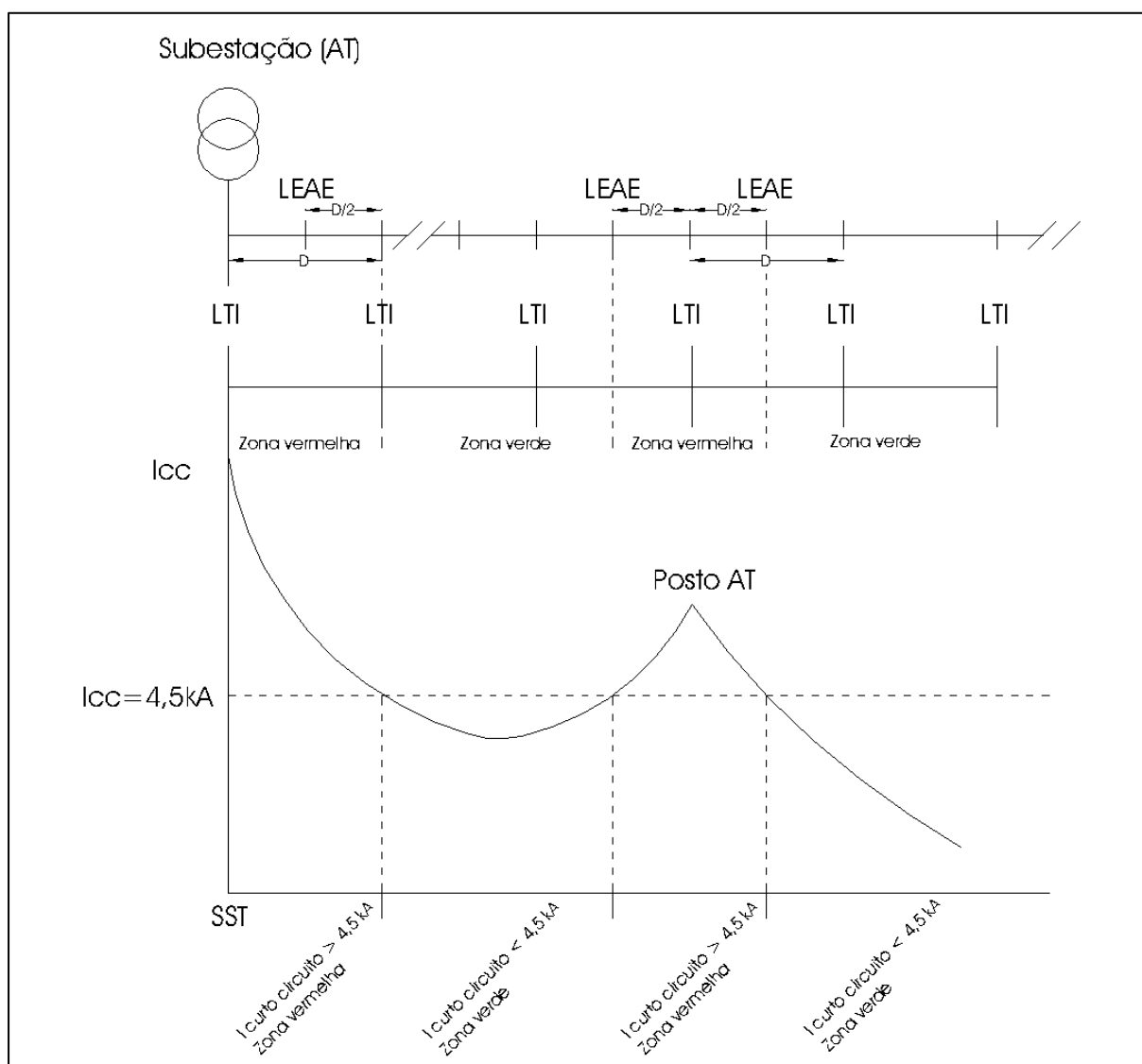


Figura 3 - Esquema de ligações LEAE em função da corrente de curto-circuito

7.4. Aplicação de ligações transversais (LTI e LEAE) em linhas a 3 carris

LTI e LEAE em pontes

Sistema AT

1. Tomando a Subestação como ponto de partida, as LTI's e LEAE's devem ser instaladas com uma distância entre si em conformidade com a Tabela 2;

2. Na solução a 3 carris, as LTI's na Zona Vermelha são instaladas com uma distância inferior à praticada nas restantes zonas, por forma a controlar os níveis de tensão de contacto em regime de curto-circuito ao carril;
3. Na solução a 3 carris, as LEAE's têm ser instaladas sempre que a corrente máxima de curto-circuito no sistema seja superior a 5,0 kA em Zona Vermelha ou a 3,7 kA em Zona Laranja. Ver exemplos na Figura 4;
4. A ponte poderá situar-se numa outra Zona Vermelha ou Laranja, associada a Postos AT, para as quais se aplicam as regras constantes da Tabela 2.

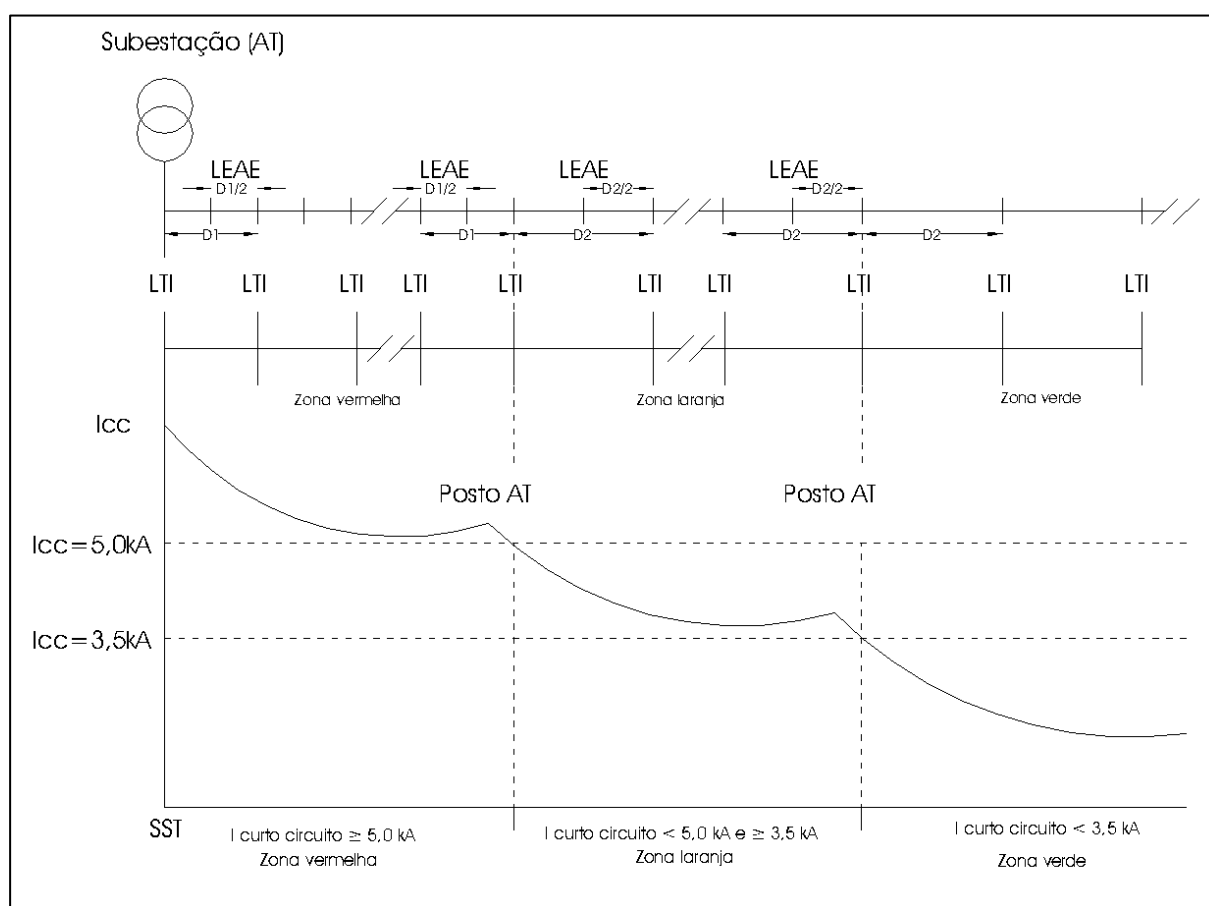


Figura 4 - Localização das LTI's e das LEAE's em sistemas AT a 3 carris em função da corrente de curto-circuito; ambos os carris disponíveis para retorno.

7.5. Conflitos associados à localização das LTI's

Linhas a 2 carris

Utilizando-se as distâncias máximas entre LTI's podem surgir situações de conflito quando os sistemas de terra das diferentes partes forem ligados entre si. A Parte 15 - Regras de Projeto do Sistema de RCT+TP descreve quais as medidas a tomar para resolver potenciais problemas;

Para sistemas de sinalização que utilizem circuitos de via, a posição exata das LTI's depende da localização das ligações indutivas, conforme proposto pela sinalização. A Parte 11 – Sinalização, especifica os diferentes sistemas de sinalização do ponto de vista da sua ligação ao sistema de terras. Na fase de projeto as disciplinas da sinalização e terras têm de ser criteriosamente coordenadas para que sejam respeitados os requisitos específicos de cada um dos sistemas.

Caso sejam utilizados circuitos de via de impulsos de tensão elevada – ITE, podem, em algumas ligações, ser necessárias impedâncias adicionais entre os pontos médios dos enrolamentos das caixas de impedância e o sistema de terras. Estas impedâncias, têm de ser colocadas para que esteja presente pelo menos uma por cada caminho paralelo, atenuando deste modo a corrente nestes em situação de carril partido. Estas impedâncias adicionais e a sua instalação encontra-se exemplificada na Parte 15 - Regras de Projeto do Sistema de RCT+TP. As regras para a sua localização estão descritas na Parte 11 - Sinalização.

Linhas a 3 carris

Utilizando-se as distâncias máximas entre LTI's, podem surgir situações de conflito quando os sistemas de terra das diferentes partes forem ligados entre si. A Parte 15 - Regras de Projeto do Sistema de RCT+TP, descreve quais as medidas a tomar para resolver potenciais problemas;

Em linhas a 3 carris, podem igualmente surgir conflitos associados aos interfaces específicos das LTI's com os sistemas de sinalização. Essa situação ocorre, caso as ligações ao carril imponham regras particulares distintas daquelas que se praticam na ligação direta aos carris (caso das linhas equipadas com contadores de eixos). Na fase de projeto, as disciplinas da sinalização e terras têm de ser criteriosamente coordenadas para que sejam respeitados os requisitos específicos de cada um dos sistemas.

7.6. Ligação de objetos à terra

Os objetos existentes ao longo da ponte têm de ser ligados à terra de acordo com os requisitos indicados no ponto 8.3 da Parte 3 - Introdução ao Sistema de RCT+TP.

7.7. Ligação à terra das ancoragens de fixação de catenária

Para ancoragens de fixação de objetos à estrutura de betão armado podem ser selecionadas as seguintes opções:

Ligação dos parafusos das ancoragens às armaduras do betão armado

Cada ancoragem individual tem de ser soldada às armaduras do betão armado.

Ancoragens isoladas das armaduras do betão armado

Os parafusos de ancoragem têm de ser isolados das armaduras de aço:

- O recobrimento das armaduras tem de ser 50 mm no mínimo;
- A resistência do isolamento entre as ancoragens e as armaduras deve ser no mínimo de 10Ω , calculada por um método de medição de resistência de terra.

7.8. Medidas adicionais de ligação à terra em pontes

Estruturas fixas sobre água, viadutos e passagens superiores

Será necessário um eletrodo de terra no início e no fim da estrutura com uma resistência de terra máxima de $2,5\Omega$;

O eletrodo de terra será ligado à barra de terra, onde se encontra também ligado o CDTE, por um cabo LXV de 50mm^2 , devendo o comprimento deste cabo ser o mais curto possível;

As ligações devem ter em linha de conta as diferenças entre condutores metálicos para evitar fenómenos de corrosão eletrolítica.

Lajes de betão com ou sem paredes

Será necessário um eletrodo de terra em cada LTI ao longo da via;

O eletrodo de terra terá de ser ligado à barra de terra, onde se encontra igualmente ligado o CDTE, por intermédio de um cabo LXV de 50mm^2 , devendo o comprimento deste cabo ser o mais curto possível.

8. LIGAÇÃO À TERRA DAS ARMADURAS DE BETÃO ARMADO

As armaduras de aço das estruturas de betão armado terão de ser ligadas à terra de acordo com as regras do presente capítulo. Estas regras aplicam-se a obras de arte novas ou remodeladas, situação em que a observância destes critérios de segurança tem de ser considerada.

Caso seja implementado o sistema RCT+TP numa linha eletrificada existente, a proteção por via da ligação das armaduras do betão armado poderá ser estudada caso a caso, passando pela remoção de partes da cobertura de betão que deixem a descoberto as armaduras existentes e pela sua interligação com placas de terra ao sistema RCT+TP que se implementa sobre a Ponte existente.

Os requisitos mencionados nos capítulos 8.1 e no 8.2 não dependem do CDTE. A ligação à terra do betão armado nos túneis, nas pontes ou noutras estruturas de construção civil, faz-se pelas seguintes razões:

1. Os seres humanos encontram-se normalmente em contacto com as superfícies de betão, sendo que o betão é um material semicondutor (parcialmente condutor). Ao ligar as armaduras/aço do betão e outros objetos ao CDTE, as tensões de contacto a que podem estar sujeitos os seres humanos podem por essa via ser controladas;
2. Deve-se ter em conta que o betão não é um isolante, mas um semicondutor com uma resistência que pode variar (dependendo do tipo de betão utilizado, da humidade, etc.) entre 100 Ω .m e 10.000 Ω .m. Assim, na vizinhança de instalações elétricas, tais como linhas ferroviárias, existirão correntes elétricas no betão e nas armaduras. Ao ligar as armaduras as correntes dividem-se por entre todas as partes de metal da construção, criando-se um circuito elétrico contínuo que permite:
 - Controlar as tensões de passo e contacto tanto em regime permanente como em regime de curto-circuito;
 - Garantir a rápida atuação das proteções ao nível da subestação de tração, garantindo-se um caminho de baixa impedância para a corrente de defeito, em caso de curto-circuito à estrutura;
 - Mitigar os efeitos das descargas atmosféricas, reduzindo as diferenças de potencial na estrutura e seus efeitos nefastos quer para a estrutura quer para as instalações e/ou subsistemas elétricos ou eletrónicos instaladas sobre a mesma.

Todas as ligações a efetuar na estrutura e nas suas respetivas armaduras são naturalmente realizadas antes da betonagem desta. As armaduras estruturais podem e devem ser consideradas para a ligação à terra. Qualquer armadura particularmente identificada para esse efeito, recebe o nome de Varão Titular de Retorno (VTR). Através das placas de ligação à terra são realizadas ligações entre os VTR e o CDTE

ou CDTE's instalados nas canalizações (caminhos de cabos) juntamente com os cabos de telecomunicações e de sinalização ou não.

O Capítulo 8.2 aplica-se às armaduras pós-esforçadas e pré-esforçadas em que se utilizam aços de alta resistência e que são especialmente vulneráveis à corrosão e aumento de temperatura devido às correntes de tração e de curto-circuito. Também neste caso, os requisitos devem ser cumpridos durante a construção, antes da betonagem dos elementos.

Nos capítulos seguintes apresenta-se alguns desenhos de princípio simplificados, que não dispensam a consulta de alguns desenhos tipo referenciados na Parte 15 – Regras de Projeto do Sistema RCT+TP a aplicar neste âmbito nomeadamente os relativos a passagens inferiores ao caminho-de-ferro.

8.1. Conceito geral para ligação à terra das armaduras de aço

Para a ligação das armaduras do tabuleiro de uma ponte, viaduto ou passagem inferior (à infraestrutura ferroviária), consideram-se duas soluções tipo, dependendo da existência ou não de juntas de dilatação nas lajes de betão (ver Figura 5 e Figura 6);

Por cada via deverão ser colocados no betão dois varões aço longitudinais, VTR's, com uma seção transversal não inferior a 200mm^2 . Os varões em apreço deverão ser eletricamente contínuos, mediante soldadura dos mesmos que assegure essa continuidade;

Os VTR asseguram a ligação da estrutura à terra. Para ligação dos VTR às armaduras ordinárias do betão armado, não são necessárias outras ligações, distintas das consideradas no projeto da estrutura;

Os varões referidos em 2 são unidos eletricamente entre si por VTR's transversais de 200mm^2 , em todas as seções ou pelo menos a cada 50m, bem como no início e no fim de cada seção ou laje de betão armado. As soldaduras que garantem a ligação elétrica deverão ter um comprimento mínimo de 50mm;

Deverão ser instaladas placas de ligação à terra soldadas aos VTR por soldadura aluminotérmica, a cada 50m, que depois da betonagem têm de ficar acessíveis para efeitos de ligação ao CDTE;

A ligação das placas de terra ao CDTE tem de ser efetuada através de cabo LXV de 50mm^2 ;

A distância entre uma placa de terra e uma junta de dilatação deve ser no máximo de 30 cm (ver Figura 5);

A implementação de VTR's longitudinais poderá suportar-se em varões da estrutura armada existente/projetada que apresentem maior secção transversal, desde que a mesma não seja inferior a 200mm^2 ;

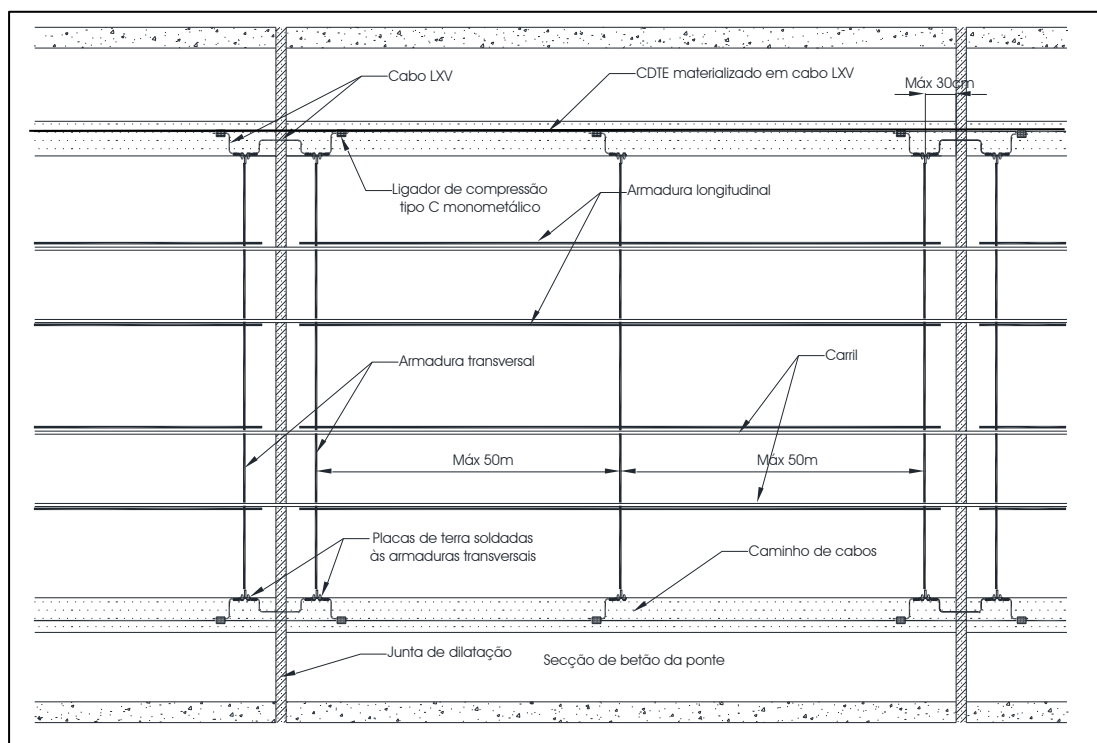


Figura 5 - Desenho de princípio da ligação das armaduras ao sistema de terras, tabuleiro com juntas de dilatação

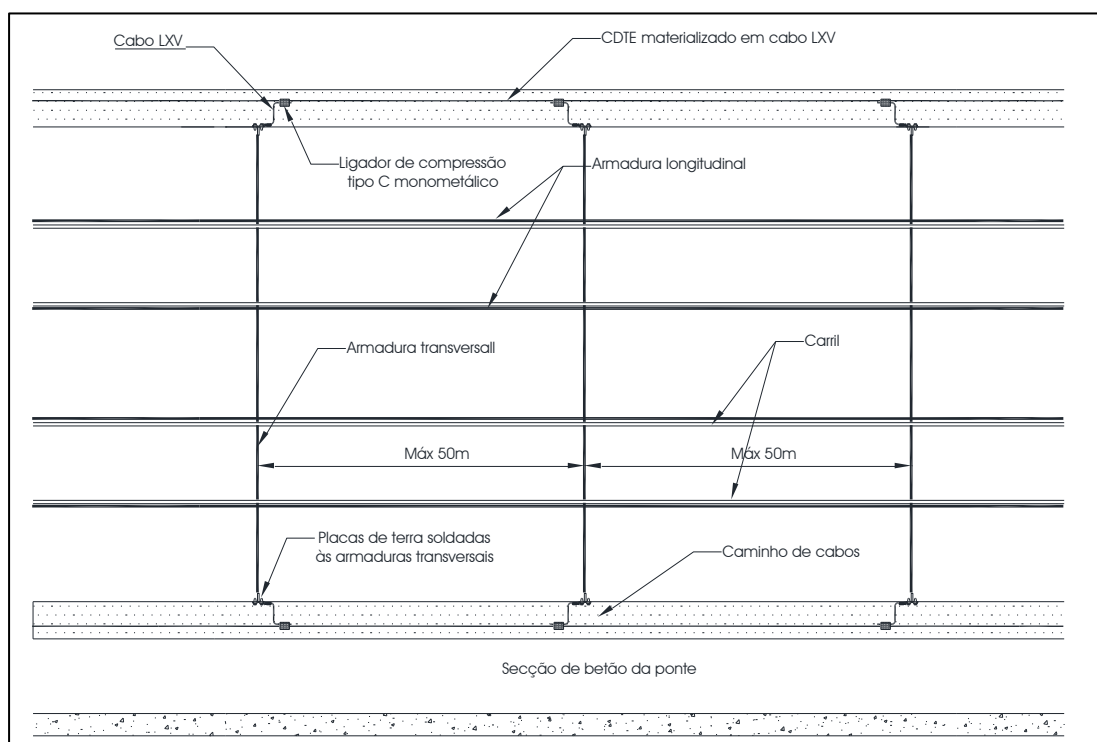


Figura 6 - Desenho de princípio da ligação das armaduras ao sistema de terras, com tabuleiro contínuo

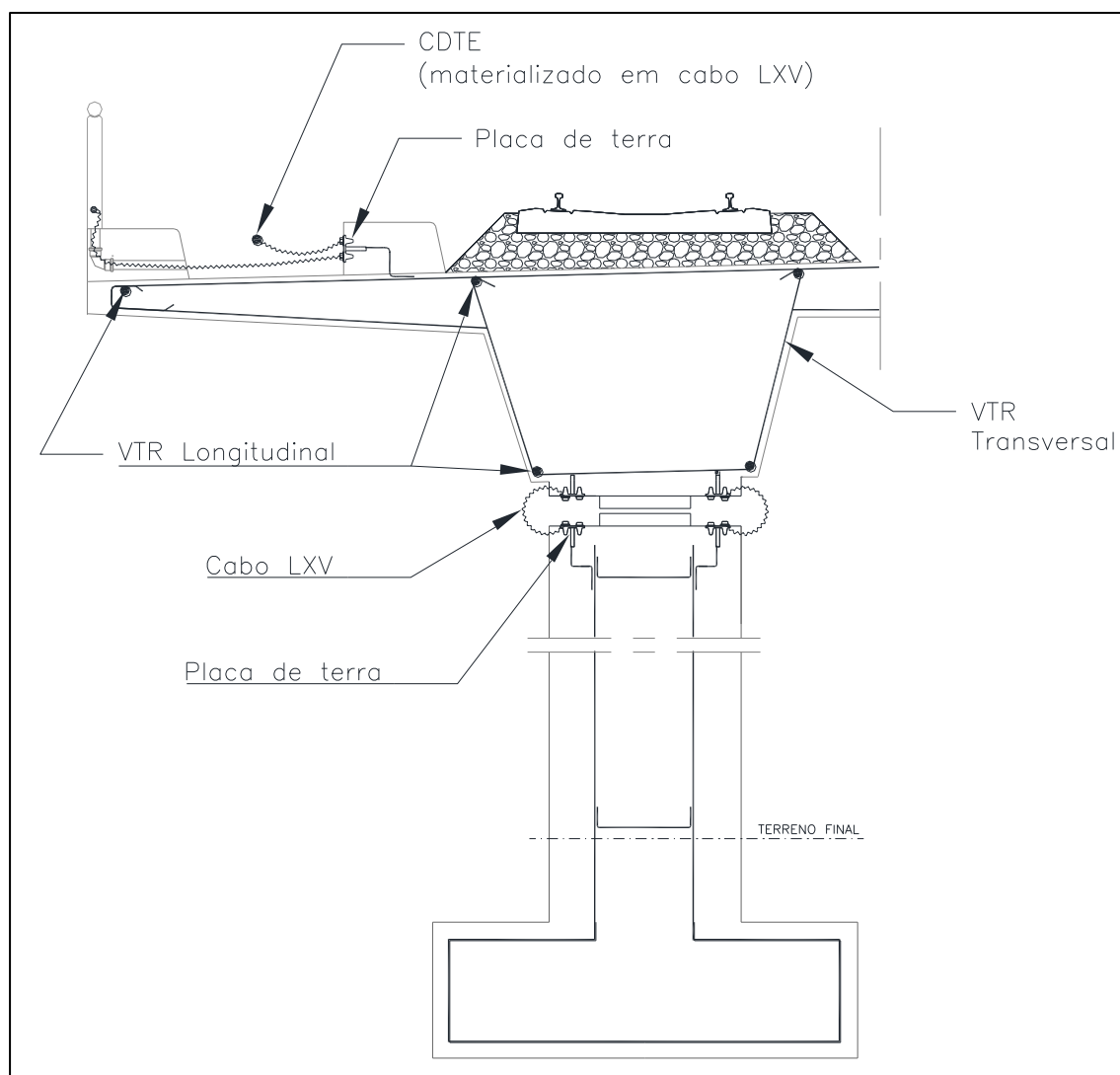


Figura 7 – Desenho de princípio da ligação das armaduras ao sistema de terras (corte transversal) – o lado direito terá uma configuração simétrica da representada à esquerda

No caso de requalificação de pontes existentes, dever-se-á cumprir a seguinte regra:

1. Instalar placas de ligação à terra nos locais indicados neste conjunto de especificações. Na prática, isto significa a demolição localizada do recobrimento de betão, expondo-se as armaduras e soldando a estas as placas de terra necessárias.
2. Seguidamente repara-se o recobrimento de betão e faz-se a ligação da placa de terra ao CDTE;
3. A distância entre as placas de ligação à terra não pode ser superior ao comprimento dos varões da armadura.

8.2. Armaduras pós-esforçadas e pré-esforçadas

8.2.1. Betão pós-esforçado

Para efeitos de proteção dos cordões pós-esforçados e dependendo da solução apresentada, um dos métodos terá de ser escolhido:

Método do Isolamento – Cordões ou cabos pós-esforçados isolados com bainhas plásticas

- Quando são utilizadas bainhas plásticas, garante-se o isolamento elétrico dos cordões de pós-esforço, bem como das suas respetivas ancoragens, não sendo por isso necessárias outras medidas de proteção;
- As armaduras do tabuleiro serão igualmente ligadas ao sistema de terras (CDTE) usando os pressupostos e requisitos anteriormente descritos, dado que a plataforma se encontra situada na zona de contacto. Ver Figura 7.

Método da Condutância paralela – Cordões pós-esforçados em bainhas metálicas

- Quando os cordões pós-esforçados estão inseridos em bainhas metálicas utilizar-se-á o método da condutância paralela;
- Para efeitos de ligação à terra serão utilizadas as cabeças de ancoragem, que terão de ser interligadas entre si por meio de cabos e grampo de ligação apropriados compatíveis com a especificação dos fabricantes, bem como VTR's transversais envolventes e através destes ao restante sistema de terras longitudinal;
- Para cabos pós-esforçados com comprimentos inferiores a 10m, não é necessária qualquer medida adicional;
- Para cabos pós-esforçados com comprimentos superiores a 10m, por cada via e por cada 10m adicionais de comprimento do cabo (pós-esforçado), têm de ser adicionados dois (2) VTR longitudinais eletricamente contínuos por soldadura;
- A escolha dos varões longitudinais deverá recair sobre aqueles que apresentarem a maior secção transversal, nunca inferior a 200mm^2 de secção, que não existindo terão de ser acrescentados ou compensada a secção insuficiente com mais varões longitudinais contínuos.

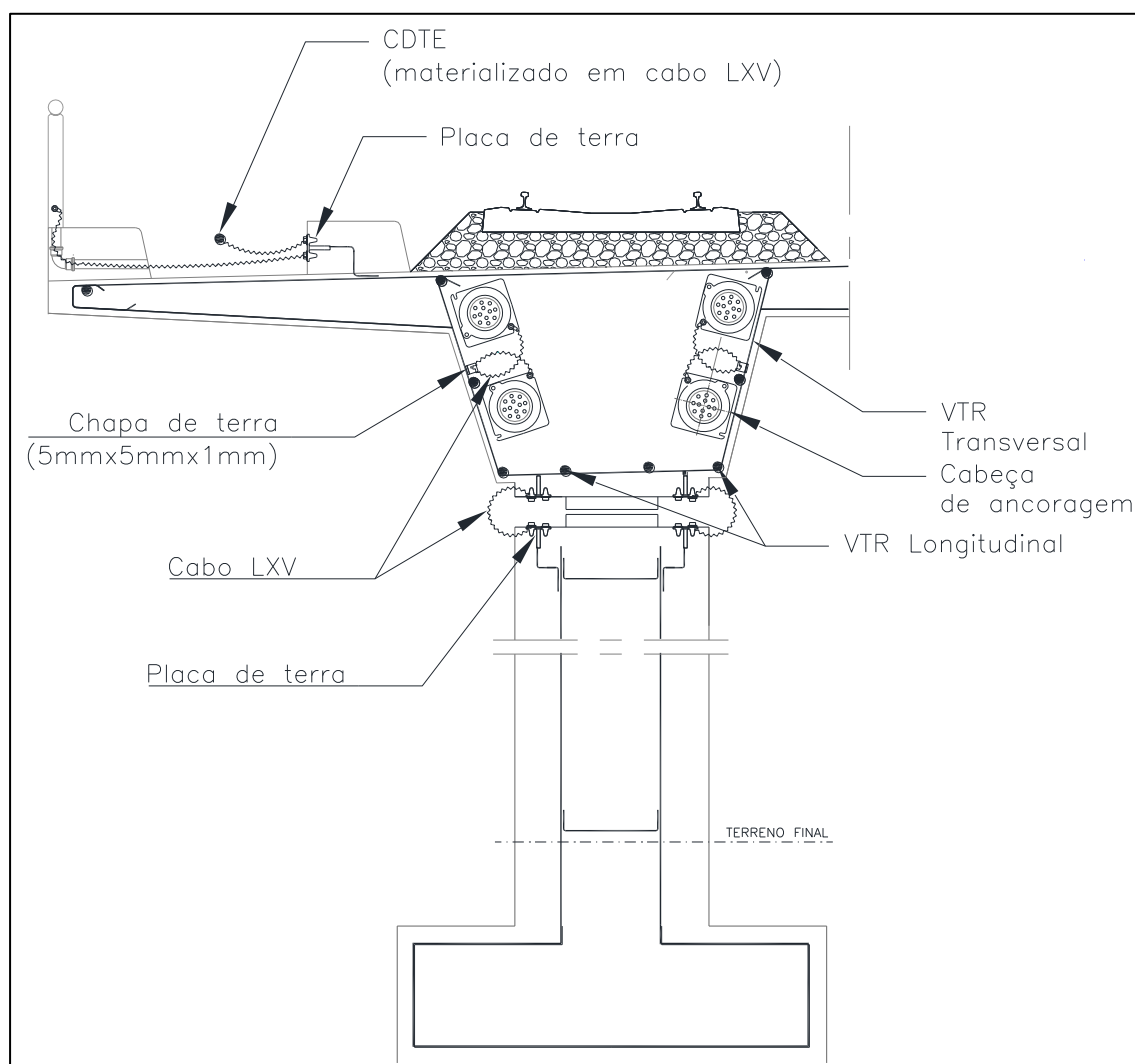


Figura 8 – Desenho de princípio da ligação das armaduras e cabeças de ancoragem dos cabos pós-esforçados ao sistema de terras (corte transversal) – o lado direito terá uma configuração simétrica da representada à esquerda

8.2.2. Betão pré-esforçado

Para efeitos de proteção em tabuleiros ou outras estruturas compostas por vigas pré-esforçadas, têm de ser aplicadas as seguintes regras de princípio:

- Os cordões de pré-esforço não poderão entrar em contacto com as armaduras ordinárias (estribos);
- Nos extremos da viga pré-esforçada, os cordões não poderão estar em contato com outras armaduras, devendo estes estar isolados e cortados à face;

- Para efeitos de ligação à terra do tabuleiro e das vigas pré-esforçadas, serão utilizados os varões salientes das armaduras ordinárias (estribos), sendo estes ligados entre si e ligados ao cabo de terra (CDTE) através de um ou mais VTR's transversais, cumprindo com o desenho de princípio apresentado na Figura 10.

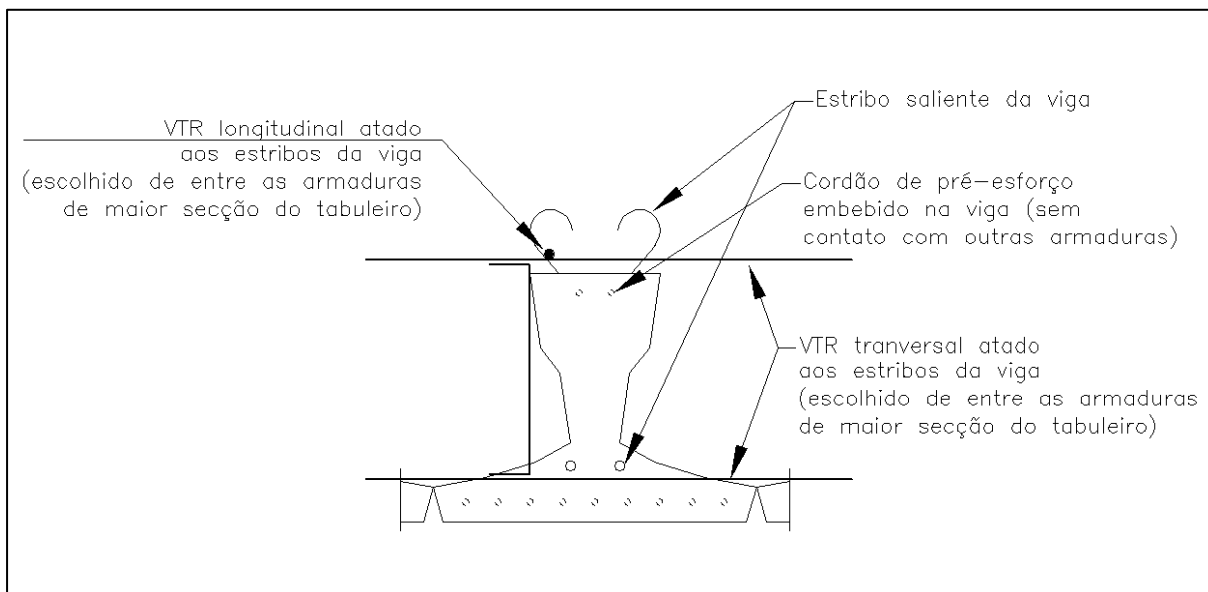


Figura 9 – Desenho de princípio da ligação das armaduras ordinárias das vigas pré-esforçadas nos encontros, ao sistema de terras (corte transversal)

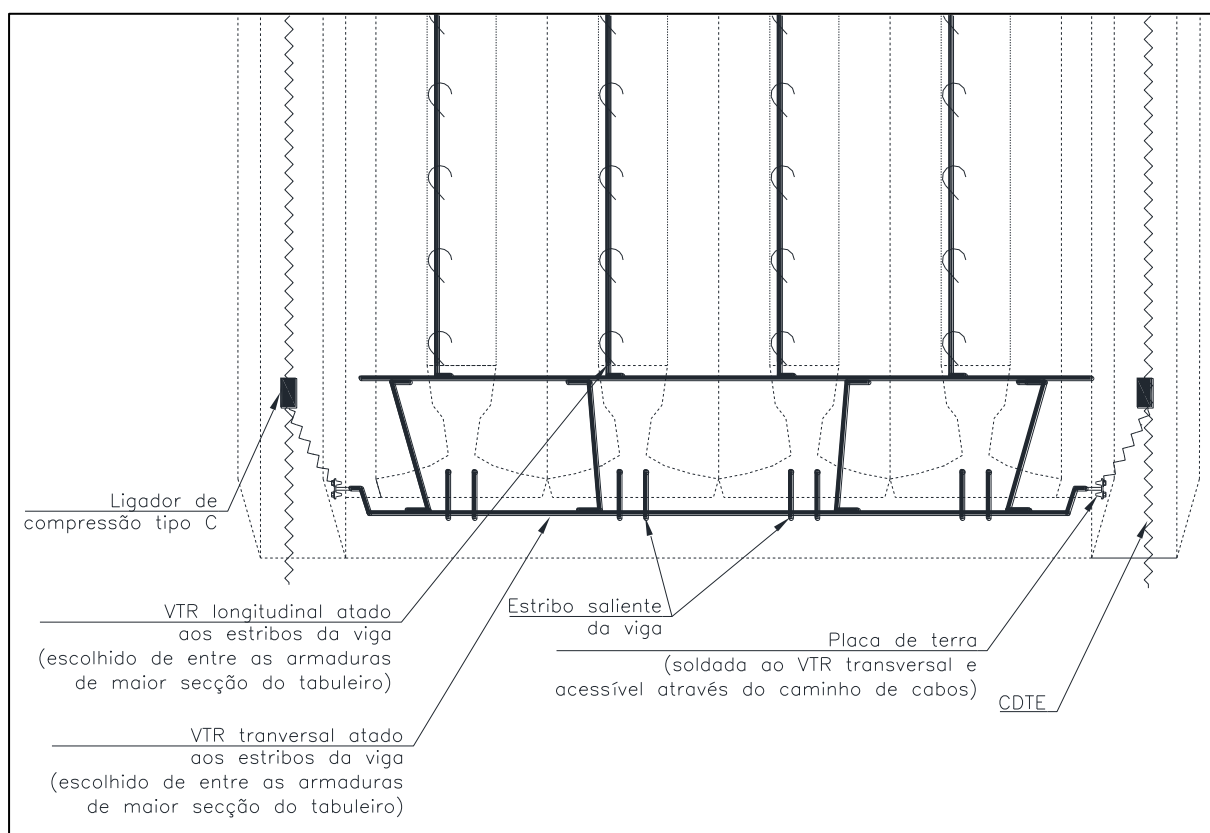


Figura 10 – Desenho de princípio da ligação das armaduras ordinárias das vigas pré-esforçadas, ao sistema de terras

8.2.3. Tubagens embebidas no betão para passagem de cabos

Entre cada placa de terra e a canalização ou caminho de cabos terá de ser embebido no betão um tubo para passagem de cabos (Figura 11);

A laje do tabuleiro terá de prever a as necessárias canalizações de cabos por ocasião da sua conceção e antes da betonagem. Para o efeito deverão ser previstas canalizações em antecipação entre as canalizações ou caminhos de cabos em ambos os lados da via, por forma a permitir posteriormente a ligação das LTI's ou LEAE's. Para o efeito a plataforma deve prever canalizações em tubo(s) a intervalos regulares constantes da ordem dos 100m (ou outro valor devidamente equacionado pelo projetista), que permitam futuras ligações ou alterações de ligações decorrentes de aumentos de potência ou de alterações na sinalização instalada nos carris.

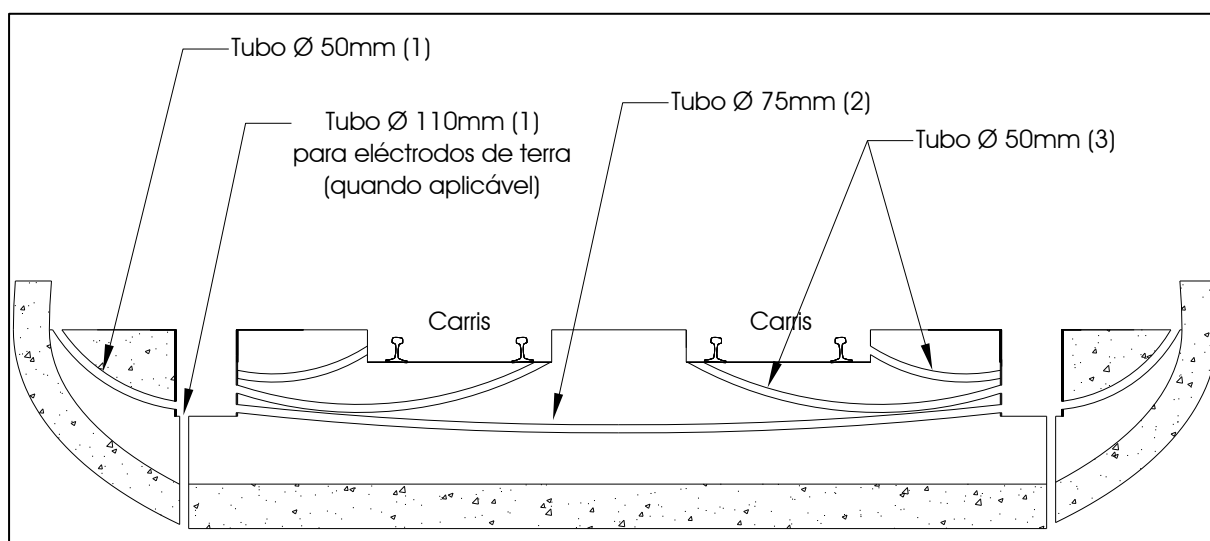


Figura 11 - Tubagens embebidas no betão

Requisitos adicionais para lajes de betão.

Nas lajes de betão com ou sem paredes, os seguintes tubos terão de ser igualmente embebidos no betão (ver Figura 11):

- Tubos verticais com Ø 110 mm no caminho de cabos, ou canalização a cada 50 m;
- Tubos horizontais com Ø 50 mm no caminho de cabos, ou canalização a cada 50 m.

8.3. Armaduras em pilares

Ligação das armaduras

Todas as armaduras, incluindo as armaduras de costura, têm de ser ligadas entre si de acordo com as seguintes regras:

1. Mais de 10% das armaduras dos pilares têm de ser interligadas com as armaduras da ponte;
2. Mais de 10% das armaduras de costura dos pilares têm de ser interligadas às restantes armaduras da ponte. Esta ligação far-se-á por meio de ligadores anti-corrosão;
3. É proibido soldar cabos pré-esforçados;
4. Quando o tabuleiro assenta em pilares ou em encontros de extremidade ou intermédios sobre aparelhos de apoio, ligar-se-ão as armaduras das duas estruturas por intermédio de placas de terra, cumprindo com o desenho de princípio das Figura 12 e Figura 13;

5. Na eventualidade de existirem pilares numa seção de tabuleiro cujo projeto prevê o seu recobrimento com betão relativamente às armaduras interiores superior a 50mm, poderá dispensar-se a sua interligação às armaduras do tabuleiro, desde que na mesma seção de tabuleiro o projeto de terras da estrutura assegure o número adequado de pilares que garantam uma ligação elétrica distribuída necessária e suficiente para a ligação à terra da totalidade da estrutura na situação mais desfavorável (descargas atmosféricas), nunca inferior a 50% dos pilares da mesma, com arredondamento simétrico para o inteiro imediatamente superior e nunca inferior a 2.

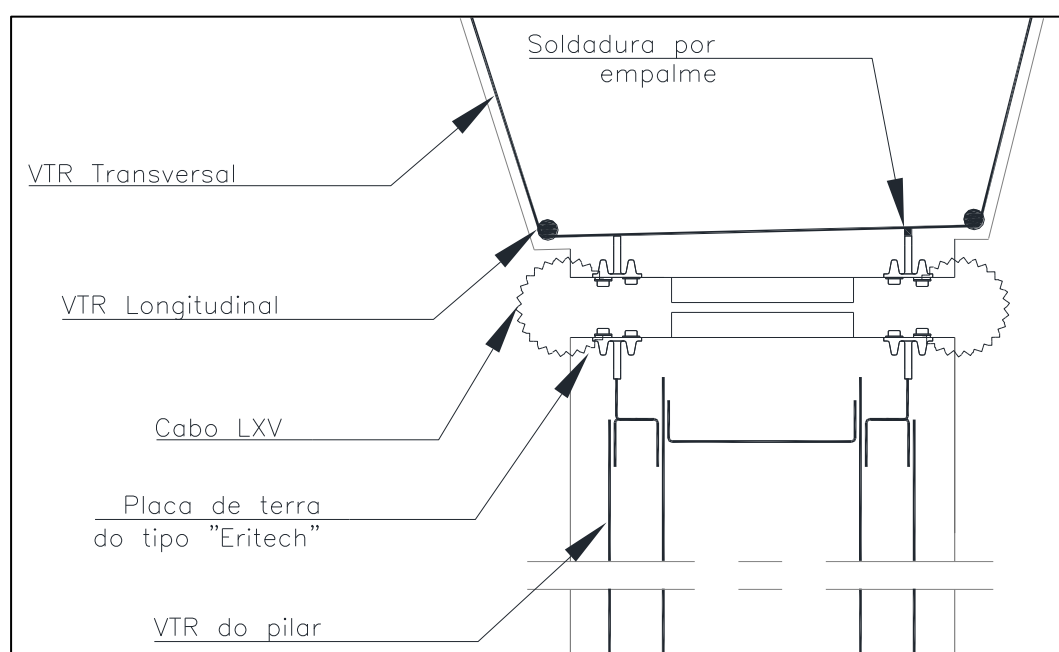


Figura 12 – Desenho de princípio da ligação das armaduras dos pilares às armaduras do tabuleiro

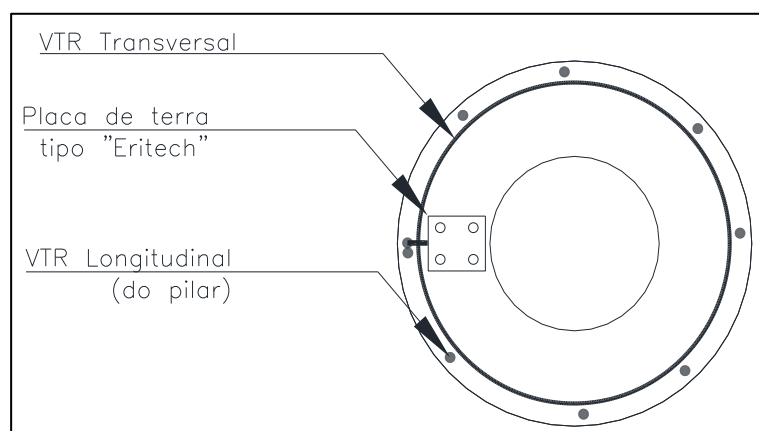


Figura 13 – Desenho de princípio da ligação das armaduras nos pilares

8.4. Ligação à terra de pontes metálicas

Os vãos metálicos das pontes têm de ser ligados entre si por soldadura ou por cabos LXV de 50 mm² de secção, em número necessário e suficiente para assegurar uma ligação de baixa impedância entre os mesmos;

Todos os objetos de metal devem estar ligados aos diferentes vãos metálicos para evitar tensões de contacto inaceitáveis;

Para prevenir a ocorrência de correntes inaceitáveis na estrutura, os carris têm de ser isolados das partes metálicas. A resistência do isolamento deve ser de pelo menos 10 Ω .km;

O CDTA deve ser contínuo ao longo da ponte metálica;

O CDTA não necessita ser contínuo, caso o projeto obedeça aos seguintes requisitos:

- A ponte tem uma condutividade longitudinal que pode ser comparada à secção transversal do CDTA;
- Não existem postes de catenária no interior da ponte, isto é a estrutura suporta os condutores de catenária por meio de fixações adequadas para o efeito;
- As extremidades do CDTA estão ligadas à ponte metálica de ambos os lados.

Se o CDTA não for contínuo, o mesmo deverá ser interligado com o CDTE no início e no fim da ponte por intermédio de 2 cabos LXV de 50 mm² de secção, bem como o CDTE na ponte deverá garantir uma continuidade elétrica reforçada no sentido longitudinal.

8.5. Ligação da estrutura metálica ao CDTE

Nas extremidades da ponte e a cada 50m, a estrutura de aço tem de ser ligada ao CDTE por intermédio de um LXV de 50 mm² de secção;

As ligações à estrutura metálica da ponte devem ser aparafusadas.



Co-financiamento da União Europeia
Rede Transeuropeia de Transportes (RTE-T)

*A presente publicação é da exclusiva
responsabilidade do autor. A União Europeia não
se responsabiliza pela eventual utilização das
informações nela contida.*

