

GUIA TÉCNICO DE TERRAS

Ligações à terra e Elérodos de terra

Regras para a ligação à terra das instalações de distribuição de energia em AT MT e BT (redes de Alta e Média Tensão, Postos de Transformação e redes de BT) e de Seleção e Instalação dos Elérodos de Terra

Elaboração: E&C & Asset Technology,
Supplier Mgmt. & Logistics, EMC MV/LV
N PT, EMC MV/LV S PT

Homologação: conforme despacho do CA de 2022-09-26

Edição: 5.

Revisão: 1. Aprovação conforme despacho do Diretor da
E&C & Asset Technology de 2024-12-19

Acesso: X Livre

Restrito

Confidencial

ÍNDICE

ÍNDICE	2
0 INTRODUÇÃO	4
1 OBJETO E CAMPO DE APLICAÇÃO	4
2 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
3 SIGLAS E DEFINIÇÕES	5
4 GUIA TÉCNICO DE TERRAS – LIGAÇÕES À TERRA	5
4.1 REDES DE ALTA e MÉDIA TENSÃO.....	5
4.1.1 Linhas aéreas de AT e MT em condutores nus.....	5
4.1.1.1 Postes.....	6
4.1.1.2 Armações.....	7
4.1.2 Linhas aéreas de MT em cabo torçada.....	8
4.1.2.1 Postes.....	8
4.1.2.2 Armações.....	8
4.1.2.3 Cabo tensor.....	8
4.1.3 Equipamentos de rede aérea.....	10
4.1.3.1 Seccionadores, interruptores-seccionadores, e seccionadores-fusíveis de expulsão (cut-outs).....	10
4.1.3.2 Órgãos de corte de rede (OCR).....	12
4.1.3.3 Transições aéreo-subterrâneas.....	13
4.1.3.4 Redes provisórias de MT.....	18
4.1.4 Equipamentos de socorro às redes de MT e BT.....	18
4.1.4.1 Bloco móvel de corte e proteção MT (BMCP - MT).....	18
4.1.4.2 Centrais móveis (CM).....	19
4.1.4.3 Grupos móveis de socorro (GMS).....	19
4.1.4.4 Posto de transformação móvel (PT Móvel).....	20
4.1.5 Linhas subterrâneas de MT.....	21
4.1.5.1 Subestações AT/MT.....	21
4.1.5.2 Rede MT.....	23
4.1.5.2.1 Terminações.....	23
4.1.5.2.2 Junções.....	24
4.2 POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO.....	25
4.2.1 Postos de transformação aéreos (R100, R250).....	25
4.2.1.1 Descarregadores de sobretensões (DST).....	25
4.2.1.2 Armação HPT4, seccionador/interruptor-seccionador e TP.....	26
4.2.1.3 Plataformas de manobra, comando do seccionador/interruptor-seccionador, ferragens de fixação do Q4C, ferragem de sujeição dos tubos de PVC ao poste, e ferragens de fixação do Quadro Geral de Baixa Tensão.....	28
4.2.1.4 Terra de proteção.....	31
4.2.1.5 Terra de serviço.....	32
4.2.2 Postos de transformação em cabina baixa.....	33
4.2.2.1 Circuito de terra de proteção (no interior do PT).....	33
4.2.2.2 Terra de proteção.....	34
4.2.2.3 Terra de serviço.....	35
4.2.2.4 Terra única.....	36
4.3 REDES DE BAIXA TENSÃO.....	37
4.3.1 Redes aéreas de BT (em cabo torçada).....	37
4.3.2 Redes subterrâneas de BT.....	38
4.3.2.1 Armários de distribuição.....	38
4.3.2.1.1 Terra de neutro.....	38
4.3.2.2 Terminações.....	39
4.3.2.3 Derivações e Junções subterrâneas.....	41
4.3.3.1 Terminações.....	42
4.3.4 Redes subterrâneas de iluminação pública.....	43
4.3.4.1 Ligações à terra.....	43
5 GUIA TÉCNICO DE TERRAS – ELÉTODOS DE TERRA	46
5.1 CAMPO DE APLICAÇÃO.....	46
5.2 TIPOS DE ELÉTODOS DE TERRA.....	46
5.3 REGRAS DE SELEÇÃO.....	47
5.3.1 Generalidades.....	47
5.3.2 Instalações e equipamentos a considerar.....	47
5.3.3 Características do terreno e configurações dos elétrodos.....	47

5.3.3.1	Resistividade do solo	47
5.3.3.2	Configurações dos elétrodos de terra	47
5.3.3.3	Adequação de diferentes configurações de elétrodos de terra	48
5.4	REGRAS DE INSTALAÇÃO	48
5.4.1	Generalidades	48
5.4.3	Recomendações de instalação para as diferentes configurações de elétrodos de terra.....	50
5.4.3.1	Varetas simples ou extensíveis	50
5.4.3.2	Varetas em paralelo	51
5.4.3.3	Serpentina simples.....	52
5.4.3.4	Serpentina dupla	52
5.4.3.5	Serpentina dupla longa	53
5.4.3.6	Estrela	53
	ANEXO A DESENHOS - REDES DE MÉDIA TENSÃO	55
	ANEXO B DESENHOS - POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO AÉREOS	65
	ANEXO C DESENHOS - POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO EM CABINA BAIXA	80
	ANEXO D DESENHOS - REDES DE BAIXA TENSÃO	84
	ANEXO E DESENHOS - RAMAIS AÉREOS E SUBTERRÂNEOS BT.....	90
	ANEXO F DESENHOS - REDES SUBTERRÂNEAS DE IP.....	91
	ANEXO G DESENHOS DE INSTALAÇÃO DE ELÉTODOS DE TERRA.....	94
	ANEXO H CARATERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E DIMENSIONAIS DE ELÉTODOS DE TERRA	100
	ANEXO I VALORES MÉDIOS DE RESISTIVIDADES DE ALGUNS SOLOS E MATERIAIS.....	101
	ANEXO J DESCRIÇÃO DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ELÉTODOS DE TERRA	102
	ANEXO K TIPOS DE ELÉTODOS.....	105

0 INTRODUÇÃO

A edição 5 do Guia Técnico de Terras, teve por finalidade fundir e uniformizar num só documento as antigas duas partes do DRE-C11-040, para além da introdução das ligações à terra em novos tipos de instalações.

As alterações mais relevantes introduzidas nessa edição foram as seguintes:

- Uniformização e fusão num só documento das duas partes anteriormente constantes do DRE-C11-040 Parte 1: Ligações à Terra, e Parte 2: Eléttodos de Terra;
- Introdução de secções referentes a ligações à terra de novos tipos de equipamentos da rede aérea de MT, nomeadamente:
 - Seccionadores-fusíveis de expulsão (cutouts);
 - Órgãos de Corte de Rede (OCR);
 - Redes provisórias de MT.
- Introdução de ligações à terra dos equipamentos de socorro às redes de MT e BT, nomeadamente:
 - Bloco Móvel de Corte e Proteção (BMCP - MT);
 - Centrais Móveis (CM);
 - Grupos Móveis de Socorro (GMS);
 - Posto de Transformação Móvel (PT Móvel).
- Ligações à terra dos novos DST com desconector;
- Atualização das referências normativas;
- Adequação ao clausulado das atualizações das normas CENELEC e IEC que regulamentam as ligações à terra constantes deste documento.

Esta revisão do documento resulta da necessidade de atualizar os desenhos presentes no texto e nos anexos A, B, C, D e E (as alterações foram realçadas a amarelo).

Complementarmente fez-se a atualização das referências normativas.

1 OBJETO E CAMPO DE APLICAÇÃO

O presente documento tem por finalidade normalizar e uniformizar as ligações à terra das instalações de distribuição de energia (linhas aéreas e subterrâneas de MT, postos de transformação, redes aéreas e subterrâneas BT, redes de iluminação pública e chegadas aéreas e subterrâneas BT), que deverão ser executadas de acordo com a regulamentação em vigor e as boas regras técnicas aqui descritas, bem como a seleção e instalação dos eléctrodos de terra.

2 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para efeitos do presente documento foram tidos em consideração disposições dos seguintes documentos:

DRE-C10-001	Manual de Coordenação de Isolamento
DRE-C11-601	Transições aéreo-subterrâneas – Instalação de DST
DRE-C65-110	Guia prático de seleção e disposição de DST em instalações AT/MT
DMA-C67-201	Postes de betão para redes de AT, MT e BT
DMA-C67-010	Postes de aço reticulado da série F para linhas aéreas de MT
DMA-C13-910	PT MT/BT de distribuição pública. Cabinas pré-fabricadas de betão armado
DMA-C62-801	Aparelhagem de BT. Armários de distribuição
DIT-C13-801	Projeto-tipo de postos de transformação do tipo R 100
DIT-C13-802	Projeto-tipo de postos de transformação do tipo R 250
D G EG	Recomendações para linhas aéreas de Alta Tensão, até 30 kV
D G EG	Projeto-tipo de Postos de Transformação em cabina baixa dos tipos CBU e CBL
D G EG	Guia Técnico de RABT em condutores isolados agrupados em feixe torçadas

D G EG	Guia Técnico de armários de distribuição e seus maciços de fundação
D G EG	Projeto-tipo de Postos de Transformação aéreos dos tipos AI-1 e AI-2
D G EG	Projeto-tipo de Postos de Transformação aéreos dos tipos A e AS
R S S P T S	Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento.
R S L E A T	Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de AT.
R S R D E E B T	Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão.
EN 50522	Earthing of power installations exceeding 1 kV a.c..
EN IEC 61936-1	Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC – Part 1: AC.

3 SIGLAS E DEFINIÇÕES

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis as seguintes definições:

— AT	Alta Tensão
— MT	Média Tensão
— BT	Baixa Tensão
— DST	Descarregador de Sobre Tensões
— LAMT	Linha Aérea de Média Tensão
— LSMT	Linha Subterrânea de Média Tensão
— OCR	Órgão de Corte de Rede
— TT	Transformador de Tensão
— GMS	Grupo Móvel de Socorro
— P4C	Quadro de Comando, Contagem, Controlo e Comunicações - montagem interior (PT cabina)
— PT	Posto de Transformação
— BMCP	Bloco Móvel de Corte e Proteção
— SE	Subestação
— LAAT	Linha Aérea de Alta Tensão
— LSAT	Linha Subterrânea de Alta Tensão
— PTD	Posto de Transformação de Distribuição
— PTC	Posto de Transformação de Cliente
— PS	Posto de Seccionamento
— QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
— Q4C	Quadro de Comando, Contagem, Controlo e Comunicações - montagem exterior (PT aéreo)
— PEN	Condutor com a função simultânea de proteção e de neutro
— RSBT	Rede Subterrânea de Baixa Tensão
— RABT	Rede Aérea de Baixa Tensão
— IP	Iluminação Pública

4 GUIA TÉCNICO DE TERRAS – LIGAÇÕES À TERRA

4.1 REDES DE ALTA e MÉDIA TENSÃO

4.1.1 Linhas aéreas de AT e MT em condutores nus

Nas linhas aéreas de AT e MT, toda a aparelhagem metálica (normalmente fora de tensão) necessária ao suporte dos condutores e ao seccionamento e proteção das linhas, tem de ser ligada à terra. Assim, referimos neste capítulo

as ligações à terra dos postes (betão e metálicos), armações, postes com equipamentos de rede aérea e postes com transições aéreo-subterrâneas. A totalidade dos desenhos com as ligações à terra pode ser consultada no anexo A do presente documento.

4.1.1.1 Postes

Os postes de betão devem ser ligados à terra, interligando-se o terminal de terra existente na parte inferior do poste (terminal TLT2) com o elétrodo de terra, através de cabo de cobre nu de 35 mm².

Para possibilitar eventuais melhorias do valor de resistência de terras ou interligações de futuros equipamentos a instalar no poste existente, um dos elétrodos deve ser implantado no exterior do maciço. O elétrodo deve ser implantado junto ao vértice do maciço no sentido crescente da numeração da linha.

O valor da resistência de terra não deve exceder 20 Ohm.

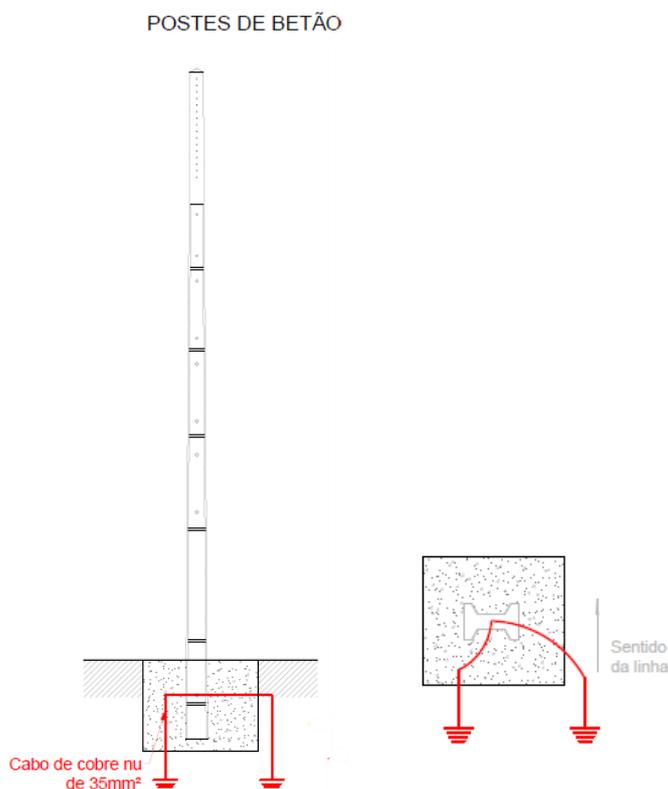


Fig. 1 – LAMT • Ligação aos elétrodos de terra

Os postes metálicos devem ser ligados à terra, interligando-se os terminais de terra existentes em cada um dos montantes aos elétrodos de terra, e interligando-os entre si, através de cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde / amarela. Nos postes metálicos todos os elétrodos devem ser implantados no exterior do maciço junto aos respetivos vértices, garantindo que a distância do elétrodo ao maciço não seja superior a 0,10 m e uma profundidade mínima de 0,80 m. O valor da resistência de terra não deve exceder 20 Ohm.

Os postes de betão / metálicos instalados no interior de subestações AT / MT devem ser ligados à terra geral da subestação, através de cabo de cobre nu de 95 mm².

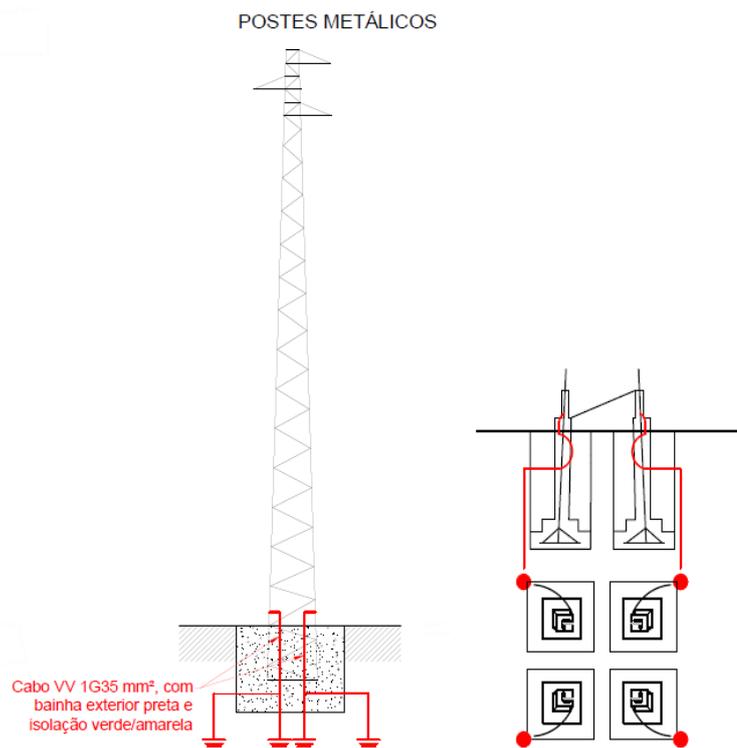


Fig. 2 – LAMT • Ligação aos eletrodos de terra

4.1.1.2 Armações

As armações em postes de betão de linhas aéreas de MT devem ser ligadas à terra através de fio de cobre de 16 mm² de secção.

O fio de cobre de 16 mm² deve interligar todas as ferragens constituintes da armação nos pontos de ligação à terra, existentes em todas as ferragens.

Depois de interligar todas as ferragens, o fio de cobre de 16 mm² deve ligar ao terminal de terra superior do poste, através de um terminal apropriado. Em linhas AT as estruturas metálicas serão ligadas ao terminal de terra na cabeça do poste através de cabo de cobre 35 mm².

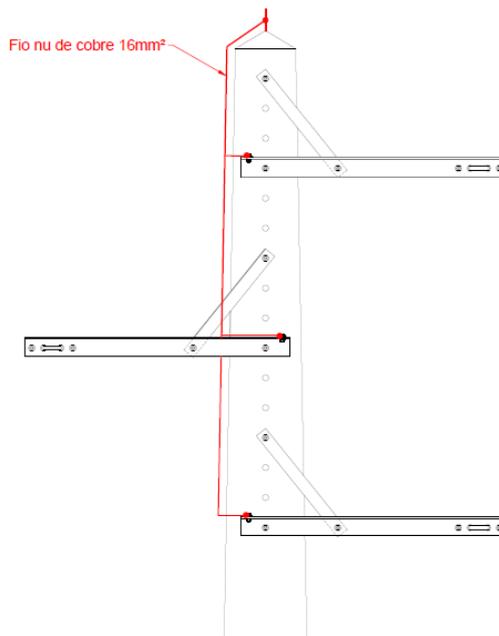


Fig. 3 – LAMT - Ligação da armação à terra

Nos postes metálicos, não é necessário efetuar as ligações acima referidas.

4.1.2 Linhas aéreas de MT em cabo torçada

São linhas aéreas de média tensão constituídas por um conjunto de 3 cabos monofásicos, cableados sobre um núcleo central constituído por um tensor em aço, revestido, utilizado para conferir a resistência mecânica necessária ao auto suporte do conjunto.

4.1.2.1 Postes

Os postes de betão que servirão de suporte a este tipo de linhas aéreas de MT em cabo torçada, serão ligados à terra da mesma forma da que foi descrita na secção 4.1.1.1, para os postes de linhas aéreas de AT e MT.

Quando a rede for estabelecida em apoios de madeira espiados, as ferragens e as espigas devem ser ligadas à terra.

4.1.2.2 Armações

As armações que servirão de suporte ao cabo torçada MT e, caso sejam metálicas, serão ligadas à terra de acordo com o que foi definido na secção 4.1.1.2 para as armações das linhas aéreas de AT e MT.

4.1.2.3 Cabo tensor

A ligação à terra do cabo tensor de aço, será feito à patilha do terminal superior de ligação do apoio MT, a fio de cobre nu de 16 mm², em todos os apoios das linhas.

Quando a linha for estabelecida em apoios de madeira, o tensor será também ligado à terra.

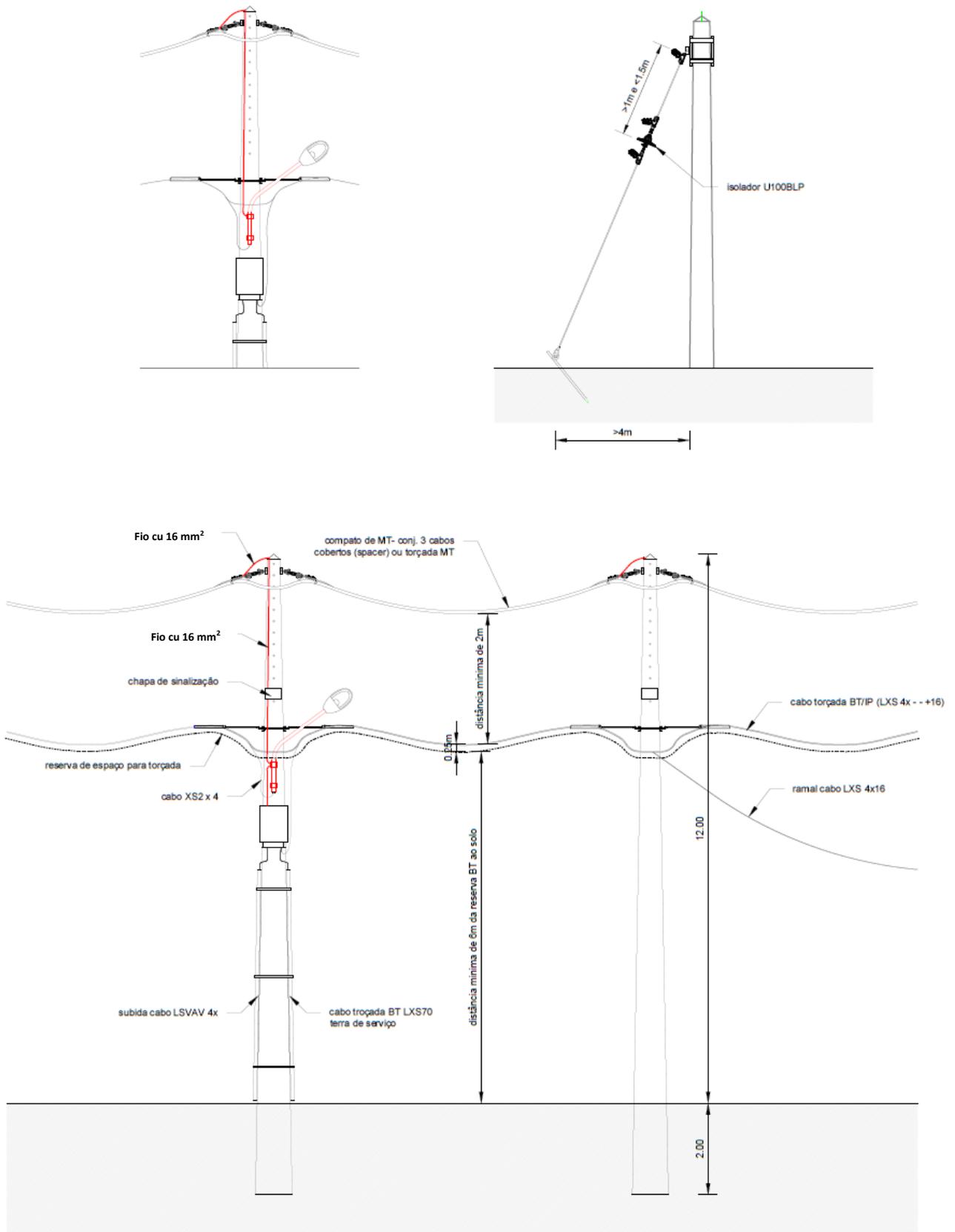


Fig. 4 – Ligação à terra do cabo tensor e dos acessórios de fixação

4.1.3 Equipamentos de rede aérea

4.1.3.1 Seccionadores, interruptores-seccionadores, e seccionadores-fusíveis de expulsão (cut-outs)

Os seccionadores e interruptores-seccionadores (tripolares) em linhas aéreas MT são montados na posição vertical e os seccionadores unipolares serão montados na posição horizontal invertida. Os seccionadores-fusíveis de expulsão (cut-outs) serão montados na posição vertical.

As ligações à terra das estruturas de um poste com estes equipamentos (seccionador e interruptor-seccionador) devem ser feitas do seguinte modo:

- As armações (HRFSC ou outra) e o chassi do seccionador ou interruptor-seccionador devem ser interligados entre si através de fio de cobre nu com 16 mm², ligando tudo ao terminal de terra superior do poste de betão (nos postes metálicos não é necessário efetuar estas ligações);
- A plataforma de manobra e a parte fixa do punho do comando do seccionador (tripolares) serão ligados ao terminal de terra inferior do poste (ligações independentes), a cabo de cobre nu de 35 mm², que no seu trajeto para o solo será protegido com tubo de PVC rígido de 25 mm de diâmetro e 10 kgf/cm², com extremidade embebida no maciço. No caso de montagem em postes de linhas existentes, todas estas ligações serão feitas ao TLT3 do poste;
- A parte móvel do punho de comando do seccionador ligará à parte fixa através de trança de cobre estanhada de 16 mm²;
- A interligação do terminal de terra inferior do poste ao elétrodo de terra deve ser feita a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela;
- Em linhas aéreas com histórico de muitas interrupções devidas a sobretensões atmosféricas e em que se verifiquem contornamentos em seccionadores, deverão ser montados DST de ambos os lados em seccionadores normalmente abertos, ou só do lado da alimentação em seccionadores normalmente fechados (secção 7.3 e anexo H do DRE-C10-001). A ligação à terra dos DST far-se-á de acordo com o que foi prescrito para as transições aéreo-subterrâneas.

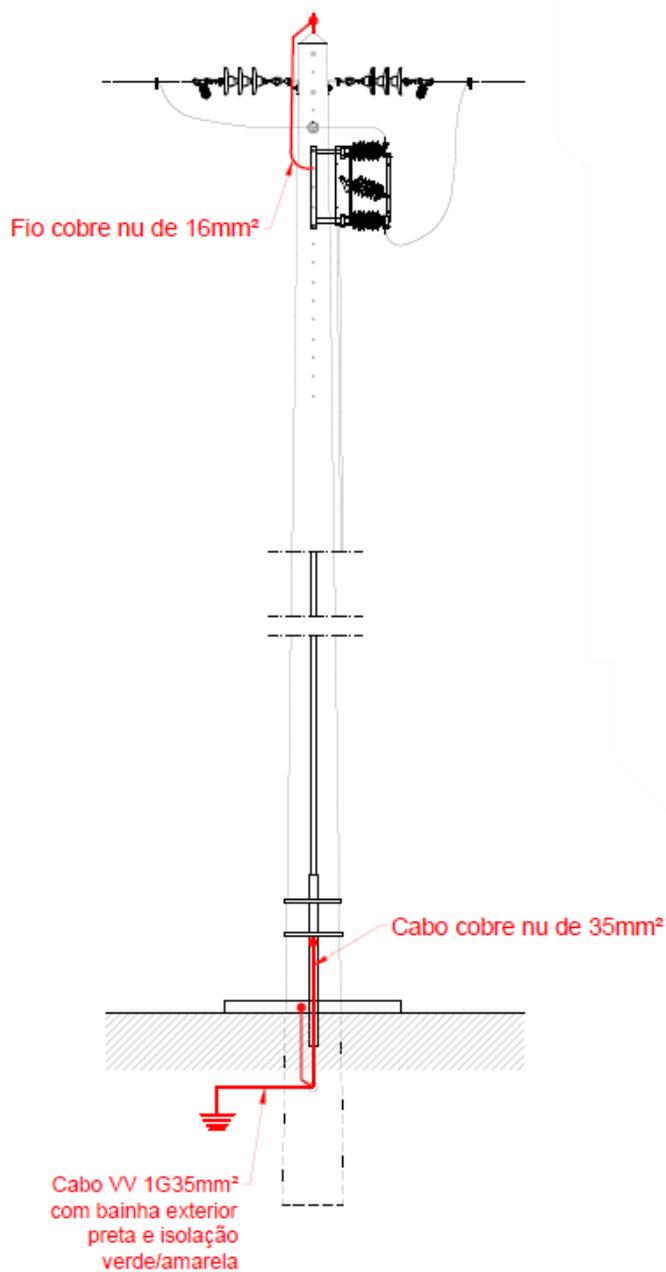
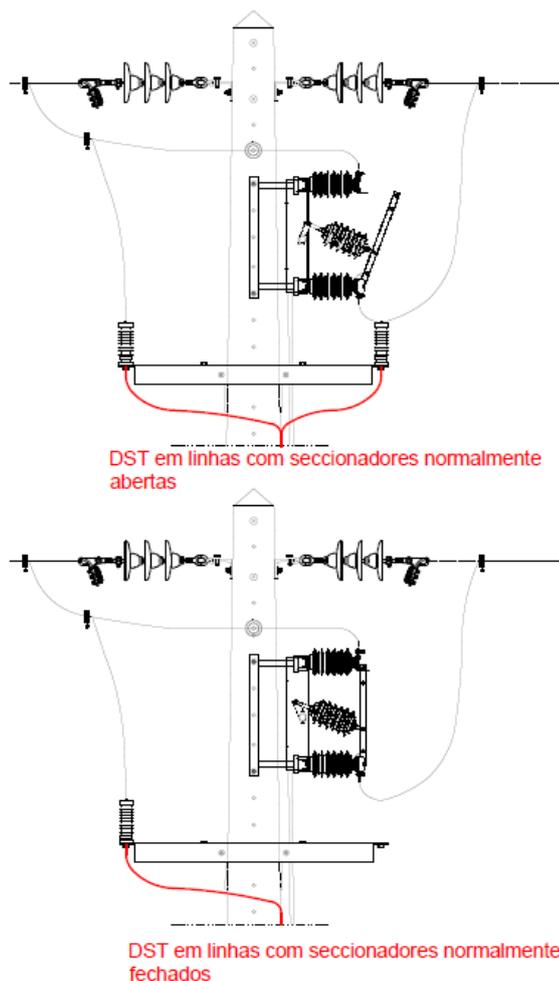


Fig. 5 – LAMT – Ligações à terra em poste com seccionador

**Fig. 6 – LAMT – DST em postes com seccionador**

4.1.3.2 Órgãos de corte de rede (OCR)

As ligações à terra das estruturas de um poste de betão com estes equipamentos (OCR) devem ser feitas do seguinte modo:

- As armações (HRSFSC ou outra), o OCR, o TT, as ferragens de suporte dos equipamentos (OCR/DST/TT) bem como as restantes ferragens, devem ser interligadas entre si através de fio de cobre nu de 16 mm², ligando tudo ao terminal de terra superior do poste de betão (nos postes metálicos não é necessário efetuar estas ligações); Caso as ferragens do OCR e do transformador de tensão (TT) sejam individuais, deverá realizar-se a interligação entre as mesmas através de fio de cobre nu de 16 mm², ligando tudo ao terminal de terra superior do poste de betão;
- A plataforma de manobra será ligada ao terminal de terra inferior do poste através de cabo de cobre nu 35 mm²;
- A interligação do terminal de terra inferior do poste aos elétrodos de terra deve ser feita a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela;
- O armário de telecomando e respetivo barramento de terra de proteção será ligado ao terminal de terra inferior do poste (ligação independente), com cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela, que no seu trajeto para o solo será protegido com tubo de PVC rígido de 25 mm de diâmetro e 10 kgf/cm², com a extremidade embebida no maciço.
- Os DST instalados do lado do OCR são ligados à terra através de cabo LXS 1x70 mm², que interligará sem curvas pronunciadas ou emendas, o terminal inferior do DST central ao terminal de terra inferior do poste

(aplicação de terminais pré-isolados nas extremidades). Os DST laterais são ligados ao cabo do DST central, através das respectivas tranças;

Na ligação do DST central ao terminal de terra inferior do poste deve ser executada uma derivação entre esta ligação e o terminal de terra da ferragem de suporte dos equipamentos, também a cabo LXS 1x70 mm², para uma efetiva proteção da aparelhagem que os DST se encontram a proteger.

- O trajeto do cabo até ao solo deve fazer-se na face oposta do armário de telecomando. O circuito deve ser protegido por tubo de PVC rígido com 32 mm de diâmetro e 10 kgf/cm² (2,50 m fora do solo e parte inferior embebida no maciço);
- A partir do cabo central dos DST instalados no lado do OCR, será ainda realizada uma outra derivação para o DST central (2.º conjunto do lado do TT). Os DST laterais são ligados ao cabo do DST central, através das respectivas tranças.

Antes de qualquer ligação à linha em tensão, tanto do OCR como do TT, todas as ligações à terra devem estar concretizadas, inclusive as respeitantes ao armário de comando. No caso de instalação de vedação, as partes metálicas também serão ligadas à terra (o valor de resistência de terra deverá ser sempre inferior a 20 Ohm).

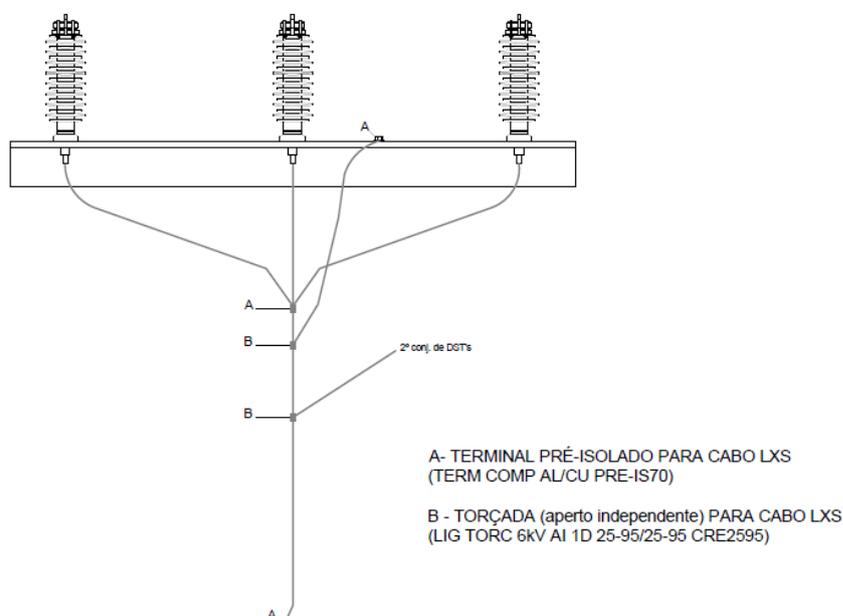


Fig. 6A - Ligação à terra dos DST

4.1.3.3 Transições aéreo-subterrâneas

Estas transições poderão ser executadas com ou sem seccionador/interruptor-seccionador (ligação ao seccionador ou às terminações do cabo e aos DST - ver DRE-C11-601). Por facilidade de exploração da rede MT, esta ligação será executada diretamente ao dispositivo a proteger (terminações) e derivará de um ponto dessa ligação para os DST.

De acordo com o Guia de Coordenação de Isolamento (secções 4.3 e 8.1.3.1 do DRE-C10-001), as distâncias de ligação aos equipamentos a proteger deverão, sempre que possível, estar de acordo com as indicações da figura ao lado, ou seja, $a < b$ e $a+b \leq 3\text{m}$ (10 kV), $a+b \leq 4\text{m}$ (15 kV), $a+b \leq 7\text{m}$ (30 kV) e $d \approx 0$.

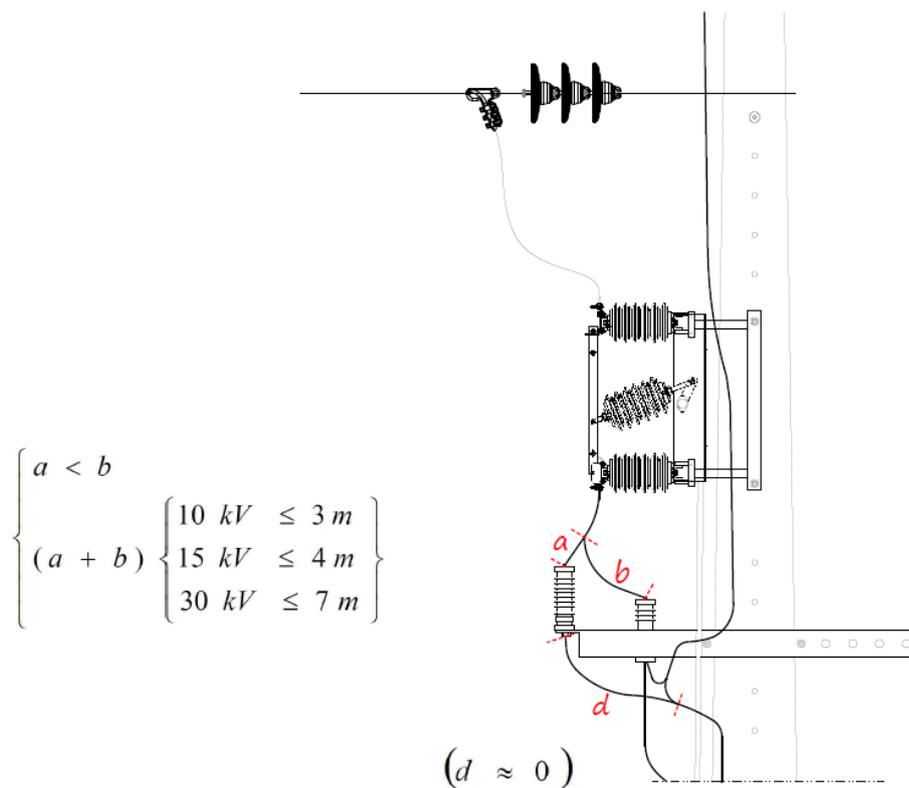


Fig. 6B – Ligação dos DST (distâncias a observar aos equipamentos a proteger)

Os descarregadores de sobretensões (DST), são ligados à terra através de cabo LXS 1x70 mm², que interligará sem curvas pronunciadas ou emendas, os DST (após as tranças dos DST) ao terminal de terra inferior do poste (aplicação de conectores pré-isolados nas ligações referidas).

Os DST laterais (providos de desconectores) são ligados ao cabo do DST central (também provido de desconector) através das respectivas tranças. O trajeto do cabo até ao solo, a cabo LXS 1x70 mm², deve fazer-se na face oposta à dos cabos de potência, ou da face do punho de comando do equipamento, por forma a garantir o isolamento entre estes circuitos. O circuito deve ser protegido por tubo de PVC rígido com 32 mm de diâmetro e 10 kgf/cm² (2,50 m fora do solo e parte inferior embebida no maciço - 0,50 m).

Na ligação do DST central ao terminal de terra inferior do poste deve ser executada, para uma efetiva proteção da aparelhagem que os DST se encontram a proteger (terminações), uma derivação entre esta ligação e o terminal de terra da ferragem de fim de cabo, também a cabo LXS 1x70 mm².

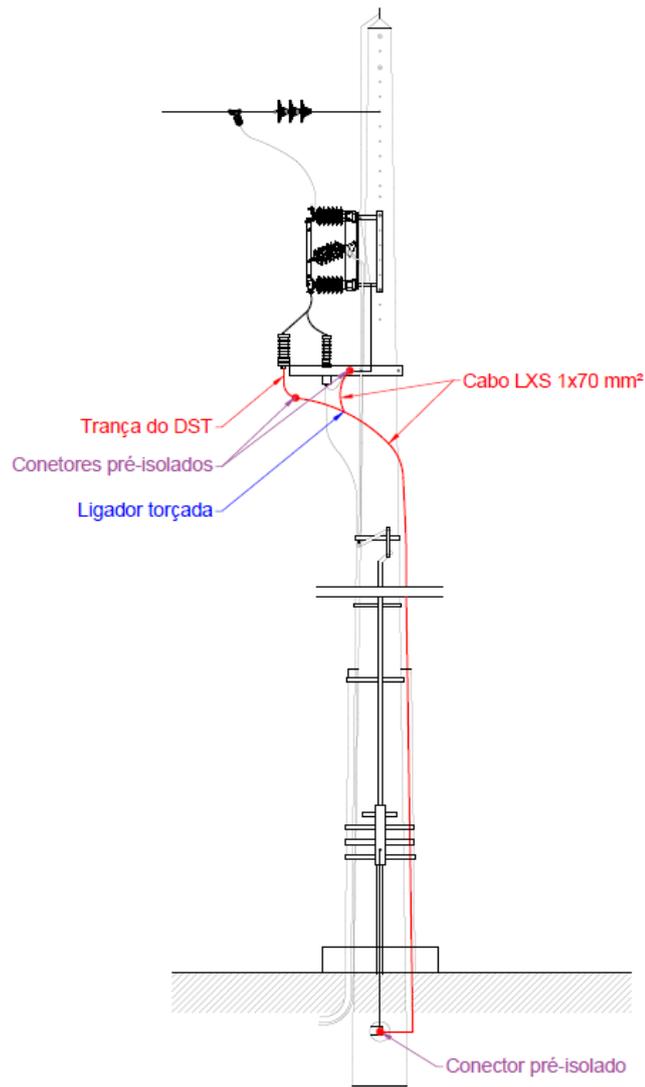


Fig. 7 – LAMT/LSMT • Ligação dos DST à terra

Nos postes de betão, o conjunto formado pela travessa de fim de cabo, o seccionador (incluindo o seu suporte) e a armação de amarração da linha aérea, devem ser interligados entre si e ligados ao terminal de terra superior do poste, a fio de cobre nu de 16 mm².

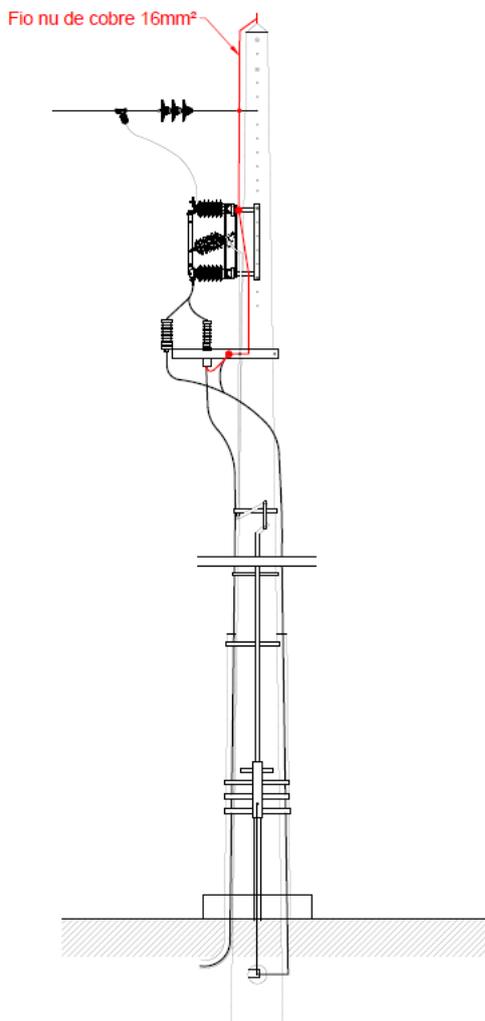


Fig. 8 – LAMT/LSMT • Ligação armação.+ caixas + seccionador à terra

Nas terminações, as bainhas metálicas dos cabos devem ser ligadas à terra, de acordo as prescrições dos fabricantes, a trança de cobre estanhado de 16 mm², interligando-se as bainhas das três terminações com o borne de terra da travessa de fim de cabo.

A parte fixa do punho do comando do seccionador e a plataforma de manobra devem ser ligadas ao terminal de terra inferior do poste (ligações independentes) através de cabo de cobre nu de 35 mm². Na ligação do punho do seccionador ao terminal de terra inferior do poste, o trajeto exterior do cabo é protegido por tubo de PVC rígido com 25 mm de diâmetro e 10 kgf/cm² e parte inferior embebida no maciço. A parte fixa do comando é interligada com a parte móvel, através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

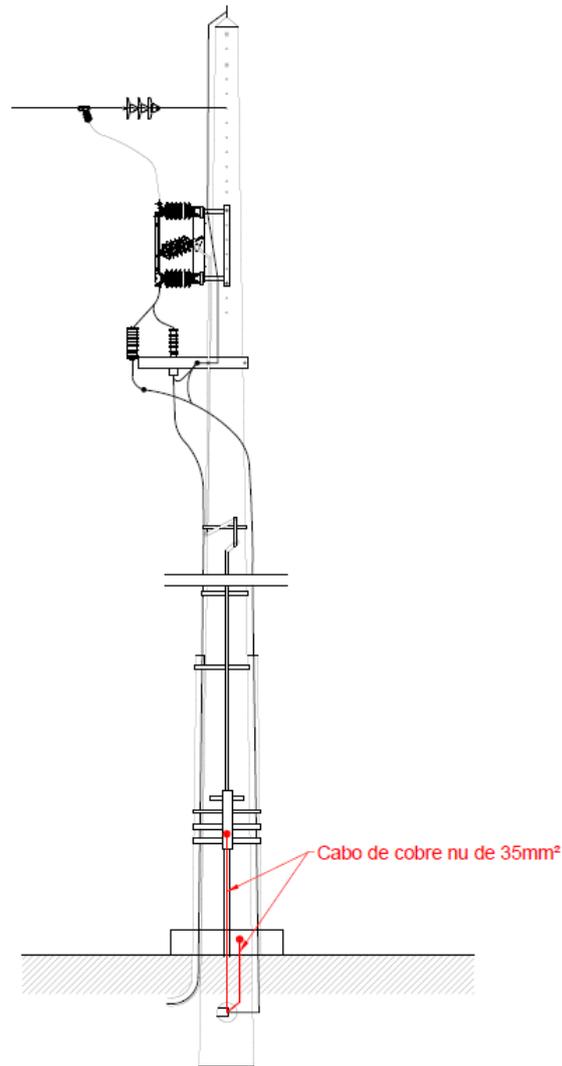


Fig. 9 – LAMT/LSMT • Ligação plataformas + comando do seccionador à terra

A ligação do terminal de terra inferior do poste ao eléctrodo de terra deve ser executada a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde / amarela.

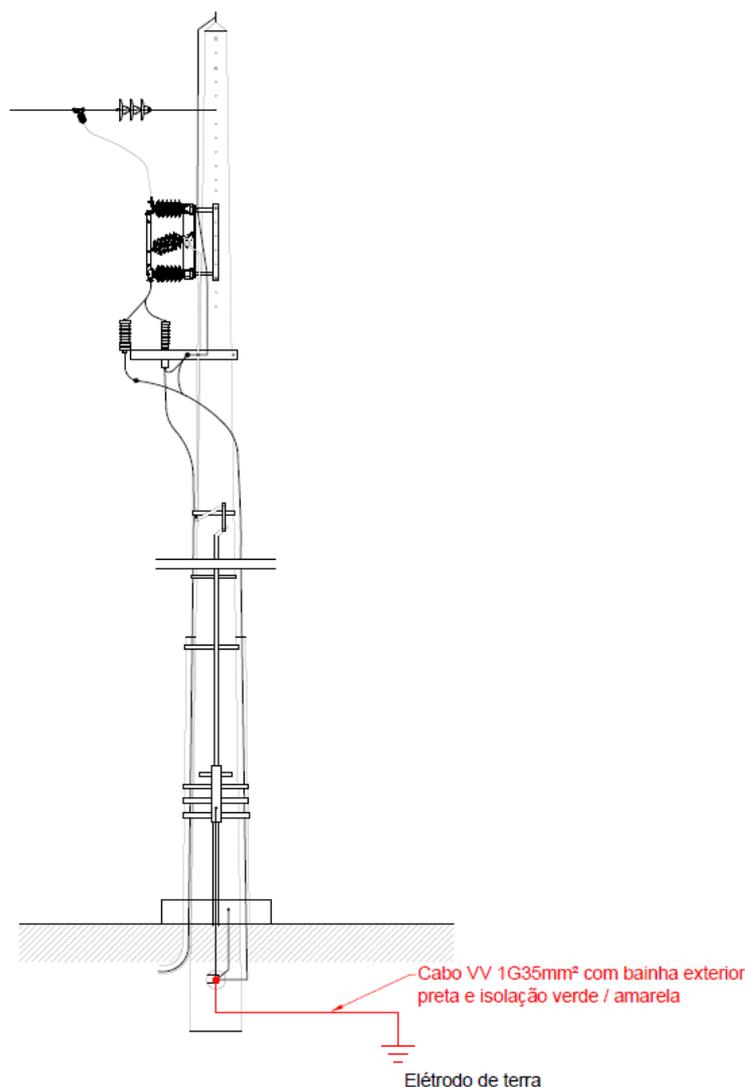


Fig. 10 – LAMT/LSMT • Ligação aos eletrodos de terra

4.1.3.4 Redes provisórias de MT

As ligações à terra a estabelecer para as redes de média tensão construídas com carácter provisório (período de vida útil de curta duração temporal) serão executadas com os mesmos materiais e da mesma forma que para as redes de MT construídas com carácter definitivo e que são descritas no presente documento.

4.1.4 Equipamentos de socorro às redes de MT e BT

Durante a ocorrência de anomalias na rede, avarias em regime perturbado ou mesmo em trabalhos programados, a utilização de equipamentos de socorro à rede de MT e BT tem-se revelado de extrema importância para garantir a continuidade da distribuição de energia elétrica. Assim, e dado que esses equipamentos terão de ser ligados à terra quando estão em funcionamento, iremos de seguida descrever essas ligações para os equipamentos utilizados pela E-REDES.

4.1.4.1 Bloco móvel de corte e proteção MT (BMCP - MT)

O Bloco móvel de corte e proteção MT (BMCP - MT) é um equipamento que permite criar as condições necessárias para alimentar uma porção de rede de média tensão, quando explorada em ilha, alimentada por um Grupo Móvel de Socorro (GMS) ou por um PT Móvel.

O BMCP-MT será dotado de uma terra de proteção, onde serão obrigatoriamente ligadas todas as estruturas metálicas (normalmente fora de tensão), que será ligada aos elétrodos de terra provisórios (com valores de resistência regulamentares). A ligação aos elétrodos de terra provisórios deverá ser executada com cabo do tipo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.

Nota: deverá ser garantido o distanciamento adequado (>20 m) entre a terra de proteção e a terra de serviço da Baixa Tensão.

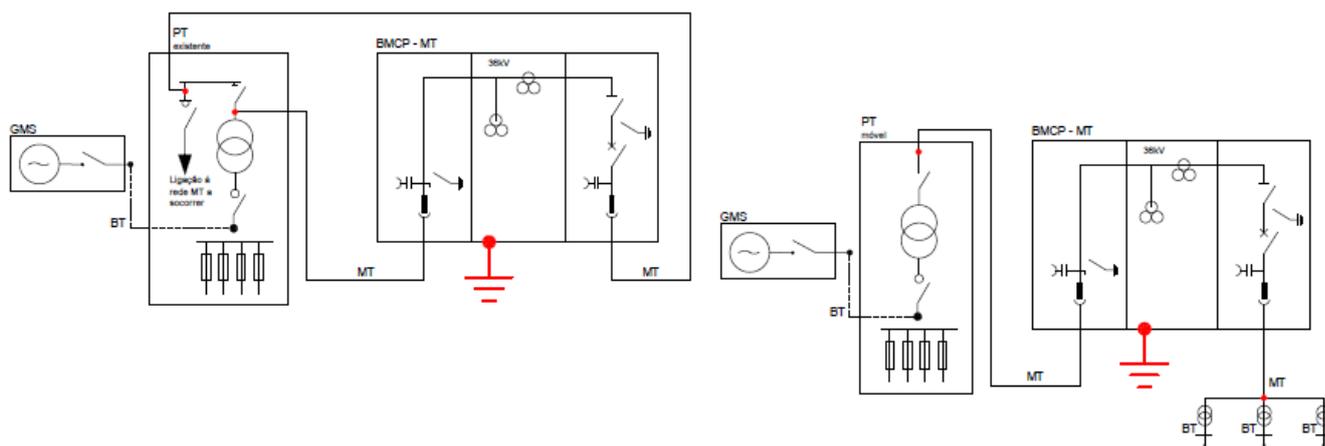


Fig. 11.1 – BMCP - MT • Ligação aos elétrodos de terra

4.1.4.2 Centrais móveis (CM)

As Centrais Móveis (CM) são equipamentos que permitem criar as condições necessárias para alimentar uma porção de rede de média tensão, quando explorada em ilha, alimentada por um Grupo Móvel de Socorro (GMS) e um TP (630/1250 kVA) integrados na própria central e montados em veículo especial (camião).

A ligação à terra de proteção das Centrais móveis (CM) será idêntica à descrita em 4.1.4.1, ou seja, serão dotadas de uma terra de proteção, onde serão obrigatoriamente ligadas todas as estruturas metálicas (normalmente fora de tensão), que será ligada aos elétrodos de terra provisórios (com valores de resistência regulamentares). A ligação aos elétrodos de terra provisórios deverá ser executada com cabo do tipo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.

4.1.4.3 Grupos móveis de socorro (GMS)

Os Grupos Móveis de Socorro (GMS), muitas vezes designados simplesmente por geradores, serão ligados à terra de proteção dos PT onde serão ligados ou, em caso de impossibilidade, executar uma terra de proteção auxiliar provisória através da instalação de um elétrodo de terra, o qual deverá manter a distância regulamentar à terra de serviço da rede, igual ou superior a 20 metros relativamente à terra de proteção do PT. A ligação provisória a efetuar entre o terminal de terra de proteção do GMS e os elétrodos de terra será realizada através de cabo do tipo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.

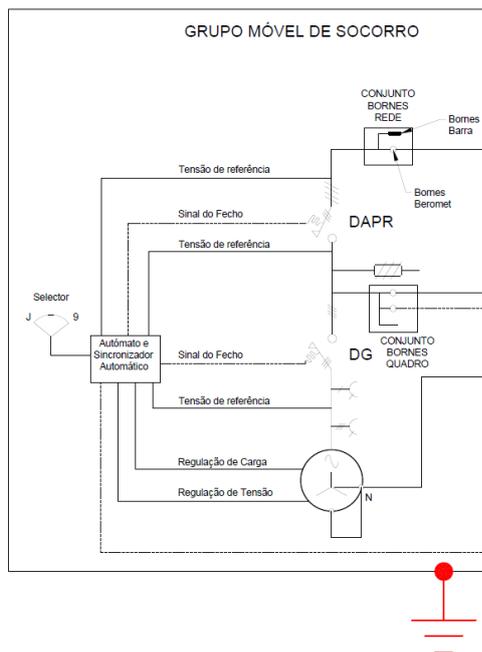


Fig. 11.2 – Grupo Móvel de Socorro (GMS) • Ligação aos elétrodos de terra

4.1.4.4 Posto de transformação móvel (PT Móvel)

O Posto de Transformação Móvel, que também costuma ser designado por PT Móvel, é um posto de transformação do tipo monobloco, composto por uma envolvente metálica, assente numa base de atrelado que permite a sua deslocação para os locais onde é necessário alimentar uma rede de BT (em regime perturbado ou para trabalhos programados).

Este equipamento, e tal como os anteriormente descritos, será dotado de uma terra de proteção, onde ligarão todas as estruturas metálicas que normalmente estão fora de tensão. A ligação entre o terminal de terra de proteção do PT Móvel e os elétrodos de terra provisórios deverá ser executada a cabo do tipo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.

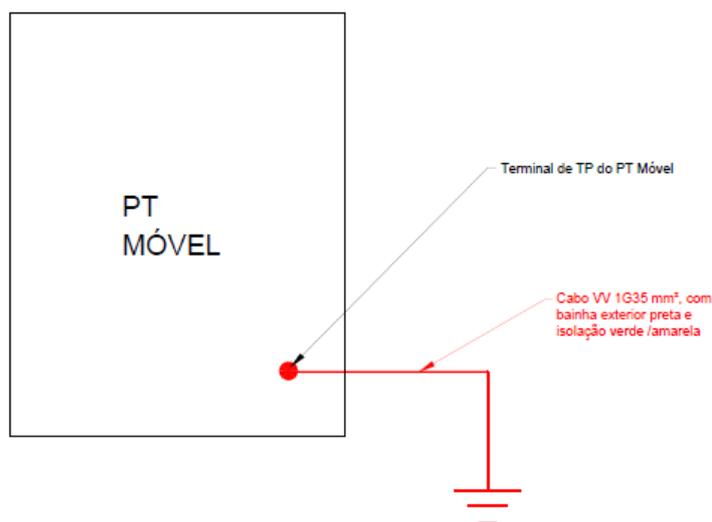


Fig. 11.3 – PT Móvel • Ligação aos elétrodos de terra

4.1.5 Linhas subterrâneas de MT

Quando utilizamos infraestruturas subterrâneas de média tensão, temos como um dos constituintes mais importantes os cabos subterrâneos MT. Estes cabos poderão utilizar isolamento a óleo (tecnologia antiga), ou isolamento em PEX (polietileno reticulado).

Para qualquer das constituições anteriormente referidas, quando ligamos ou interligamos cabos de média tensão, temos de utilizar terminações (ligação a aparelhagem de seccionamento e proteção) e junções simples ou junções de transição, nas interligações entre dois cabos.

Independentemente da tecnologia utilizada pelo respetivo fabricante, as blindagens metálicas (ecrãs metálicos) das terminações devem ser ligadas à terra (excetuando o caso do 1º PT alimentado diretamente da SE). No caso das junções simples e de transição tem de ser garantida a continuidade da blindagem.

4.1.5.1 Subestações AT/MT

A equipotencialização de todas as massas metálicas que normalmente não estejam em tensão, será assegurada pela sua ligação direta à rede geral de terra da subestação, através de ligações apropriadas (as blindagens dos cabos MT serão interligadas com a rede geral de terra através de barra de cobre 40x5 mm). Assim, as blindagens metálicas dos cabos dentro da SE serão ligadas à terra nas duas extremidades, conforme projeto-tipo. No entanto, qualquer revisão futura do respetivo projeto-tipo poderá eventualmente vir a alterar a prática descrita neste documento.

Nas saídas MT de uma SE AT/MT ligadas à rede aérea ou ao primeiro PT (sempre em troço subterrâneo), as blindagens dos cabos de interligação devem ser ligadas à terra do lado da SE (celas QMMT, celas abertas/painel exterior), depois de passarem pelo interior do toro relativo à proteção de terras resistivas.

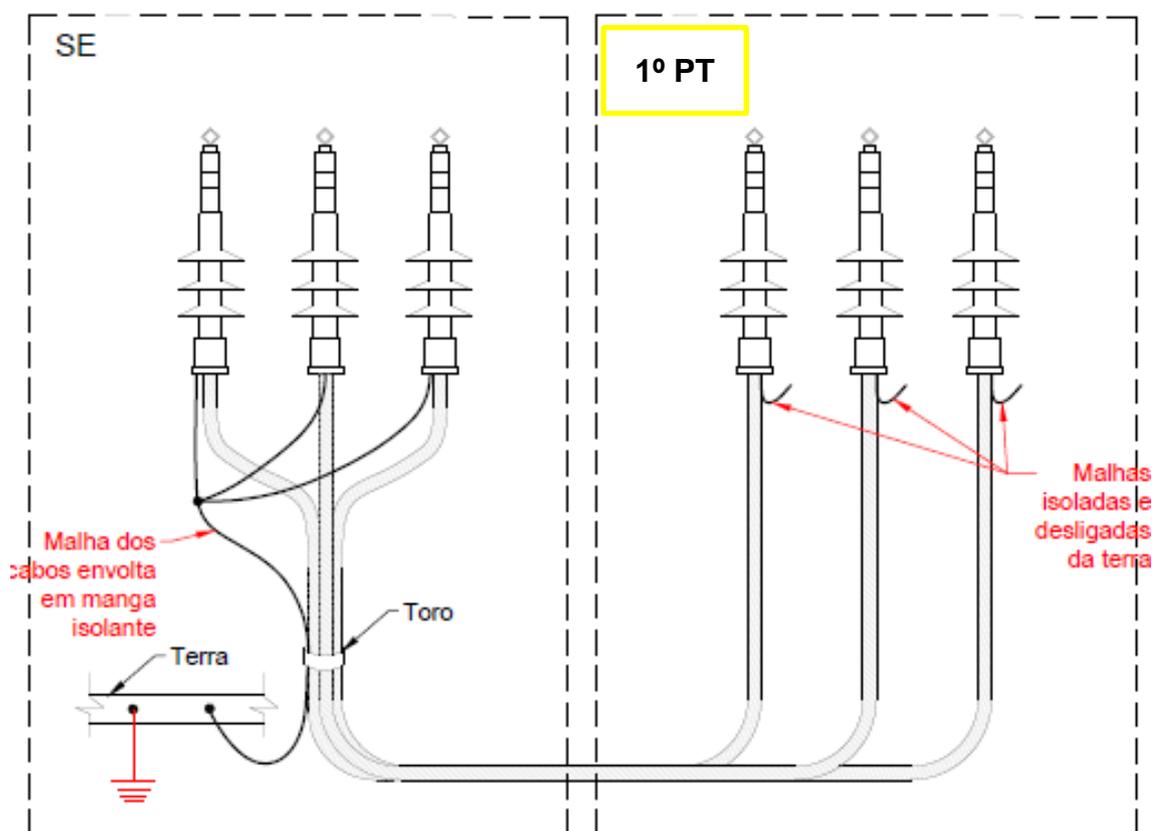


Fig. 12.1 – LAAT(MT)/LSAT(MT) • Ligação das bainhas dos cabos à terra (PT alimentado diretamente por SE)

Para evitar que as blindagens possam entrar em contacto direto com partes metálicas antes de passar pelo toro, perturbando desta forma o funcionamento das proteções, as mesmas deverão ser envoltas em manga isolante, desde a caixa de cabo até ao coletor de terra onde ficarão ligadas.

Caso a saída da SE seja ligada ao primeiro PT, em troço subterrâneo, a blindagem deste lado (o lado do PT) deve ficar isolada da terra, através de manga termorretráctil, evitando-se a proximidade entre esta e a ligação à terra do ecrã semiconductor exterior, quando se tratar de uma terminação amovível.

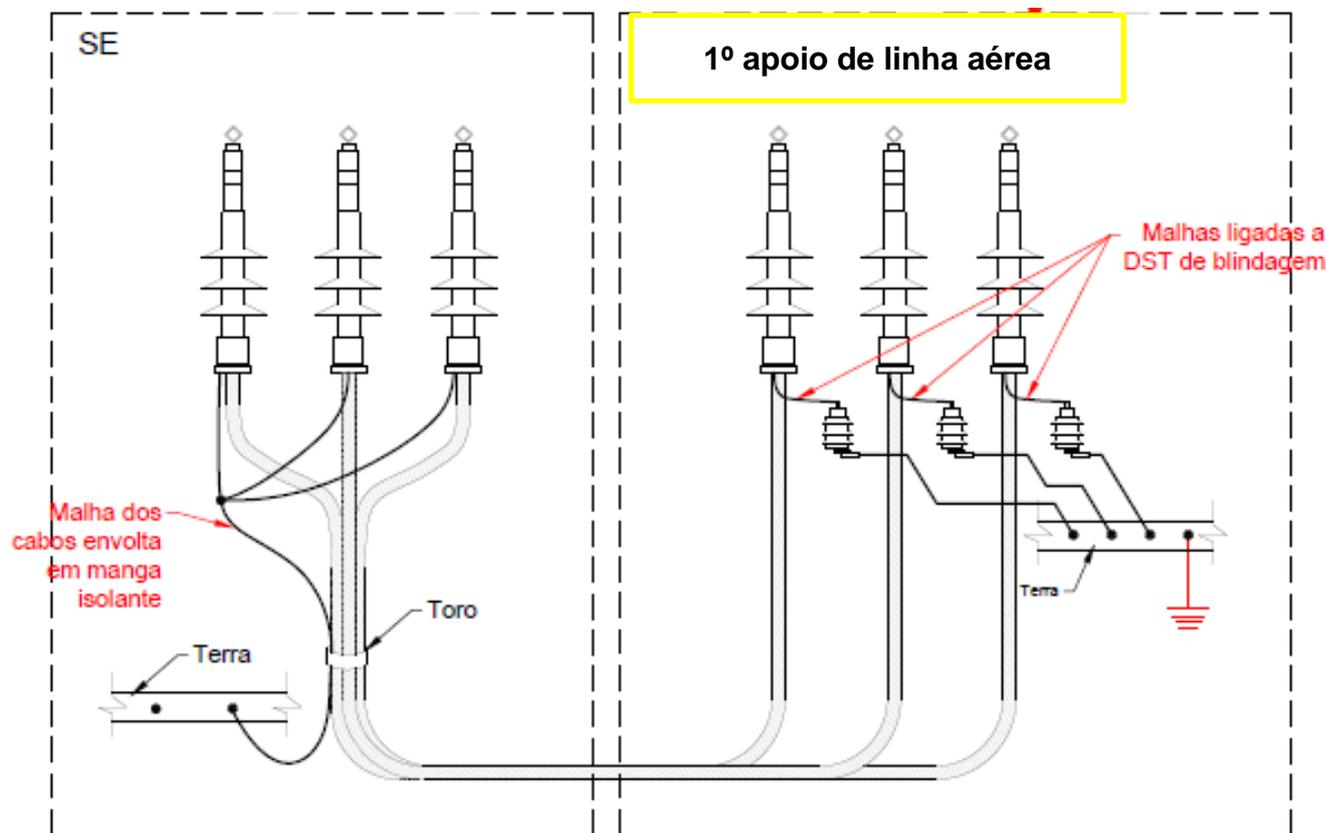


Fig. 12.2 – LSAT(MT)/LAAT(MT) • Ligação das bainhas dos cabos à terra (transição aérea-subterrânea)

Nos casos de transição aéreo-subterrânea, as blindagens devem ser ligadas à terra através de DST de blindagem. Os DST de blindagem são ligados à terra de proteção através de cabo LXS 1x70 mm², que interliga na distância mais curta possível o DST de “blindagem” central e cabo de interligação à terra dos DST de fase. Os DST de “blindagem” laterais são ligados ao cabo do DST de “blindagem” central, nestas ligações é utilizado cabo LXS 1x70 mm², conforme se pode observar na figura 12.3. Na interligação dos circuitos de terra devem ser utilizados conectores torçada.

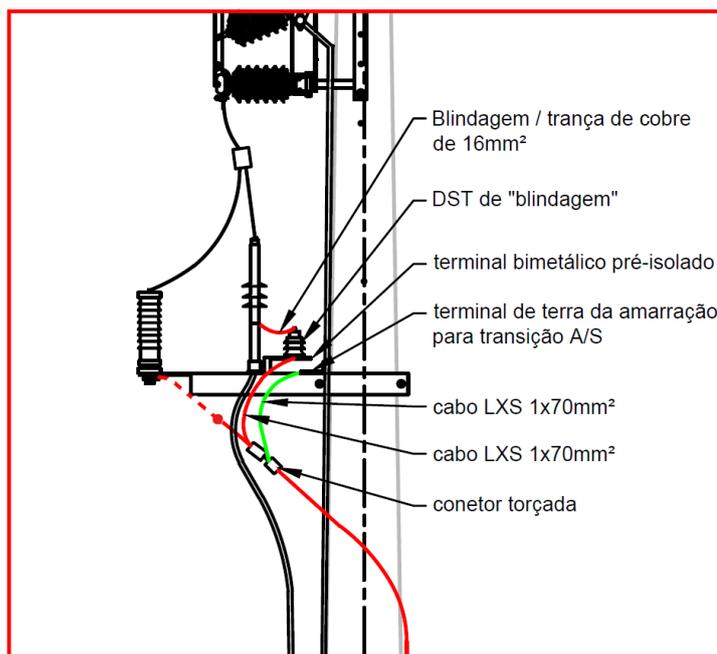


Fig. 12.3 – Ligação da blindagem à terra de proteção por intermédio de DST de "blindagem"

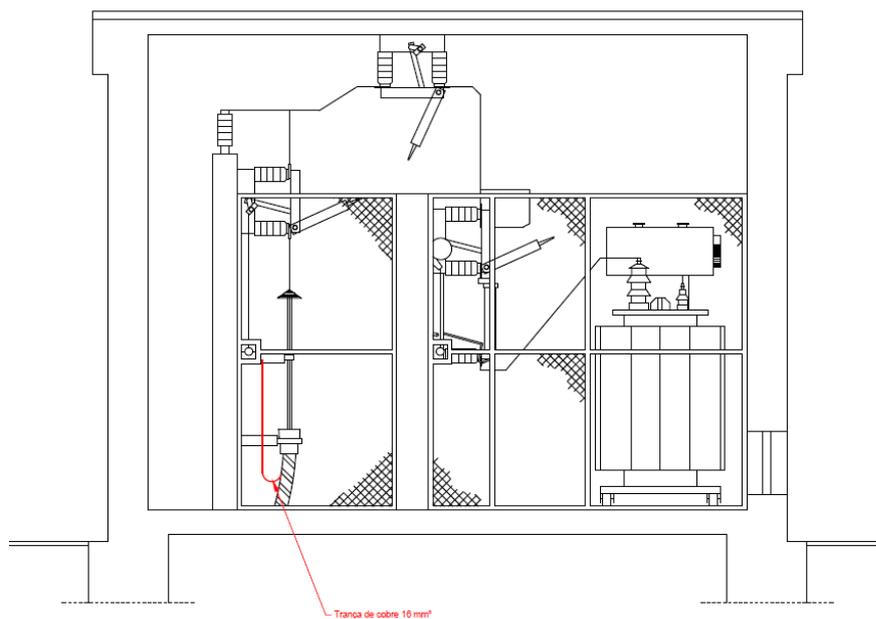
Na interligação ao terminal de terra dos DST de "blindagem" é utilizado o terminal bimetálico pré-isolado de aperto por compressão para 70 mm².

4.1.5.2 Rede MT

4.1.5.2.1 Terminações

Em PTD, PTC e PS, as extremidades dos cabos subterrâneos de MT têm de ser obrigatoriamente ligadas à terra, exceto no caso do 1º PT alimentado diretamente da SE. A ligação das blindagens à terra far-se-á de acordo com as instruções do fabricante e o tipo de cabo. Na ligação ao circuito de terra de proteção, utilizar-se-á a trança de cobre estanhado de 16 mm².

No caso de terminações amovíveis o ecrã semicondutor exterior da mesma, deverá ser ligada à terra de proteção da instalação.



Nota : as bainhas dos cabos são ligadas à terra nas duas extremidades

Fig. 13 – LSMT • Ligação das bainhas dos cabos à terra

4.1.5.2.2 Junções

Nas junções (simples ou de transição) deve ser sempre dada continuidade às blindagens dos cabos, de acordo com os métodos prescritos pelos fabricantes dos acessórios, cujas instruções acompanham o acessório. Caso esteja prevista a utilização de uma malha metálica, a sua fixação e ligação à blindagem dos cabos deve ser feita com braçadeiras de mola, de material metálico não magnético.



Fig. 14 - LSMT • Continuidade das blindagens dos cabos

4.2 POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

Os postos de transformação de distribuição MT/BT, são instalações constituídas por vários dispositivos e equipamentos, em que todas as partes metálicas (normalmente fora de tensão) terão de ser devidamente ligadas à terra de proteção.

O neutro da baixa tensão deve ser ligado à terra de serviço. Nas ligações à terra em instalações deste tipo (descritas nas secções 4.2.1 e 4.2.2 do presente documento), vamos considerar todas as suas versões (PT aéreos e PT em cabina baixa).

4.2.1 Postos de transformação aéreos (R100, R250)

Os postos de transformação aéreos são montados em postes de betão, do tipo TP4 (TM04-2250-740), com 14 metros de altura, em que todos os equipamentos que os constituem serão montados adequadamente ao longo do poste. Por esse facto, as ligações de toda a aparelhagem devem ser feitas de acordo com especificações, que descrevemos ao longo da presente secção 4.2.1. A globalidade dos desenhos com as ligações à terra em todos os tipos de postos de transformação aéreos, poderá ser consultada no anexo B deste documento.

As ligações entre a linha aérea, os DST e os terminais do transformador de potência (PT tipo A), ou a ligação entre seccionador/interruptor-seccionador, os DST e os terminais do transformador de potência (PT tipos R 100/R 250) serão executados de acordo com os respetivos projetos-tipo e o acima prescrito na secção 4.1.1.3.

4.2.1.1 Descarregadores de sobretensões (DST)

Os descarregadores de sobretensões (DST), que são montados obrigatoriamente na cuba do transformador, devem ser ligados diretamente à terra, a partir do DST central, através de cabo LXS 1x70 mm².

Este cabo vai ligar sem interrupções nem curvas pronunciadas os DST (após as tranças dos DST) ao terminal de terra inferior do poste (aplicação de conectores pré-isolados nestas ligações). Os DST laterais (providos de desconectores) serão ligados ao DST central (também provido de desconector).

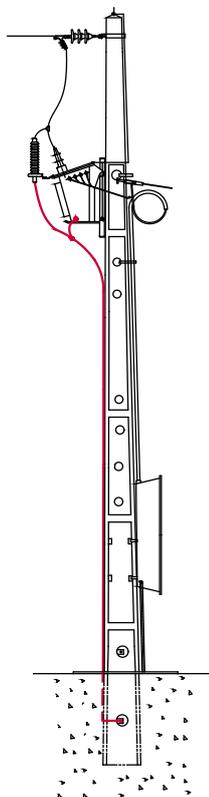


Fig. 15 - PT aéreo tipo A • Ligação dos DST à terra

No seu trajeto o cabo será apoiado ao longo do poste por suportes de fixação adequados e protegido por tubo de PVC rígido, 32 mm de diâmetro e 10 kgf/cm² (2,50 m fora do solo e parte inferior embebida no maciço - 0,5 m).

A partir do cabo de interligação dos DST (após as tranças dos DST) ao terminal de terra inferior do poste deve ser executada, para uma efetiva proteção da aparelhagem que os DST se encontram a proteger (transformador), uma derivação entre esta ligação e o borne de terra existente no transformador (cuba), também a cabo LXS 1x70 mm².

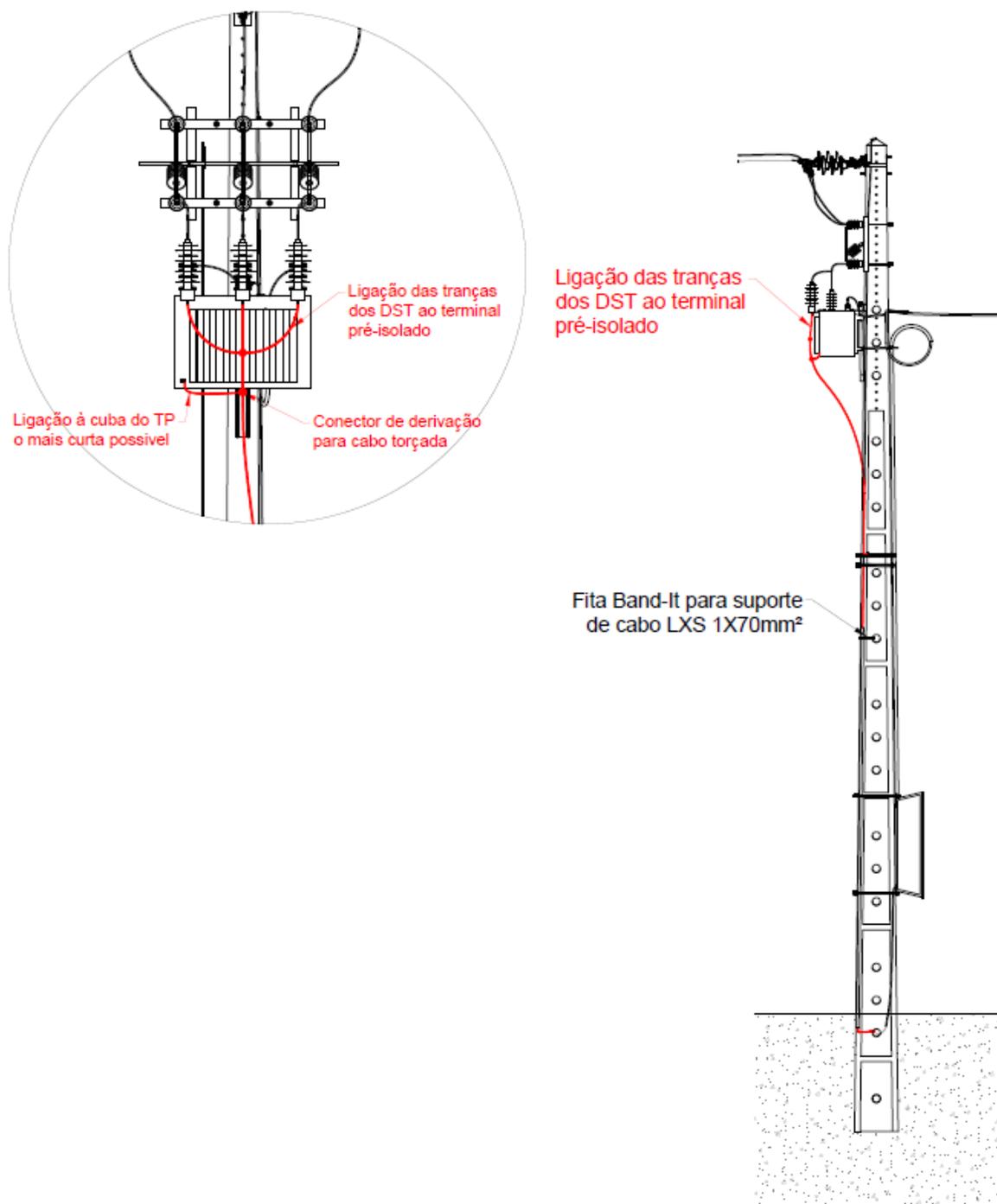


Fig. 16 - PT aéreo tipo R100 • Ligação DST à terra

4.2.1.2 Armação HPT4, seccionador/interruptor-seccionador e TP

O conjunto formado pela armação HPT4, o seccionador (PT tipo R 100) ou interruptor-seccionador (PT tipo R 250), o transformador (tampa) e a respetiva ferragem de suporte (R 250) / suspensão (R 100), devem ser ligados à terra através de fio nu de cobre com 16 mm² de secção.

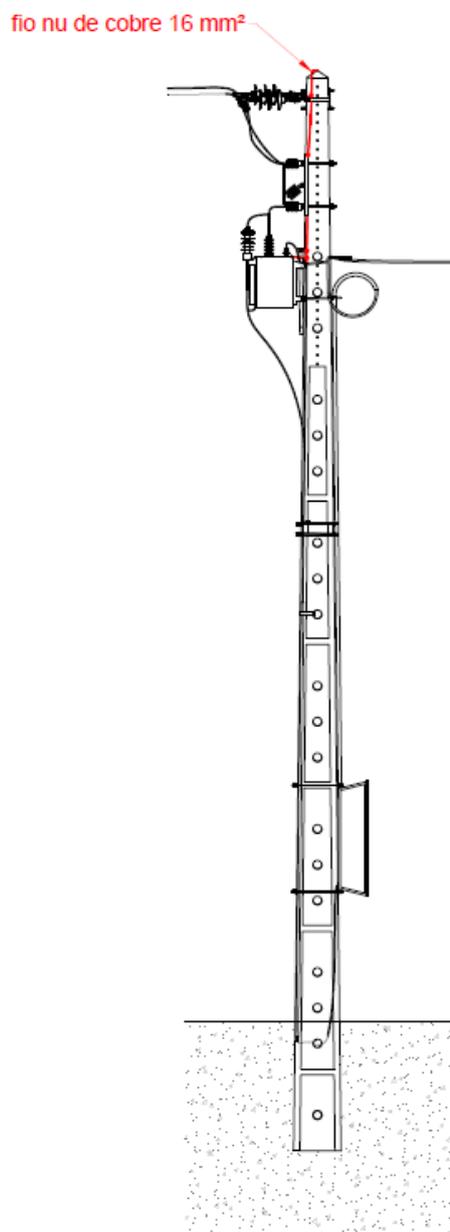


Fig. 17 - PT aéreo tipo R100•Ligação tampa e suporte TP+ armação + seccionador, à terra

O fio de cobre nu de 16 mm² deverá interligar os dispositivos atrás descritos, constituintes dos vários tipos de postos de transformação aéreos e será ligado ao terminal de terra superior do poste.

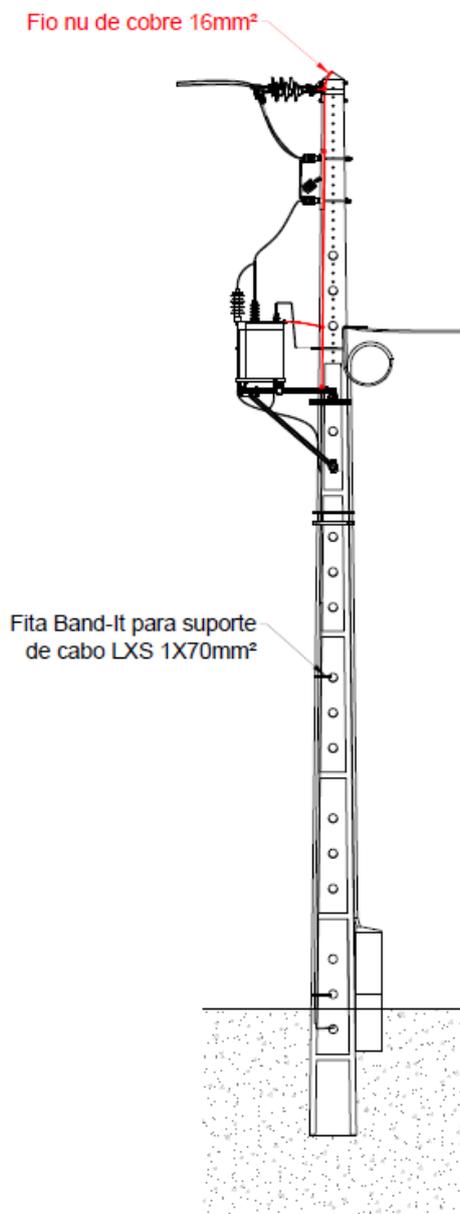


Fig. 18 - PT aéreo tipo R250 • Ligação terminal superior, tampa TP + interruptor-seccionador + armação à terra

4.2.1.3 Plataformas de manobra, comando do seccionador/interruptor-seccionador, ferragens de fixação do Q4C, ferragem de sujeição dos tubos de PVC ao poste, e ferragens de fixação do Quadro Geral de Baixa Tensão

A(s) plataforma(s) de manobra, o barramento da terra de proteção do QGBT e a parte fixa do punho de comando do seccionador/interruptor - seccionador, devem ser ligados à terra separadamente, a cabo de cobre nu de 35 mm² de secção.

A parte móvel do punho de comando do seccionador/interruptor - seccionador, ligará à parte fixa através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

O cabo de cobre nu de 35 mm² ligará, sem interrupções, cada um dos elementos acima referidos ao terminal de terra inferior do poste.

No seu trajeto para o solo, a ligação entre a parte fixa do punho de comando do seccionador/interruptor - seccionador. será protegida por tubo de PVC rígido de 25 mm de diâmetro e 10 kgf/cm² (parte inferior embebida no maciço – 0,5 m).

As ferragens de fixação do quadro Q4C e as ferragens de sujeição dos tubos de PVC ao poste de betão serão interligados através de cabo de cobre de 16 mm², a partir da ligação à terra na parte fixa do punho de comando do seccionador/interruptor-seccionador.

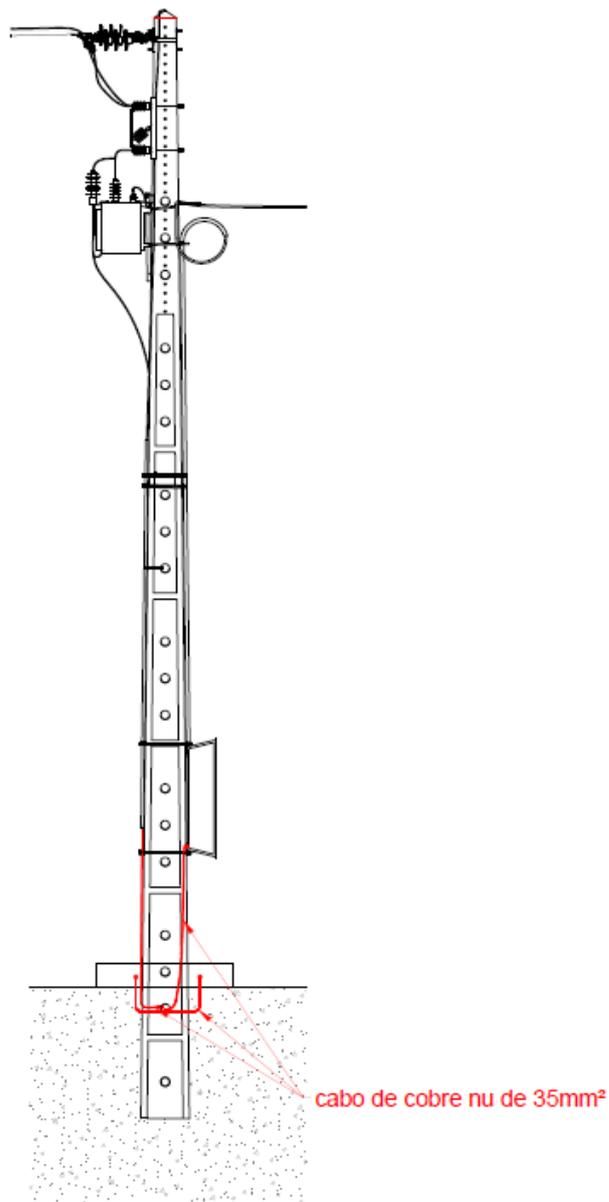


Fig. 19 - PT aéreo tipo R100•Ligação do comando seccionador + plataformas + QGBT à terra

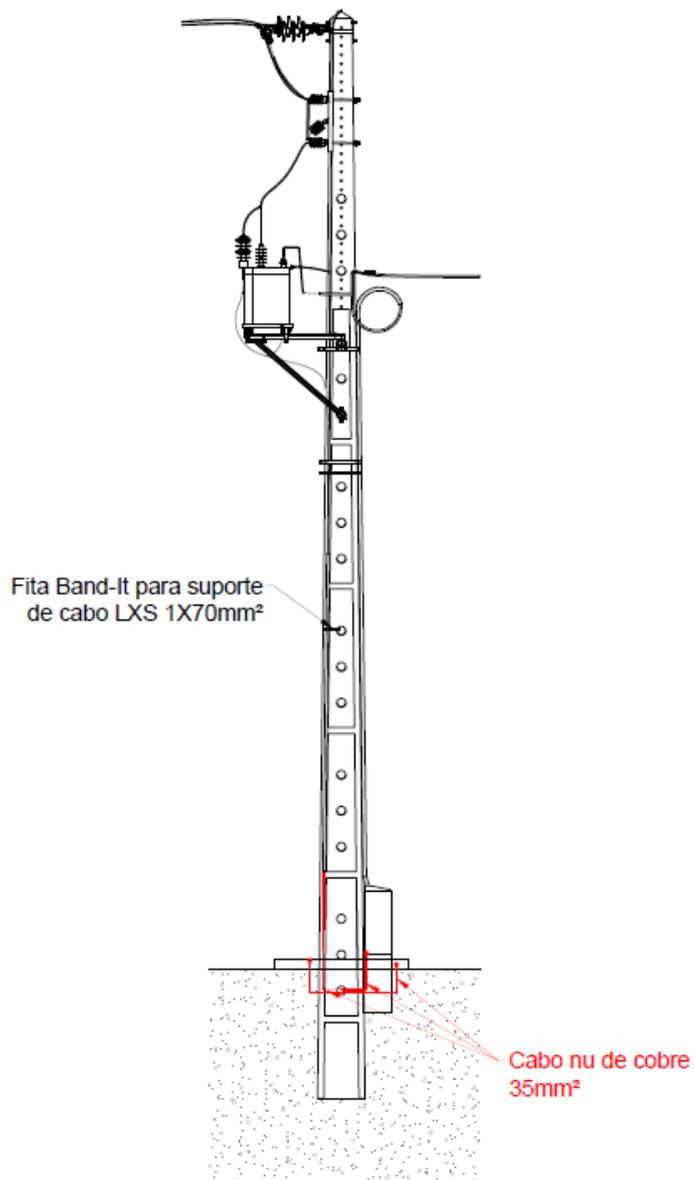


Fig. 20 - PT aéreo tipo R250 • Ligação comando interruptor-seccionador + plataformas + QGBT, à terra

4.2.1.4 Terra de proteção

A ligação ao eletrodo de terra de proteção referente aos postos de transformação aéreos será feita a cabo VV 1G35 mm² com a bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.

A ligação deve ser feita sem interrupções e será estabelecida entre o terminal de terra inferior do poste de betão do PT e o eletrodo de terra.

O valor da resistência da terra de proteção não deverá exceder 20 Ohm.

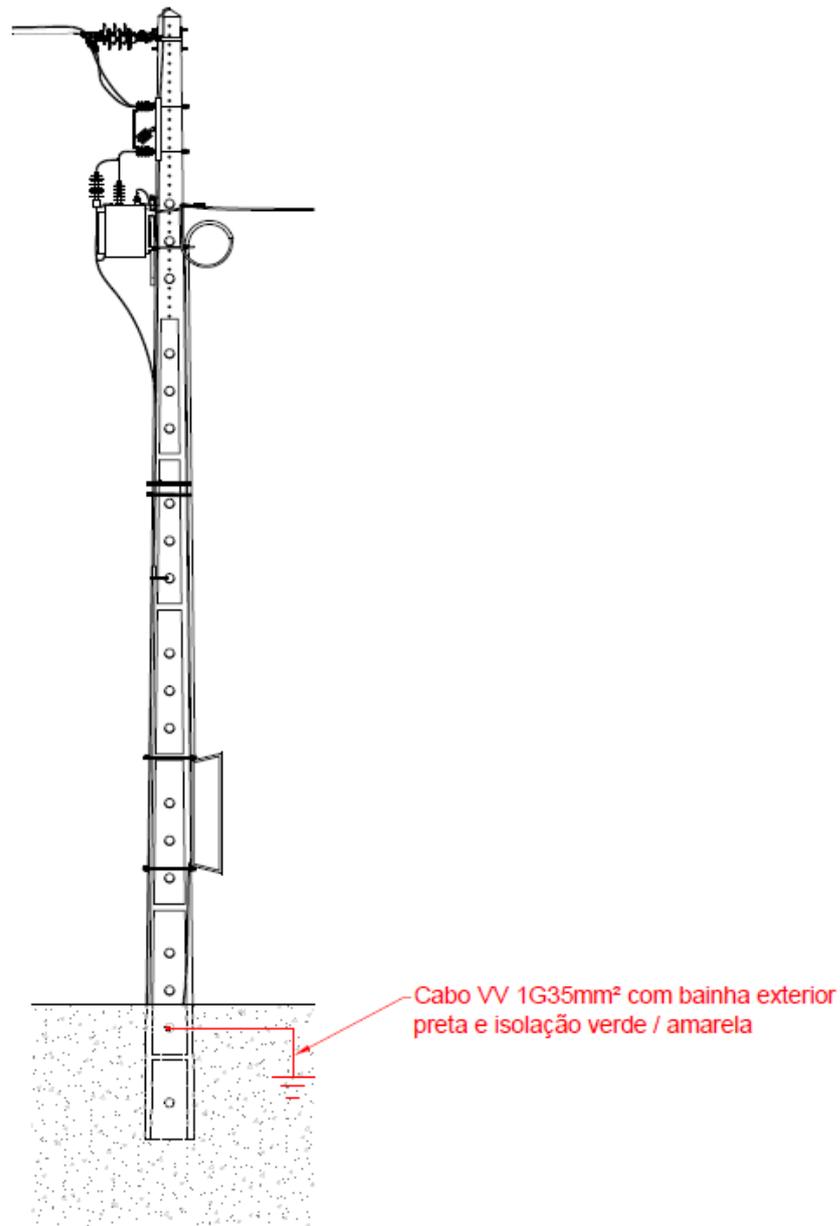


Fig. 21 - PT aéreo tipo R100 • Ligação aos eletrodos de terra

4.2.1.5 Terra de serviço

Nos PT do tipo R100 que apenas alimentam redes aéreas BT, a terra de serviço será feita nos primeiros postes de cada uma das saídas.

Nos PT do tipo R 250, a terra de serviço deve ser feita no PT, sendo a ligação ao elétrodo feita a partir do barramento de neutro do QGBT, a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento azul.

A distância entre os elétrodos da terra de proteção e da terra de serviço deverá ser maior ou igual a 20 metros.

A resistência global da terra de neutro não deverá exceder 10 Ohm.

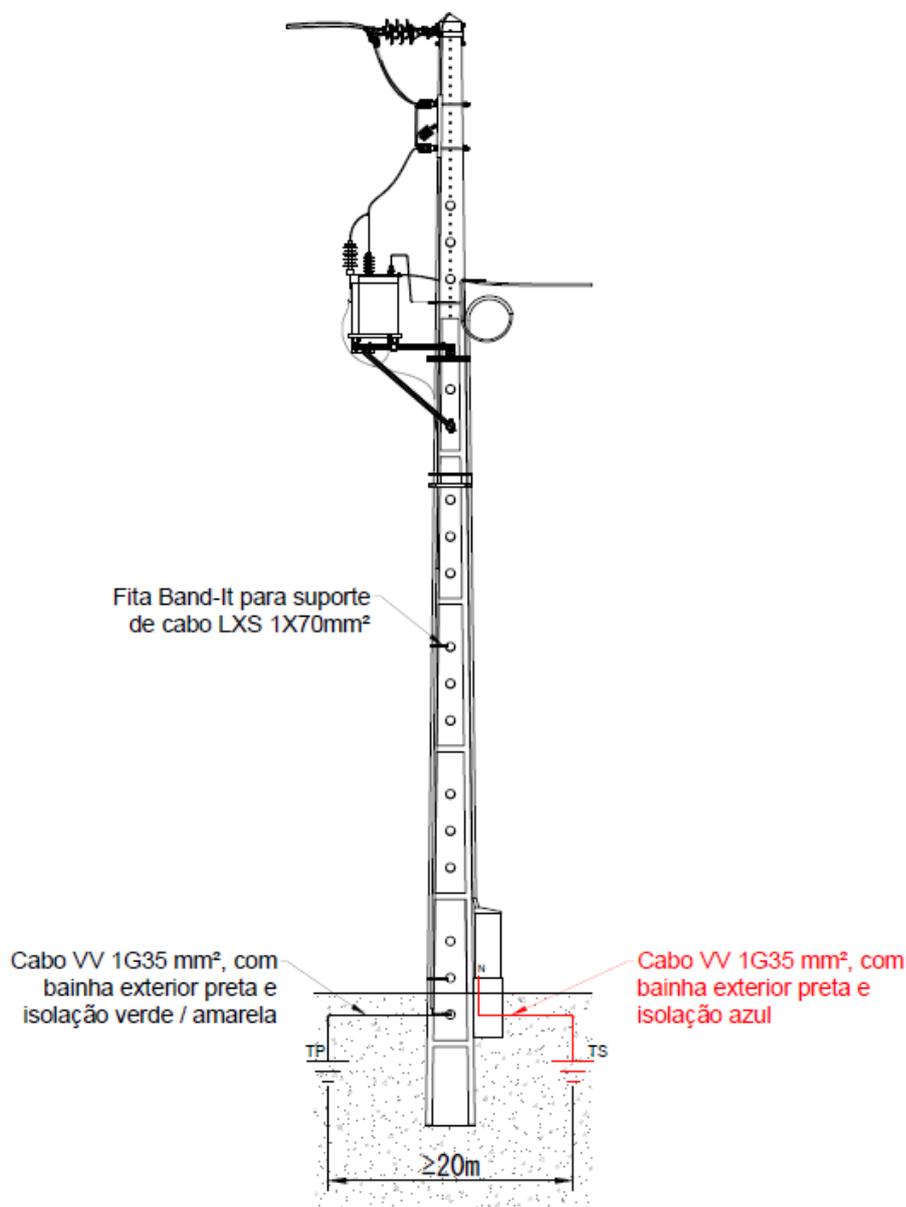


Fig. 22 - PT aéreo tipo R250 • Ligação do neutro à terra

4.2.2 Postos de transformação em cabina baixa

Neste tipo de postos de transformação vão predominar as cabinas em alvenaria e pré-fabricadas. Os desenhos com todas as ligações à terra encontram-se no anexo C do presente documento.

Nos postos de transformação cabina baixa ligados a linhas aéreas de média tensão (ver figura abaixo), deverão ser instalados DST no posto de transformação quando os troços subterrâneos que os interligam à linha aérea estiverem dentro das condições que a seguir se discriminam (secção 8.2.2.1 do DRE-C10-001):

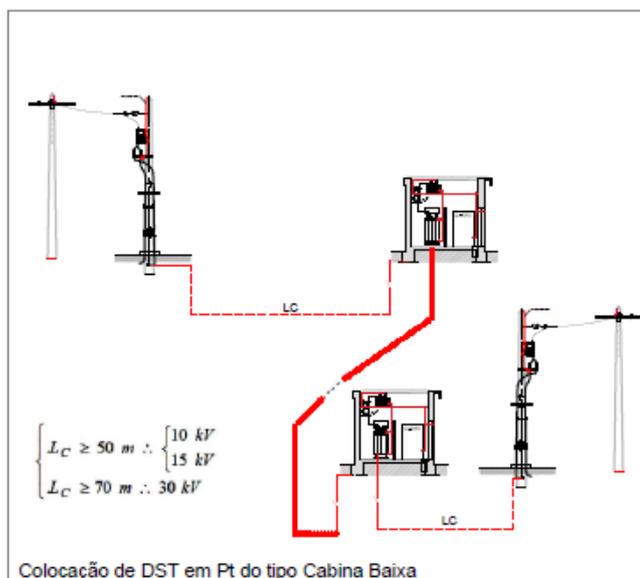


Fig. 23 - PT do tipo CB • Ligação de DST

4.2.2.1 Circuito de terra de proteção (no interior do PT)

Este circuito deve ser estabelecido a fio de cobre nu de 16 mm², assente até ao ligador amovível em abraçadeiras de latão niquelado com as características adequadas ao seu percurso.

O circuito referido interligará todas as partes metálicas (normalmente fora de tensão), dos seccionadores e combinados (celas em SF6/outro isolamento ou corte no ar) e respetivos comandos, o transformador de potência (cuba e tampa), porta do PT e redes de vedação das celas (as partes móveis são ligadas com trança de cobre 16 mm²), o QGBT e as persianas de ventilação.

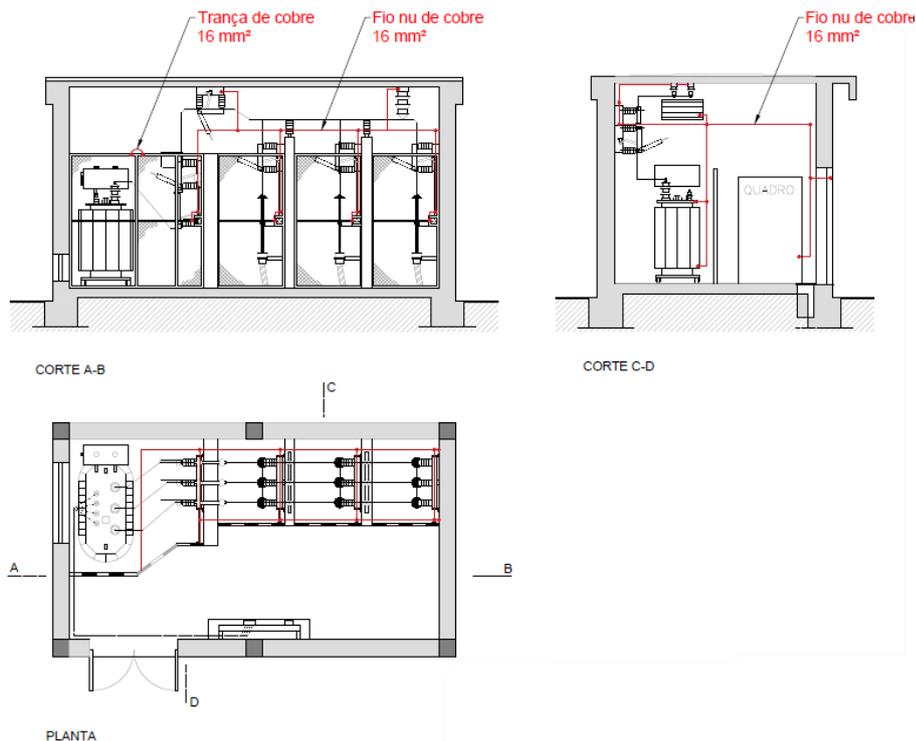


Fig. 24 – PT tipo CB • Ligação das partes metálicas à terra de proteção

4.2.2.2 Terra de proteção

A ligação entre o ligador amovível (constituído por uma barra de cobre com 30x5 mm fixa em dois pernos) e o eletrodo de terra será executada a cabo VV 1G35 mm², com a bainha exterior preta e a isolamento verde/amarela. Deverão interligar-se os eletrodos da terra de proteção.

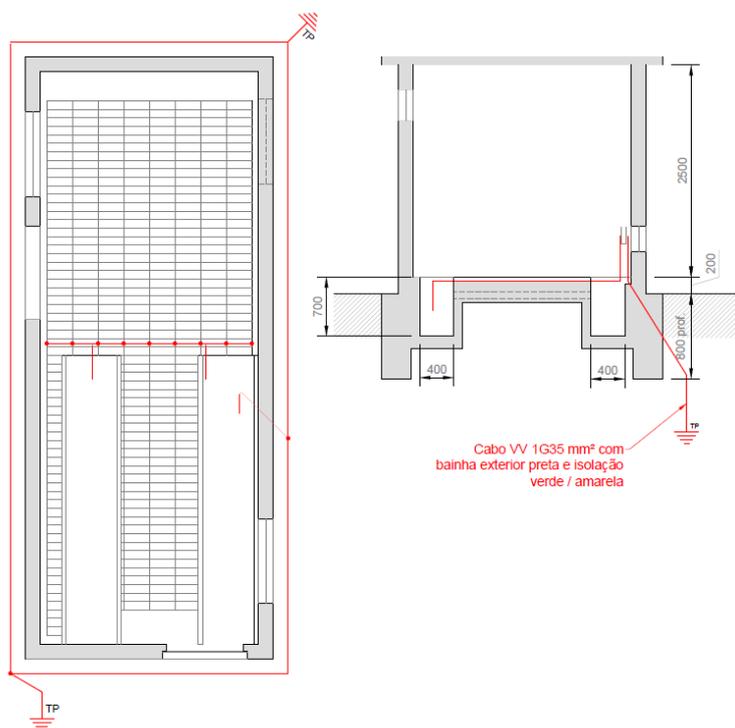


Fig. 25 – PT tipo CB • Ligação aos eletrodos de terra de proteção

Para assegurar que dentro do posto de transformação não existam grandes variações de tensão no caso de ocorrer um defeito à terra e possam aparecer como consequência desse facto tensões de passo perigosas, estes PT devem ser dotados de uma rede de equipotencialidade, executada, por exemplo, a malha quadrada de 30x10 cm (ferro com 4 mm de diâmetro), embebida no pavimento do PT e devidamente ligada à terra de proteção.

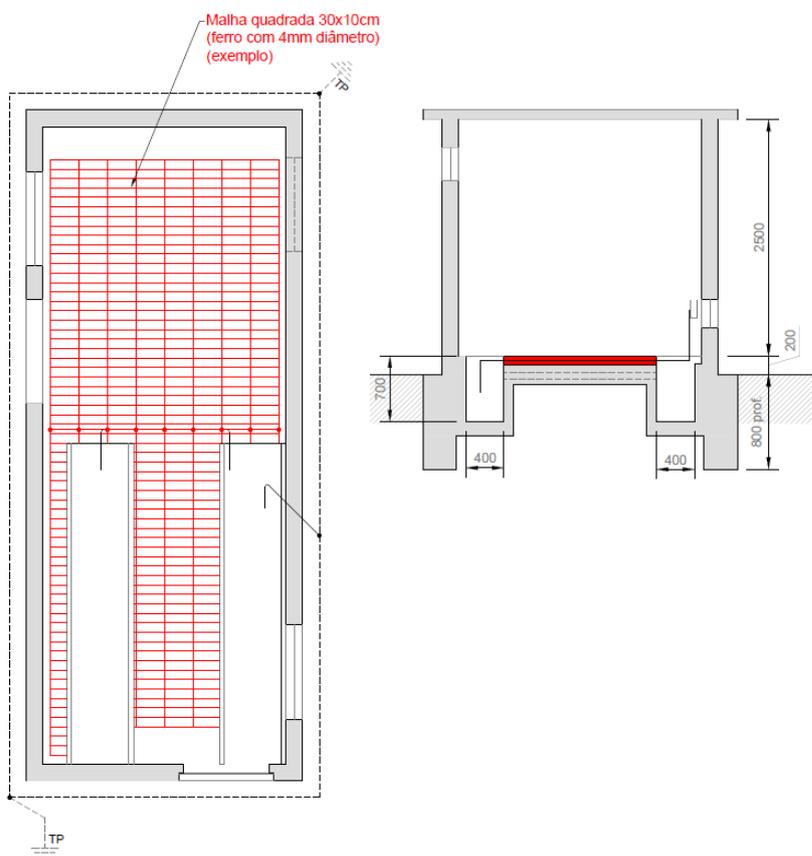


Fig. 26 – PT tipo CB • Ligação da malha equipotencial à terra

4.2.2.3 Terra de serviço

A terra de serviço será executada a uma distância igual ou superior a 20 metros da terra de proteção.

A interligação entre o barramento de neutro do quadro geral de baixa tensão (QGBT) e o elétrodo de terra será executada a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento azul.

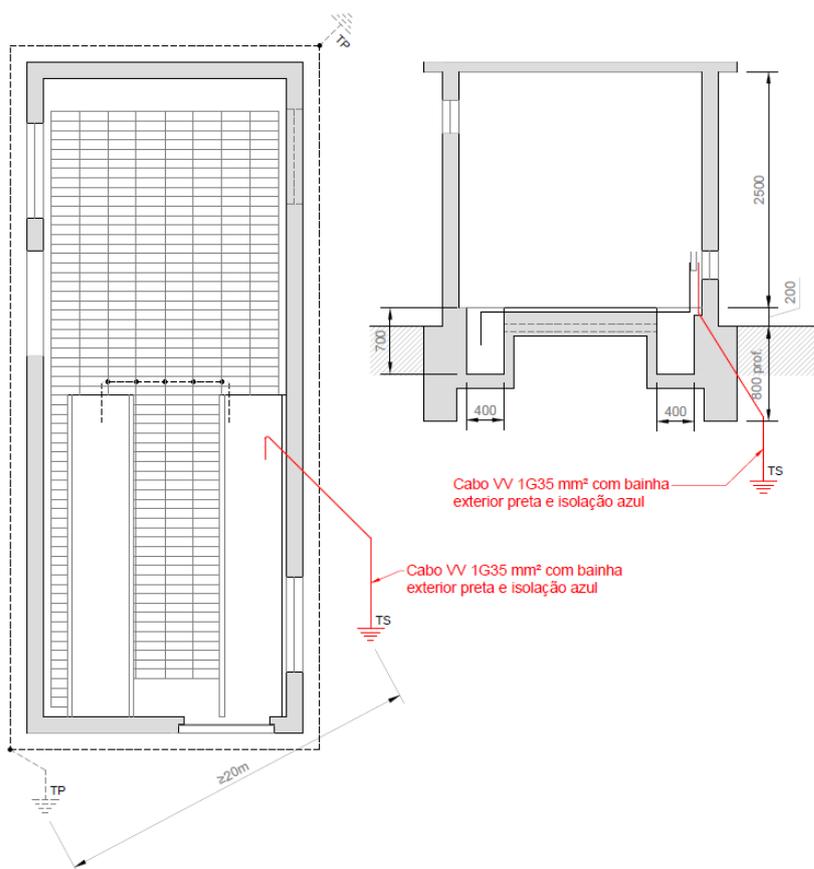


Fig. 27 – PT tipo CB • Ligação do neutro à terra de serviço

4.2.2.4 Terra única

De acordo com o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento (Decreto n.º 42895 de 60/03/31 e com as alterações introduzidas pelos Decretos Regulamentares n.º 14/77 de 18 de Fevereiro e n.º 56/85 de 6 de Setembro) poder-se-á optar nos PT MT/BT pelo estabelecimento de uma terra geral única (interligação da terra de serviço com a terra de proteção), tal como se faz nas subestações AT/MT, desde que a resistência global de terra seja igual ou inferior a 1 Ohm.

4.3 REDES DE BAIXA TENSÃO

Estão contemplados neste capítulo todas as ligações à terra referentes às redes de BT estabelecidas entre o PT e as portinholas de chegada aos clientes BT. Tal como na média tensão, também as redes de baixa tensão poderão ser aéreas ou subterrâneas, com características semelhantes.

Nas redes de BT e relativamente às ligações à terra do neutro da rede e das massas metálicas (normalmente fora de tensão), o Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição em Baixa Tensão, estabelece que o neutro deve ser ligado diretamente à terra [artigos 13º, 134º e alínea a) do n.º 1 do art. 135º] e que as massas metálicas deverão ser ligadas ao neutro [alínea b) do n.º 1 do art. 135º]. Este é o tipo de atuação regulamentar que deve ser utilizado em todos os tipos de redes de BT, razão pela qual neste Guia Técnico será designado por “caso geral”.

No entanto, historicamente, nas áreas urbanas da Grande Lisboa e do Grande Porto, foram construídas redes, geralmente subterrâneas, caracterizadas por ter terras separadas em que o neutro é ligado a uma terra de serviço e as massas metálicas são ligadas a uma terra de proteção, distinta da primeira. Hoje em dia, nas áreas urbanas atrás citadas e devido ao grande crescimento e concentração das redes de BT, já não se consegue uma separação efetiva entre as duas terras, optando-se pela interligação das mesmas, constituindo-se uma única terra. Todos os desenhos ilustrativos das ligações à terra nas redes de BT podem ser consultados no anexo D do presente documento.

4.3.1 Redes aéreas de BT (em cabo torçada)

Nas redes aéreas de BT, as ligações à terra são feitas de acordo com a atuação definida para o caso geral, sendo o neutro ligado à terra em vários postes ao longo do trajeto da rede (pontos singulares da rede tais como derivações, fins-de-linha, etc., e distâncias não superiores a 300 m nas canalizações principais).

O condutor de neutro nas RABT será ligado sem interrupções, a cabo LXS 1x70 mm², até à união bimetálica (10 cm acima do solo) e a cabo VV 1G35 mm² (bainha exterior preta e isolamento verde/amarela) desde aí até aos elétrodos de terra. A resistência global da terra de neutro, por cada saída do PT, não deverá exceder 10 Ohm. Este circuito deve ser protegido por tubo de PVC com 32 mm de diâmetro e 10 kgf/cm² (2,50 m fora do solo e a parte inferior enterrada - 0,50 m)

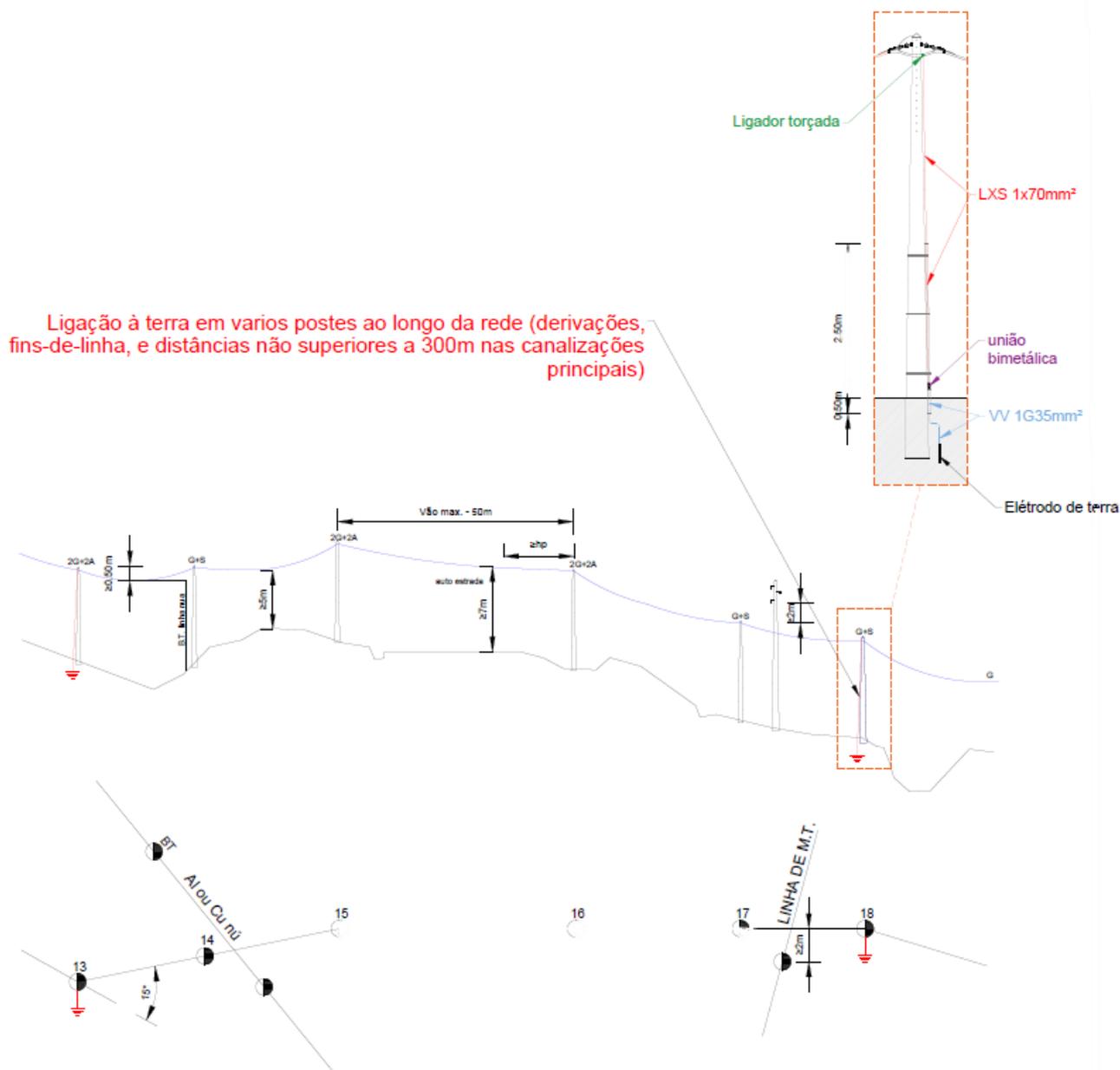


Fig. 28 - RABT • Ligação do neutro à terra

Os cabos mais utilizados na distribuição de energia elétrica em BT são cabos torçada do tipo LXS (0,6 kV / 1 kV), que não são providos de armaduras ou bainhas metálicas, pelo que não terão de ser ligadas à terra.

4.3.2 Redes subterrâneas de BT

4.3.2.1 Armários de distribuição

4.3.2.1.1 Terra de neutro

O neutro deve ser diretamente ligado à terra em todos os armários de distribuição. A ligação da barra de neutro dos armários de distribuição (com a marcação PEN) ao eléctrodo de terra deve ser executada através de cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela. As massas, nomeadamente, as armaduras e o suporte dos cabos, devem ser ligados à barra de neutro através de um condutor de cobre (e.g., uma trança de cobre

estanhado) com secção de 16 mm². A ligação do neutro à terra aplica-se quer ao caso geral quer ao caso particular. A resistência global de terra de neutro não deve exceder 10 Ohm.

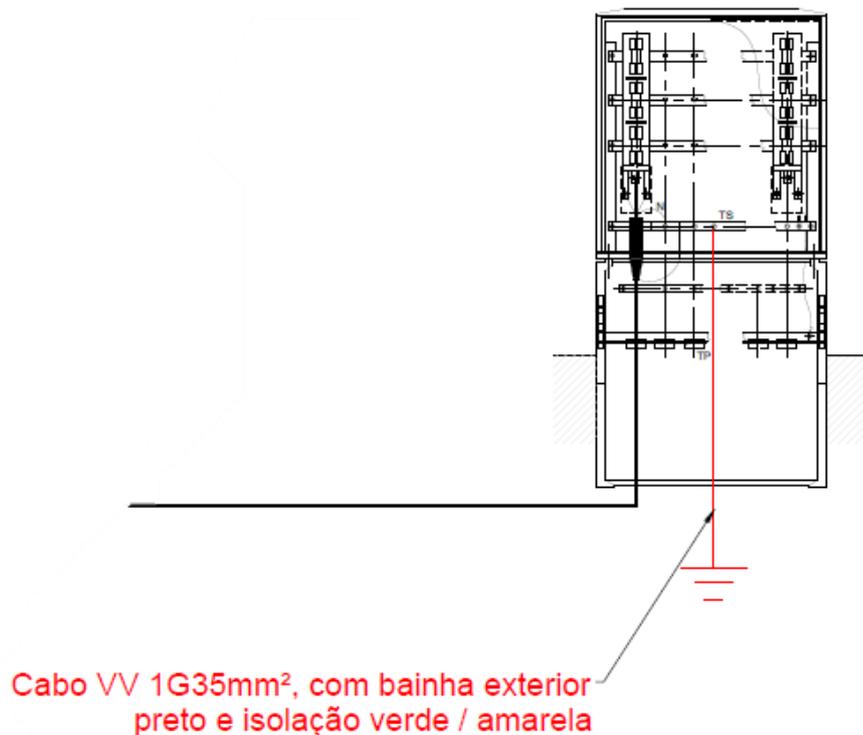


Fig. 29 - RSBT • Ligação neutro à terra (caso geral)

4.3.2.2 Terminações

A ligação das armaduras dos cabos à terra deve ser feita de acordo com as orientações que se seguem. A fixação e ligação das tranças de cobre às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas, especificadas no DFT-C60-010.

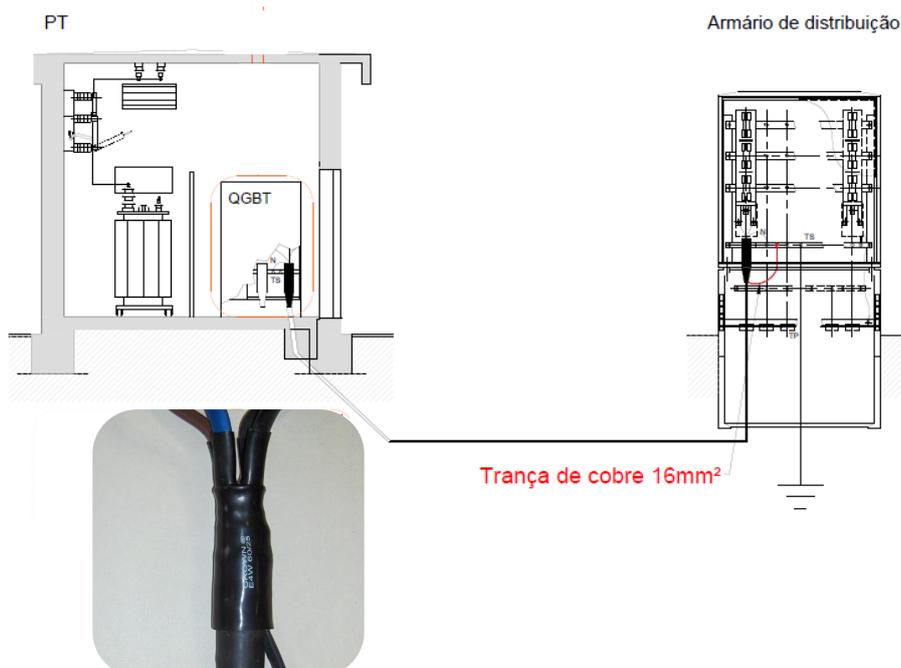


Fig. 30.1 - RSBT • Ligação das terminações à terra

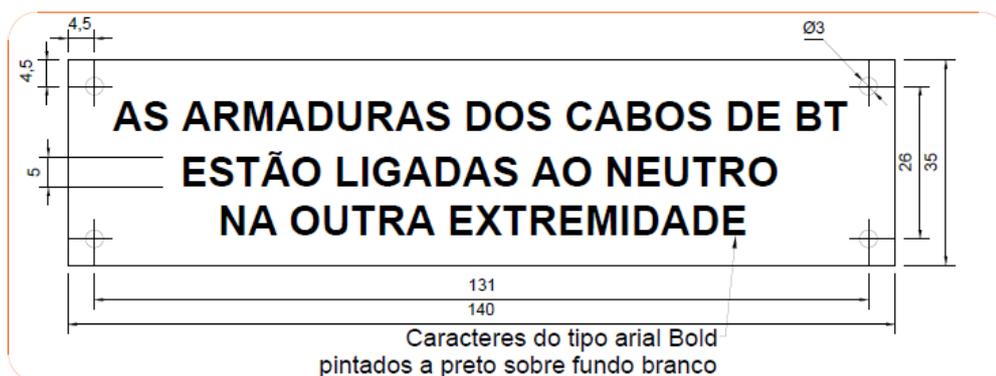


Fig. 30.2 – PT tipo CB • Aviso com a indicação do local de ligação das armaduras ao neutro

4.3.2.2.1 Terminações em PT

4.3.2.2.1.1 Caso geral

No lado do posto de transformação as armaduras dos cabos não são ligadas à terra, para evitar contactos fortuitos entre as terras de proteção e de serviço. Nesta ponta, deixar-se-á uma ligação à armadura do cabo, realizada em trança de cobre de 16 mm², com um comprimento máximo de 12 cm fora da terminação, para efeitos de pesquisas de avarias. No lado do posto de transformação será colocado um aviso com a indicação do local da ligação das armaduras dos cabos subterrâneos ao neutro (Fig. 28.2).

Essa ponta será executada de acordo com o definido no documento DRE-C33-800 e será isolada com manga termorretráctil flexível [desde o interior da terminação (2 cm), até à ponta da trança de cobre, envolvendo-a]. Para a realização das pesquisas/ensaios, o acesso ao terminal da trança e a reposição do isolamento, depois de feito o trabalho, será também executado conforme está estabelecido no mesmo documento (DRE-C33-800).

4.3.2.2.1.2 Caso particular

No lado do posto de transformação, quando este for dotado de terra única, as armaduras dos cabos deverão ser ligadas à terra através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

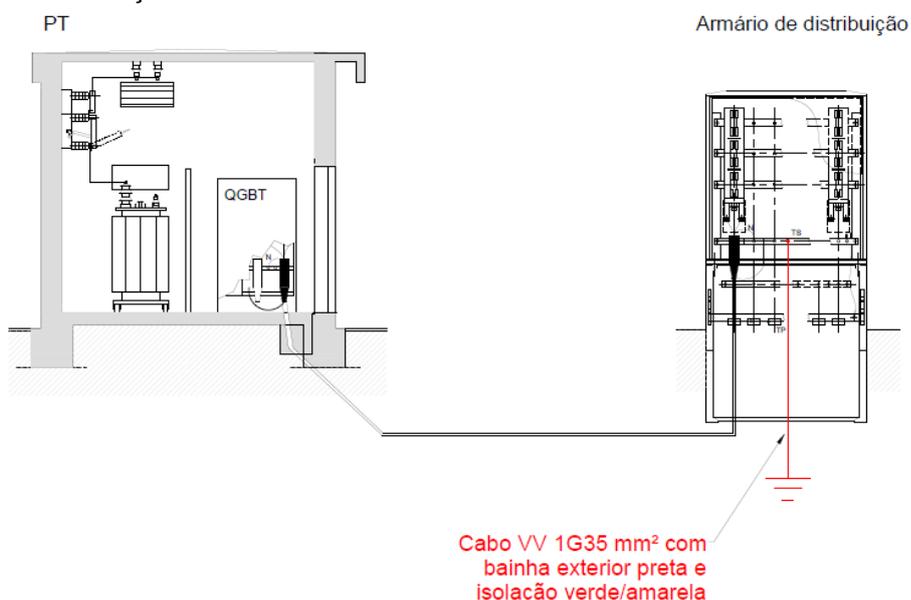


Fig. 31 – RSBT - Ligação das terminações à terra (casos particulares)

4.3.2.2.2 Terminações em armários de distribuição

Nos armários de distribuição, as armaduras dos cabos são ligadas à barra de neutro, através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

Em troços de cabo subterrâneo estabelecidos entre armários de distribuição, as armaduras dos cabos serão ligadas à terra nas duas extremidades.

4.3.2.2.3 Terminações em transições aéreo-subterrâneas

No poste onde se verifica a transição aéreo-subterrâneas (saídas de postos de transformação ou de armários de distribuição), é montada uma caixa de proteção de redes de BT (1E+2S), onde ligará o cabo subterrâneo. A armadura deste cabo será ligada ao barramento de neutro da caixa, através de trança de cobre estanhado 16 mm².

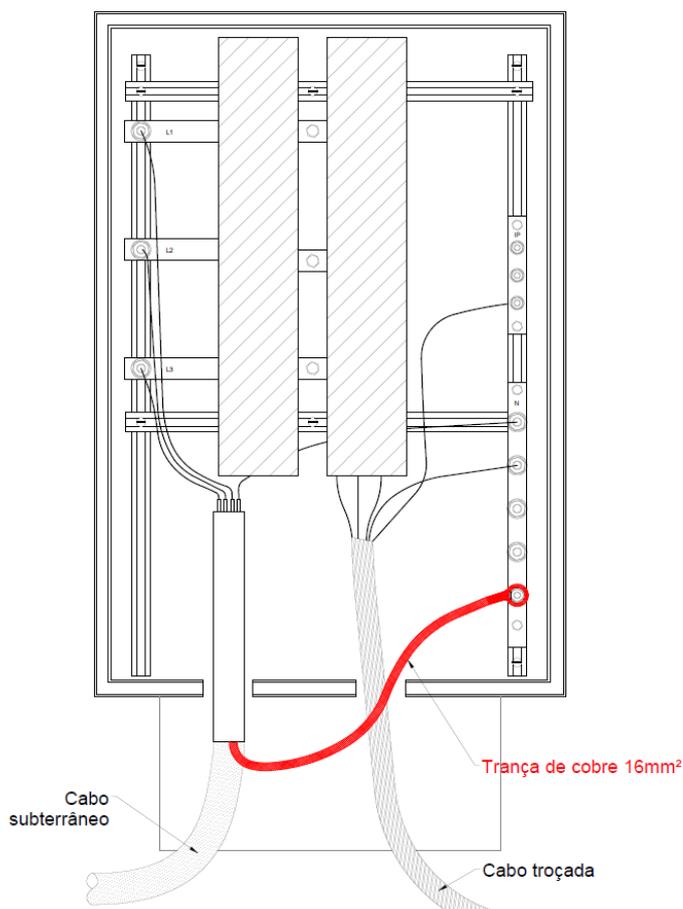


Fig. 32 - RSBT/RABT - Ligação terminação em transição aero-subterrânea

4.3.2.3 Derivações e Junções subterrâneas

Nas derivações e nas junções deve ser dada continuidade elétrica às armaduras dos cabos, de acordo com os métodos definidos pelos fabricantes dos acessórios. Nos acessórios em resina, a continuidade elétrica das armaduras deve ser feita com condutores de cobre isolados (e.g., trança de cobre isolada) com secção de 16 mm². A fixação e ligação dos condutores de continuidade elétrica às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas, especificadas no DFT-C60-010.

4.3.3 Ramais aéreos e subterrâneos BT

Os ramais aéreos e subterrâneos de BT são elementos da rede de distribuição pública de BT que terminam nas portinholas das instalações a alimentar.

Todos os desenhos referentes às ligações à terra das portinholas podem ser consultados no anexo E do presente documento.

Nas portinholas, o neutro da rede não é ligado localmente à terra.

4.3.3.1 Terminações

A ligação das armaduras dos cabos à terra deve ser feita de acordo com as orientações que se seguem. A fixação e a ligação das tranças de cobre às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas, especificadas no DFT-C60-010. Para efeitos da aplicação do presente guia, foram apenas consideradas portinholas/quadros de entrada montados em fábrica, com isolamento total.

4.3.3.1.1 Ramais alimentados diretamente a partir de PT

4.3.3.1.1.1 Caso geral

Em ramais subterrâneos estabelecidos diretamente entre um PT e uma portinhola, a armadura do cabo será ligada à barra de neutro da portinhola (ou excepcionalmente ao quadro de entrada, desde que permanentemente acessível e quando desempenhe as funções de órgão de corte), através de trança de cobre de 16 mm², devendo ser isolada do lado do PT (equipada com ponta para pesquisas/ensaios, descrita na secção 3.2.2.1.1 do presente documento).

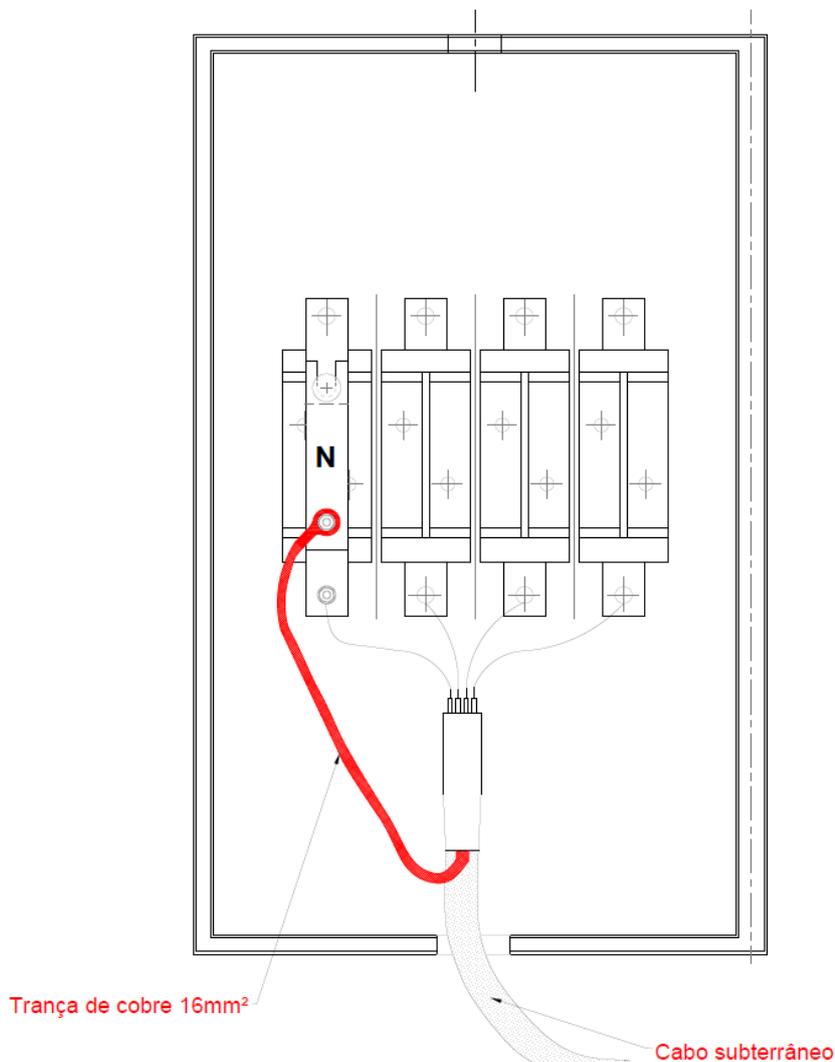


Fig. 33 - Ramais BT • Ligação das terminações à terra

4.3.3.1.1.2 Caso particular

Em ramais subterrâneos estabelecidos diretamente entre um PT dotado de terra única e uma portinhola, a armadura do cabo deverá ser ligada à terra do lado do PT, através de trança de cobre estanhado com a secção de 16 mm², e deverá ser isolada do lado da portinhola.

4.3.3.1.2 Ramais alimentados diretamente a partir de um armário de distribuição

Em ramais estabelecidos entre um armário de distribuição e uma portinhola, a armadura do cabo será ligada à terra no lado do armário, através de trança de cobre estanhado de 16 mm² e será isolada na extremidade do lado da portinhola.

4.3.3.1.3 Ramais alimentados a partir da rede aérea

Em ramais subterrâneos, estabelecidos entre uma rede aérea e uma portinhola, a armadura do cabo será isolada do lado da rede aérea e ligada à barra de neutro da portinhola, através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

4.3.3.1.4 Casos especiais

Em situações especiais, designadamente moradias geminadas em banda ou edifícios bi-familiares com entradas independentes, alimentadas a partir da rede subterrânea, a E-REDES poderá dispensar a instalação da portinhola desde que a alimentação seja feita a partir de uma caixa de distribuição da rede subterrânea, colocada no muro da propriedade do(s) cliente(s) (DMA-C62-810), na qual é feita a proteção dos ramais contra sobreintensidades, e desde que a caixa de contagem esteja igualmente situada no mesmo muro (próximo desta). Nestes casos, a armadura do cabo será ligada à barra de neutro da caixa de distribuição

4.3.4 Redes subterrâneas de iluminação pública

As redes subterrâneas de IP são redes de distribuição em baixa tensão que alimentam exclusivamente luminárias montadas em colunas de betão ou metálicas.

Atendendo à especificidade dos equipamentos em presença (coluna, quadro elétrico de coluna de IP e luminária), as ligações à terra devem ser efetuadas de acordo com o que a seguir se descreve.

Todos os desenhos das ligações à terra dos vários dispositivos e equipamentos podem ser consultados no anexo F do presente documento.

4.3.4.1 Ligações à terra

4.3.4.1.1 Colunas

A ligação à terra deve ser efetuada em todas as colunas de IP. Os elétrodos de terra serão interligados com o terminal de terra do fuste da coluna de IP, através de cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarelo.

O valor da resistência global de terra deve ser igual ou inferior a 10 Ohm.

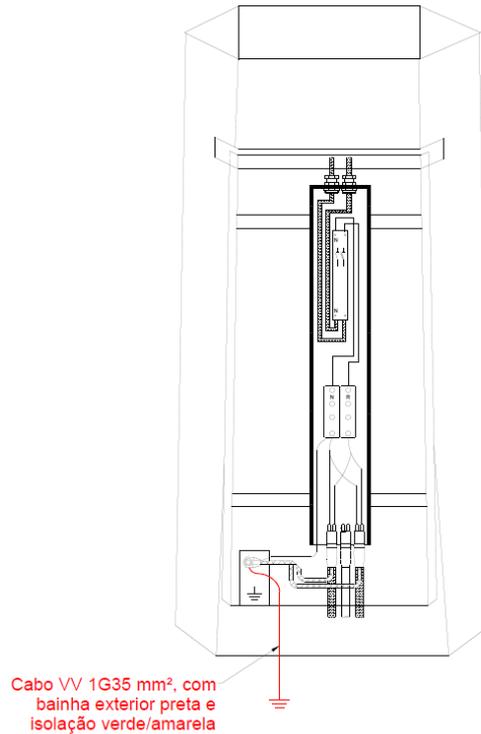


Fig. 34 – RSIP - Ligação terminal terra do poste à terra

Para ligação do neutro à terra deverá estabelecer-se a ligação entre o terminal de neutro do quadro de IP instalado dentro do poste da coluna com o terminal de terra do poste, através de cabo H07V-R de 16 mm² de secção, com isolamento verde/amarela.

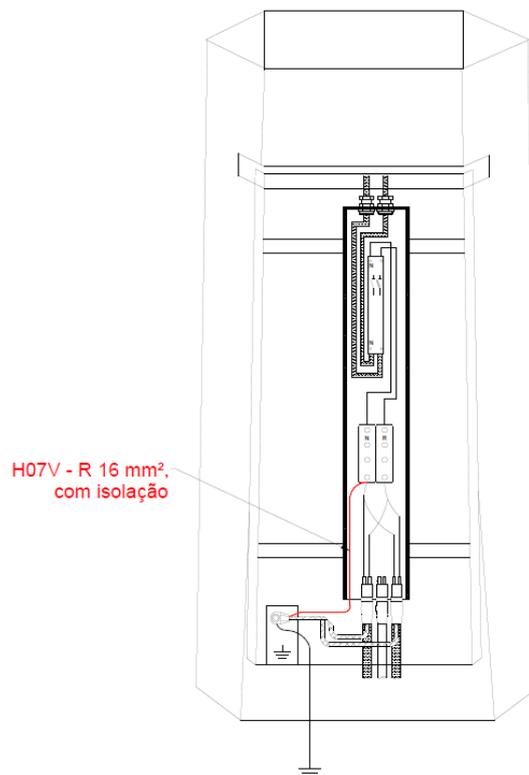


Fig. 35 – RSIP - Ligação do quadro de IP à terra do poste

4.3.4.1.2 Terminações

As armaduras devem ser ligadas à terra (no terminal de terra do fuste da coluna) através de trança de cobre estanhado de 16 mm² de secção. A fixação e a ligação das tranças de cobre às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas, especificadas no DFT-C60-010.

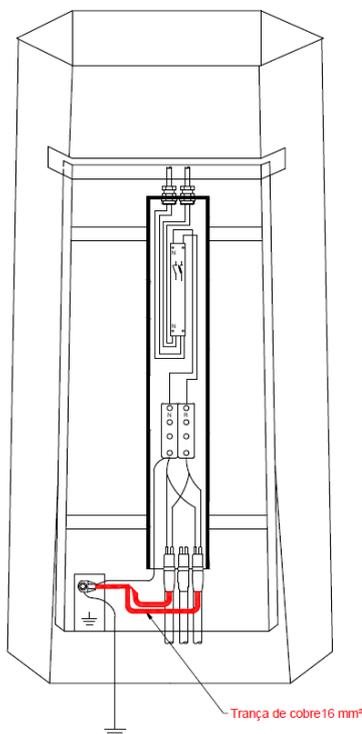


Fig. 36 – RSIP - Ligação das terminações dos cabos à terra

Nos troços da rede de IP estabelecidos entre colunas, as armaduras dos cabos devem ser ligadas à terra nas duas extremidades. Excetua-se a esta regra o primeiro troço, estabelecido entre o PT e a primeira coluna, em que a ligação à terra se fará no quadro elétrico de coluna de IP, sendo a extremidade do lado do PT isolada para o caso geral (equipada com ponta para pesquisas/ensaios, descrito na anterior secção 3.2.2.1.1).

Nos casos particulares de PT dotados de terra única, as armaduras dos cabos entre o PT e a primeira coluna serão ligados à terra nas duas extremidades.

4.3.4.1.3 Derivações e junções subterrâneas

Nas derivações e nas junções deve ser dada continuidade elétrica às armaduras dos cabos, de acordo com os métodos definidos pelos fabricantes dos acessórios. Nos acessórios em resina, a continuidade elétrica das armaduras deve ser feita com condutores de cobre isolados (e.g., trança de cobre isolada), com secção de 16 mm². A fixação e ligação dos condutores de continuidade elétrica às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas, especificadas no DFT-C60-010.

4.3.4.1.4 Luminárias

Nas luminárias da classe I devem-se interligar os terminais de terra e de neutro, através de um condutor isolado de cobre com secção não inferior a 2,5 mm².

A alimentação das luminárias com classe II de isolamento deve ser feita com o cabo H05VV – F 2x1,5 mm². Admite-se a utilização do cabo H05VV - F 3G1,5 mm², desde que os condutores de proteção (cor verde/amarela) e de neutro (cor azul) sejam ambos ligados ao terminal de neutro da luminária.

5 GUIA TÉCNICO DE TERRAS – ELÉTRODOS DE TERRA

As instalações de terra são constituídas por um (ou vários) elétrodo(s) de terra enterrado(s), e por condutores de terra, que ligam os elétrodos às respectivas instalações MT e BT da E-REDES.

Os condutores de terra, nomeadamente quanto às suas características e condições de instalação, foram objeto do capítulo anterior.

Os elétrodos de terra são constituídos por materiais metálicos enterrados no solo, podendo estes serem em cobre, aço galvanizado, ou aço revestido a cobre perfeitamente aderente ou outro material apropriado (ferro zincado ou ferro fundido, por exemplo).

As dimensões mínimas dos elétrodos de terra mais correntes estão indicadas no quadro H.1 do anexo H do presente documento.

Essas dimensões garantem, em princípio, que os elétrodos:

- não são danificados pelas correntes de defeito que os atravessam;
- têm resistência mecânica suficiente;
- não são prematuramente inutilizados por eventual corrosão química.

A utilização de elétrodos de terra nas redes de distribuição da E-REDES está enquadrada pela regulamentação em vigor¹, pela norma EN 50522 e EN IEC 61936-1² e também pelas especificações técnicas E-REDES existentes³.

O presente capítulo pretende definir um conjunto de regras de seleção e de instalação de elétrodos de terra, utilizados nas redes de distribuição MT e BT.

5.1 CAMPO DE APLICAÇÃO

O presente capítulo aplica-se a elétrodos de terra utilizados na ligação à terra das seguintes instalações e equipamentos da E-REDES:

- redes de MT (postes, armações, equipamento de rede aérea e de transições aéreo-subterrâneas);
- Postos de Transformação, aéreos e de cabina;
- redes de BT (aéreas e subterrâneas);
- redes (subterrâneas) de IP.

5.2 TIPOS DE ELÉTRODOS DE TERRA

Os elétrodos de terra podem ser classificados em dois tipos:

- elétrodos de terra horizontais: elétrodos enterrados, geralmente até a uma profundidade de cerca de 1m (normalmente cabos nus, constituídos por condutores maciços ou multifilares, com configuração em serpentina ou estrela);
- elétrodos de terra verticais: elétrodos enterrados, geralmente a uma profundidade superior a 1 m (normalmente varetas, simples ou extensíveis, com configuração isolada ou em paralelo).

¹ Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento (RSSPTS), Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de AT (RSLEAT) e Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão (RSRDEEBT)

² Norma CENELEC EN 50522 e EN IEC 61936-1, Power Installations exceeding 1 kV a.c., aplicável a Subestações, Postos de Transformação e Postos de Seccionamento (não aplicável a linhas aéreas e subterrâneas entre instalações)

³ A especificação técnica da E-REDES para elétrodos de terra (DMA-C65-210) refere-se a elétrodos de terra verticais (varetas) constituídos por uma alma de aço com revestimento de cobre (tipo "copperweld"), para utilização nas redes de distribuição BT, MT e AT, e está alinhada com a norma ANSI/UL 467, edição de 1984 - esta norma, na sua edição de 1998, foi revista em 2004.

5.3 REGRAS DE SELEÇÃO

5.3.1 Generalidades

A escolha do tipo de eletrodo de terra mais adequado para uma determinada utilização deve ter em atenção as características do terreno (dureza e resistividade), bem como a resistência mecânica, elétrica e a resistência à corrosão do eletrodo.

A nível das características do terreno, a resistividade do solo (que depende do tipo de solo) e a sua humidade são as que mais influenciam o valor da resistência de terra do eletrodo de terra.

Na escolha do tipo e configuração de eletrodos a utilizar, deverá também ser tido em conta o espaço disponível para a sua instalação.

5.3.2 Instalações e equipamentos a considerar

No relativo à seleção do eletrodo de terra, as instalações e equipamentos a considerar são os referidos no presente capítulo.

Nos termos da regulamentação em vigor, os valores máximos das resistências de terra dessas instalações e equipamentos são os seguintes:

- redes BT e IP: 10 Ω ou 20 Ω^4 ;
- redes MT: 20 Ω^5 ;
- Postos de Transformação: 20 Ω^6 .

5.3.3 Características do terreno e configurações dos eletrodos

5.3.3.1 Resistividade do solo

A resistência de terra do eletrodo, para além de depender da sua forma, dimensões e disposição, depende do valor da resistividade do solo.

No anexo I indicam-se os valores médios das resistividades de alguns solos e materiais.

5.3.3.2 Configurações dos eletrodos de terra

Para cada um dos dois tipos de eletrodos de terra (vertical e horizontal), o valor da resistência de terra, para além da dependência referida acima na secção 5.3.3.1, depende também da configuração de eletrodos utilizada – forma e número de eletrodos.

No caso de terrenos cuja resistividade média não seja superior a 1 000 $\Omega \cdot m$, as configurações de eletrodos de terra adequadas para se obterem valores de resistência de terra inferiores a uma centena de Ohm são: varetas simples ou extensíveis, isoladas ou em paralelo, ou cabos nus (configuração em serpentina, simples, dupla ou longa, ou configuração em estrela).

A descrição das diferentes configurações de eletrodos anteriormente referidas consta do anexo J.

⁴ Conforme RSRDEEBT e Guia Técnico de Terras

⁵ Conforme RSLEAT e Guia Técnico de Terras

⁶ Conforme RSSPTS e Guia Técnico de Terras

5.3.3.3 Adequação de diferentes configurações de elétrodos de terra

A determinação, ainda que numa forma aproximada, da adequação de diferentes tipos de elétrodos de terra aos valores máximos regulamentares de resistência de terra das instalações e equipamentos anteriormente referidos consta dos quadros K.1 e K.2 do anexo K do presente documento (valores mais favoráveis evidenciados a bold).

A determinação do valor da resistência de terra, em função da resistividade do solo e do tipo de eletrodo utilizado, foi feita utilizando os ábacos e fórmulas constantes das normas EN 50522 E EN IEC 61936-1 e HN 64-S-55.

Uma análise de cada um dos quadros permite concluir os seguintes aspetos mais relevantes:

- no caso de solos de resistividade baixa (até 200/300 $\Omega.m$), a utilização de varetas simples ou extensíveis, com configuração isolada ou em paralelo, é a solução mais adequada;
- no caso de solos de resistividade mais elevada (até 500 $\Omega.m$), poderá ser utilizado cabo nu (secção mínima de 25 mm²) – configuração em serpentina – desde que a natureza do solo e o espaço disponível permita a abertura de vala com a dimensão necessária;
- considera-se, porém que, quando possível, se deverá dar preferência à utilização de cabo nu (secção mínima de 25 mm²) – configuração em estrela.

De facto, para além desta solução se adequar melhor a solos de resistividade mais elevada (próxima dos 1 000 $\Omega.m$), está mais vocacionada para situações em que, por razões de limitação de espaço disponível, não é possível a abertura de vala que permita a adoção da configuração em serpentina;

- no caso de solos de alta resistividade (acima de 1 000 $\Omega.m$), deverá procurar-se soluções mais eficazes para redução da resistência de terra, tais como, por exemplo, enterramento do eletrodo a grande profundidade (se a resistividade do terreno for baixa a essa profundidade, como resultado comprovado de medições a efetuar).

5.4 REGRAS DE INSTALAÇÃO

5.4.1 Generalidades

A instalação de elétrodos de terra nas diversas instalações de MT e BT da E-REDES, para além da verificação das regras descritas neste documento, deve respeitar as recomendações do fabricante, as quais constam das instruções de montagem que acompanham os elétrodos.

Os elétrodos de terra do tipo horizontal devem ser enterrados a uma profundidade compreendida entre 0,5 m a 1 m.

No caso dos elétrodos de terra do tipo vertical, a sua extremidade superior deve situar-se abaixo do nível do solo, a uma profundidade não inferior a 0,8 m.

Os elétrodos de terra devem, sempre que possível, ser enterrados nas partes mais húmidas dos terrenos disponíveis, afastados de depósitos ou de locais de infiltração de produtos que os possam corroer (fumeiros, estrumeiras, nitreiras, produtos químicos, coque, etc.) e longe de locais de presença, passagem ou permanência habitual de pessoas e/ou animais.

Os materiais a empregar para execução dos elétrodos de terra nas diversas instalações devem estar de acordo com o indicado, seguidamente, nos quadros 1 e 2.

Quadro 1

Materiais para execução dos elétrodos de terra horizontais

Instalação/ /Equipamento	Caraterísticas do terreno (resistividade $\Omega.m$)	Tipo de elétrodo de terra	Condutor para execução do elétrodo de terra	Condutor para ligação do elétrodo de terra à instalação	Conector de ligação do condutor de terra ao terminal de terra da instalação	Conectores de ligação entre os condutores de execução do elétrodo de terra e o condutor de terra
Postes de betão	Inferior a 1 000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*)	Cabo de cobre nu de 35 mm ²	Terminal de compressão	Conector paralelo de aperto mecânico
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela				
Postes metálicos		Serpentina simples		Cabo VV de 1x35 mm ²		
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela				
Armações	Inferior a 1 000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*)	Cabo VV de 1x35 mm ²	Terminal de compressão	Conector paralelo de aperto mecânico
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela				
Equipamentos da rede aérea		Serpentina simples		Cabo VV de 1x35 mm ²		
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela				
Transições aéreo- subterrâneas	Inferior a 1 000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*)	Cabo VV de 1x35 mm ²	Terminal de compressão	Conector paralelo de aperto mecânico
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela				
Postos de transformação aéreos		Serpentina simples		Cabo VV de 1x35 mm ² (**)		
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela				
Postos de transformação cabina	Inferior a 1 000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*)	Cabo VV de 1x35 mm ² (**)	Terminal de compressão	Conector paralelo de aperto mecânico
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela				
Redes aéreas e subterrâneas de BT e IP		Serpentina simples		Cabo VV de 1x35 mm ²		
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela				

(*) - Comprimento de acordo com a configuração do elétrodo descrito no Anexo J.

(**) - Este cabo interliga o ligador amovível de terra da instalação (barra de cobre 30x5 mm fixa em dois pernos) ao elétrodo de terra (ver secção 4.2.2.1).

Quadro 2

Materiais para execução dos elétrodos de terra verticais

Instalação/ /Equipamento	Caraterísticas do terreno (resistividade $\Omega.m$)	Tipo de elétrodo de terra	Condutor para execução do elétrodo de terra	Condutor para ligação do elétrodo de terra à instalação	Conector de ligação do condutor de terra ao terminal de terra da instalação	Conectores de ligação entre os condutores de execução do elétrodo de terra e o condutor de terra	
Postes de betão	Inferior a 200	Vareta simples ou extensível (*)	-----	Cabo de cobre nu de 35 mm ²	Terminal de compressão	-----	
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo (**)	Cabo VV de 1x35 mm ²			Abraçadeiras (****)	
Postes metálicos	Inferior a 200	Vareta simples ou extensível (*)	-----	Cabo VV de 1x35 mm ²		-----	
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo (**)	Cabo VV de 1x35 mm ²			Abraçadeiras (****)	
Armações	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis (*)	-----	Cabo VV de 1x35 mm ²		-----	
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo (**)	Cabo VV de 1x35 mm ²			Abraçadeiras (****)	
Equipamentos da rede aérea	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis (*)	-----			Cabo VV de 1x35 mm ²	-----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo (**)	Cabo VV de 1x35 mm ²				Abraçadeiras (****)
Transições aéreo-subterrâneas	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis (*)	-----	Cabo VV de 1x35 mm ²		-----	
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo (**)	Cabo VV de 1x35 mm ²			Abraçadeiras (****)	
Postos de transformação aéreos	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis (*)	-----		Cabo VV de 1x35 mm ²	-----	
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo (**)	Cabo VV de 1x35 mm ²			Abraçadeiras (****)	
Postos de transformação cabina	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis (*)	-----	Cabo VV de 1x35 mm ² (***)	-----		
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo (**)	Cabo VV de 1x35 mm ²		Abraçadeiras (****)		
Redes aéreas e subterrâneas de BT e IP	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis (*)	-----	Cabo VV de 1x35 mm ²	-----		
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo (**)	Cabo VV de 1x35 mm ²		Abraçadeiras (****)		

(*) – Inclui uma abraçadeira por vareta (simples ou extensível) e uma união por cada extensão de vareta.
(**) – Inclui a respetiva abraçadeira.
(***) – Este cabo interliga o ligador amovível de terra da instalação (barra de cobre 30x5 mm fixa em dois Pernos) ao elétrodo de terra (ver secção 4.2.2.1).
(****) – Adequadas às varetas utilizadas.

5.4.3 Recomendações de instalação para as diferentes configurações de elétrodos de terra

5.4.3.1 Varetas simples ou extensíveis

A instalação de varetas simples ou extensíveis deve ser efetuada de acordo com o indicado no desenho no 2005-GV-001, apresentado no anexo G.

A conceção e construção do circuito de ligação do elétrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspetos construtivos:

- utilizar-se-á uma vareta (elétrodo de terra aço/Cu, 14,3 – 2 m ou 6 m de comprimento, com respetivas abraçadeiras e uniões) - ver figura 5.4.1;
- a profundidade de enterramento da vareta será de 0,8 m;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e o elétrodo de terra.



Fig. 37 – Ligação do eletrodo de terra – vareta simples ou extensível

5.4.3.2 Varetas em paralelo

A instalação de varetas em paralelo deve ser efetuada de acordo com o indicado no desenho no 2005-GV-002, apresentado no anexo G.

A concepção e construção do circuito de ligação do eletrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-ão três ou cinco varetas (eletrodo de terra aço/Cu, 14,3 – 2 m de comprimento e respectivas abraçadeiras);
- a distância entre varetas será de 2,5 m;
- a profundidade de enterramento das varetas será de 0,8 m;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e uma das varetas;
- a ligação entre essa vareta e as restantes será feita por cabo VV de 35 mm² – cabo com comprimento de 5 m (caso de três varetas) ou 10 m (caso de cinco varetas);
- a vala terá um comprimento de 5 m (caso de três varetas) ou de 10 m (caso de cinco varetas);
- a vala terá uma largura mínima possível.



Fig. 38 – Ligação do eletrodo de terra – varetas em paralelo

5.4.3.3 Serpentina simples

A instalação de serpentinas simples deve ser efetuada de acordo com o indicado no desenho no 2005-GV-004, apresentado no anexo G.

A concepção e construção do circuito de ligação do eletrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-á um condutor de cobre nu de 35 mm² com 10 m de comprimento - ver figura 5.4.3;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e a serpentina;
- a vala terá um comprimento de 3 m, uma largura de 0,6 m e uma profundidade de 0,8 m.



Fig. 39 – Ligação do eletrodo de terra – serpentina simples

5.4.3.4 Serpentina dupla

A instalação de serpentina dupla deve ser efetuada de acordo com o indicado no desenho no 2005-GV-003, apresentado no anexo G.

A concepção e construção do circuito de ligação do eletrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-á um condutor de cobre nu de 35 mm² com 2x10 m de comprimento - ver figura 5.4.4;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e a serpentina;
- a vala terá um comprimento de 2x3 m, uma largura de 0,6 m e uma profundidade de 0,8 m.



Fig. 40 – Ligação do eletrodo de terra – serpentina dupla

5.4.3.5 Serpentina dupla longa

A instalação de serpentina dupla longa é globalmente idêntica, em termos de procedimentos, aos da serpentina dupla.

A concepção e construção do circuito de ligação do eletrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-á um condutor de cobre nu de 35 mm² com 2x15 m de comprimento - ver figura 5.4.5;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e a serpentina;
- a vala terá um comprimento de 2x5 m, uma largura de 0,6 m e uma profundidade de 0,8 m.



Fig. 41 – Ligação do eletrodo de terra – serpentina dupla longa

5.4.3.6 Estrela

A instalação de eletrodo de terra em estrela deve ser efetuada de acordo com o indicado nos desenhos no 2005-GV-005-1 e 2005-GV-005-2, apresentados no anexo G.

A concepção e construção do circuito de ligação do eletrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-ão condutores de cobre nu de 35 mm² com 3x10 m de comprimento, formando um ângulo de 120° entre si;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e o ponto comum de ligação entre os condutores que constituem o eletrodo;
- a vala terá um comprimento de 3x10 m, uma largura mínima possível e uma profundidade de 0,8 m.



Fig. 42 – Ligação do eletrodo de terra – estrela

ANEXO A
DESENHOS - REDES DE MÉDIA TENSÃO

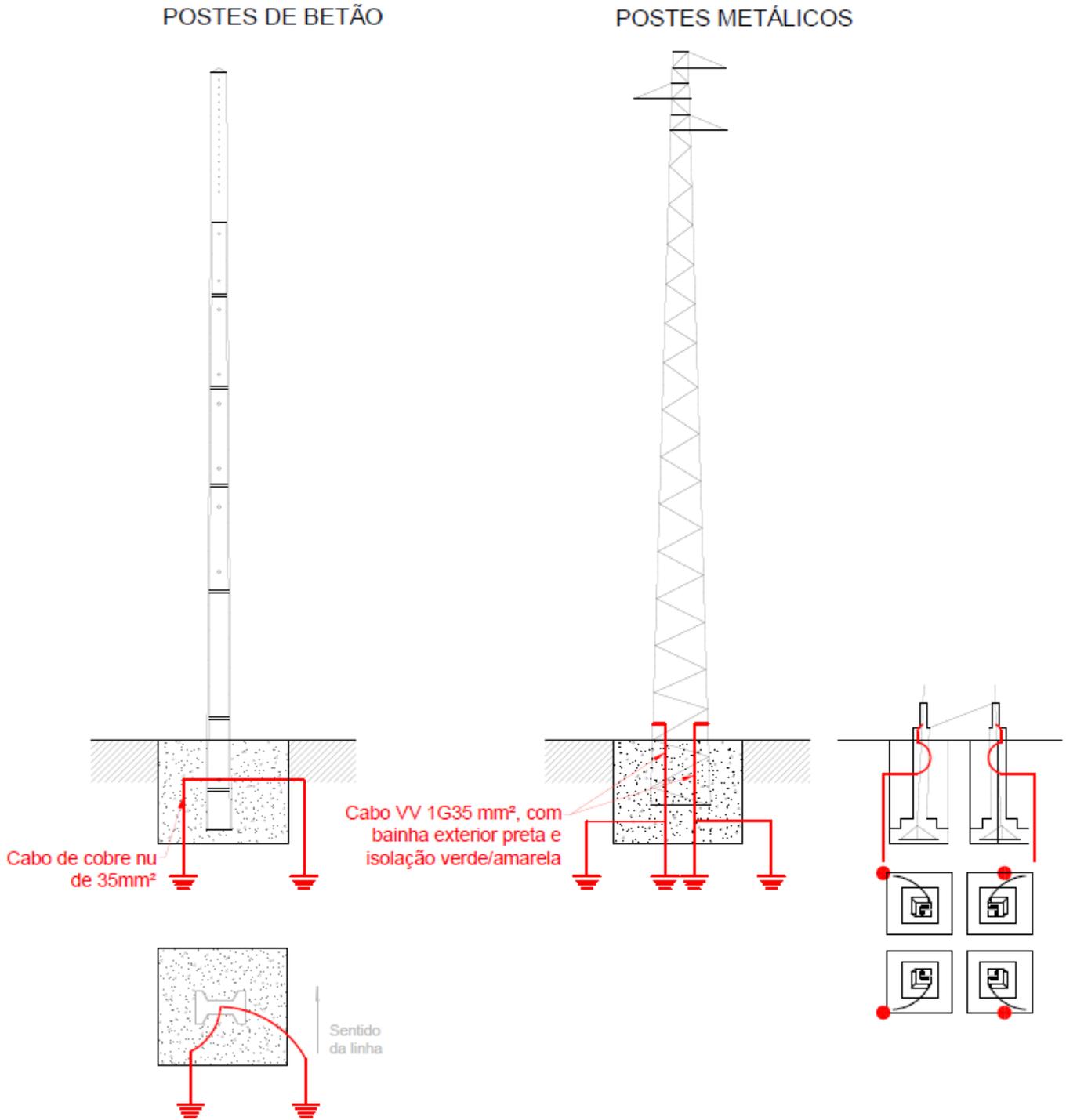


Fig. 1A – LAMT Ligação do terminal de terra inferior dos postes aos elétrodos de terra

Em linhas MT com histórico de interrupções devidas a sobretensões atmosféricas e em que se verifiquem contornamentos nos seccionadores

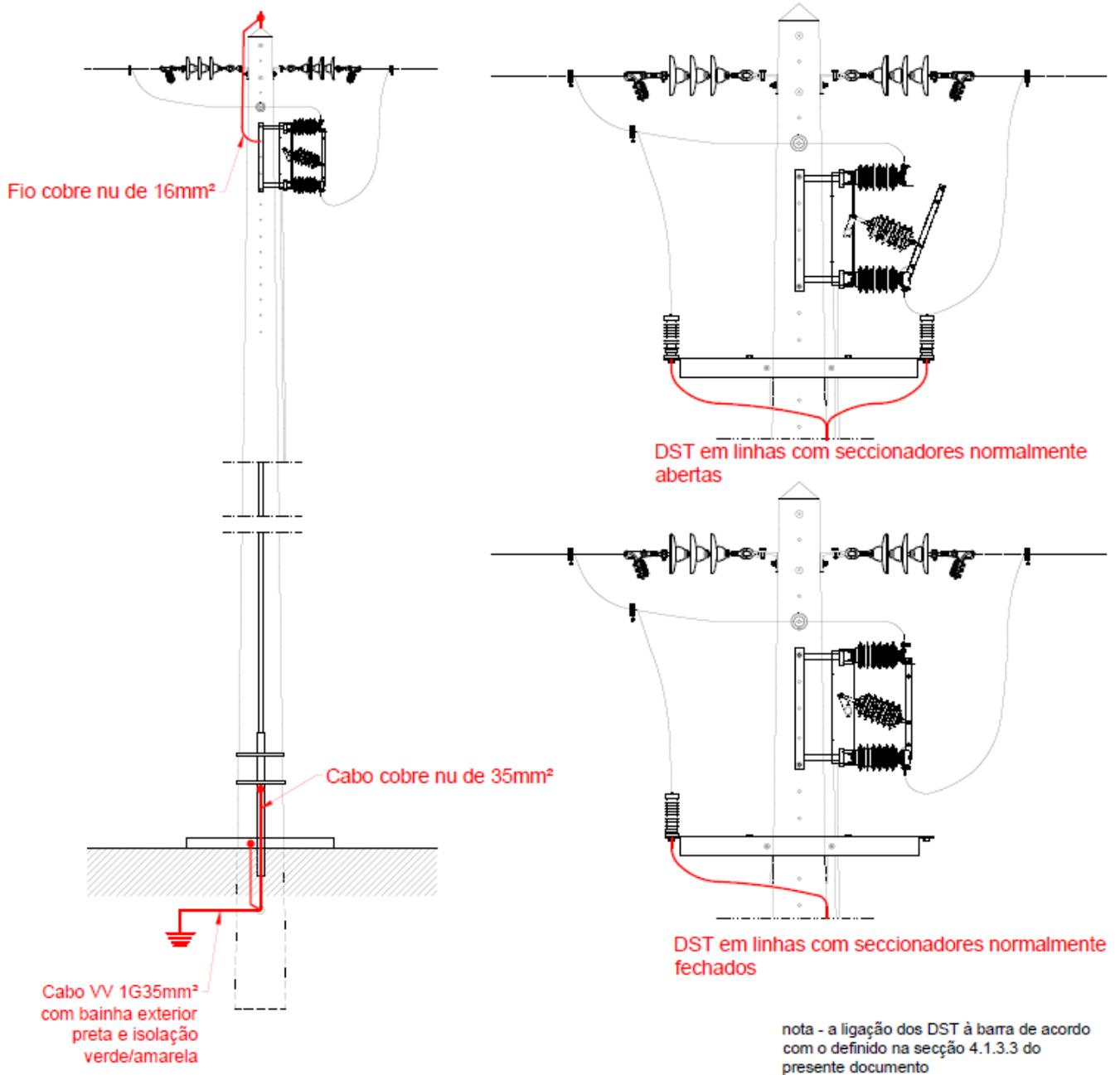


Fig. 2A – LAMT Ligação à terra de poste com seccionador

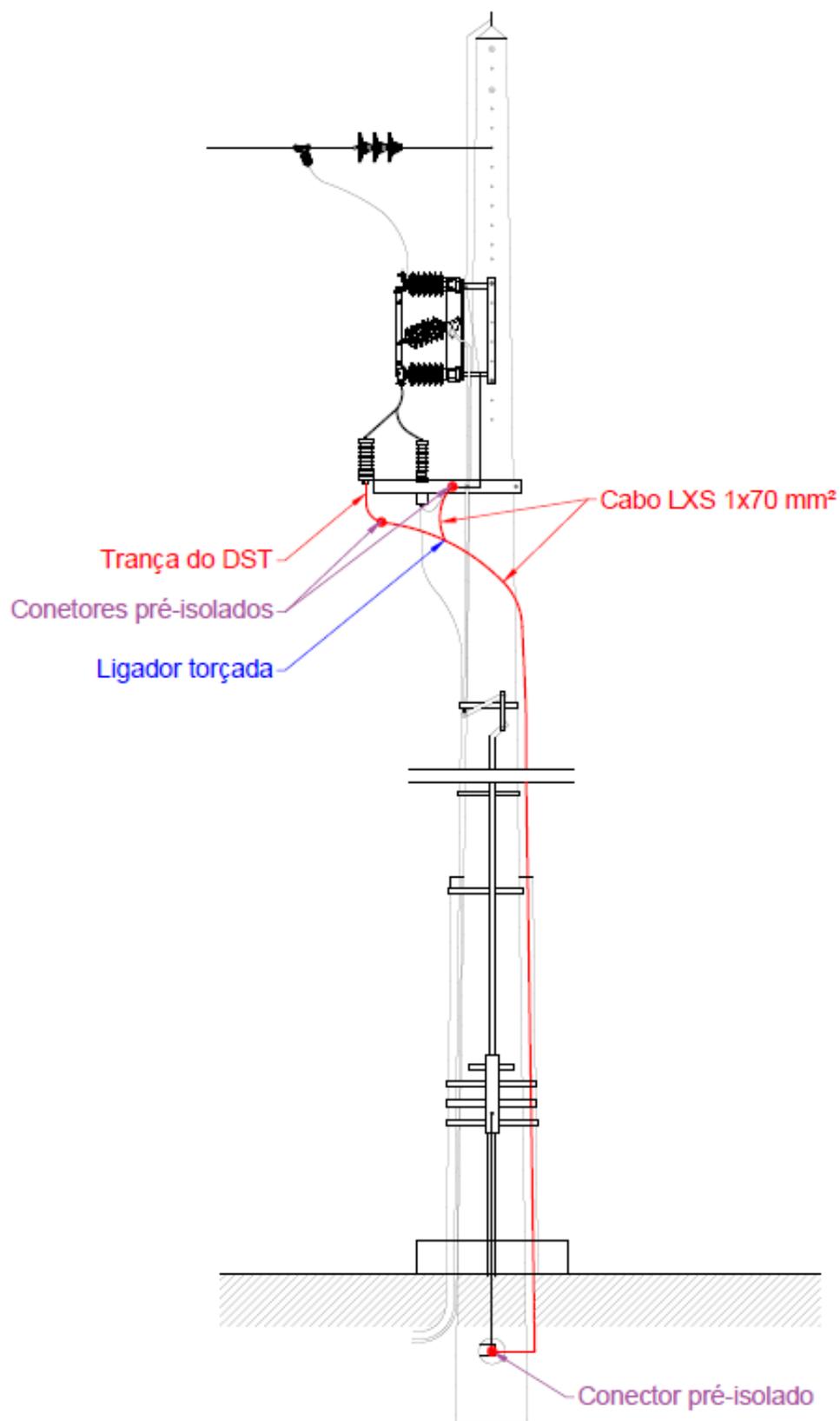


Fig. 3A – LAMT/LSMT • Ligação dos DST à terra

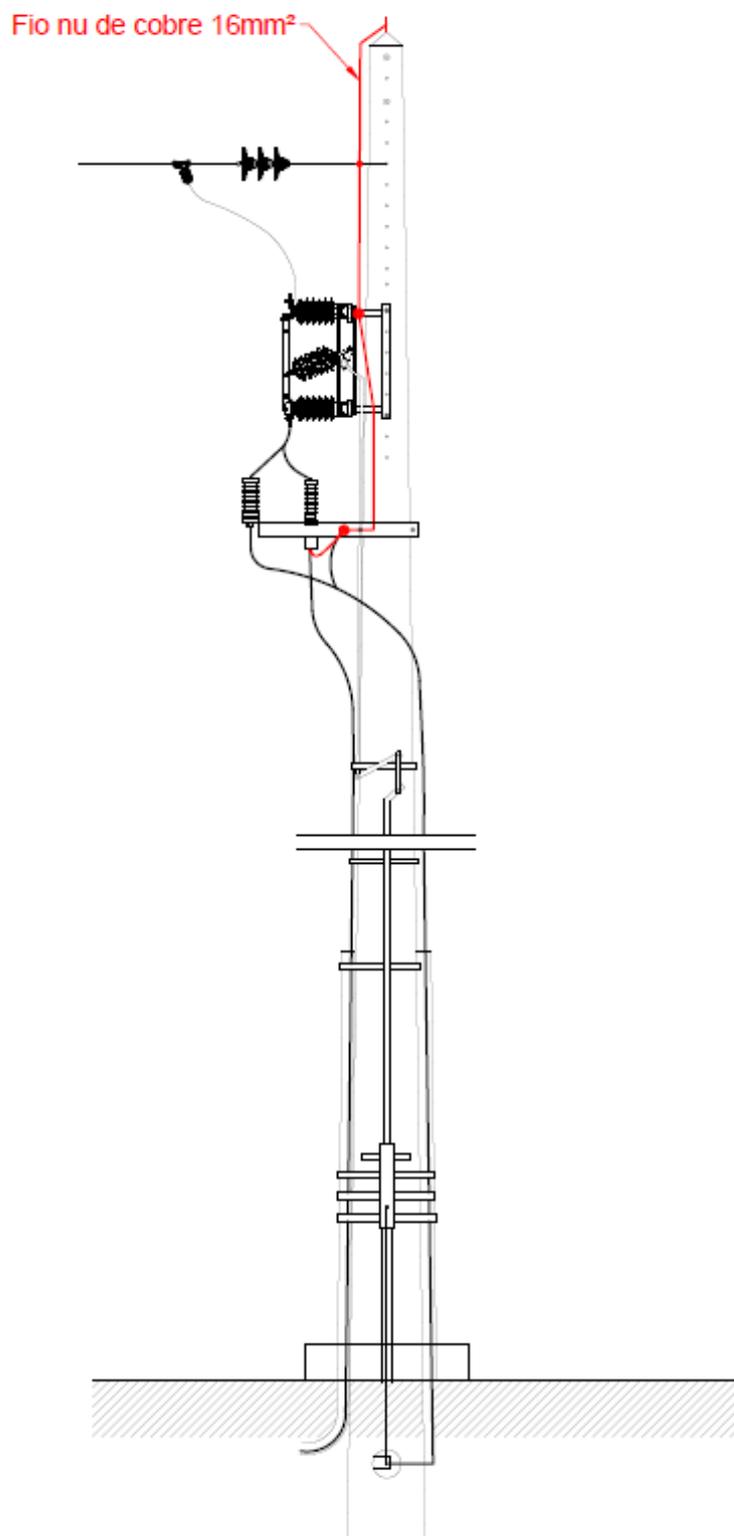


Fig. 4A – LAMT/LSMT • Ligação armação + armação de fim cabo + seccionador à terra

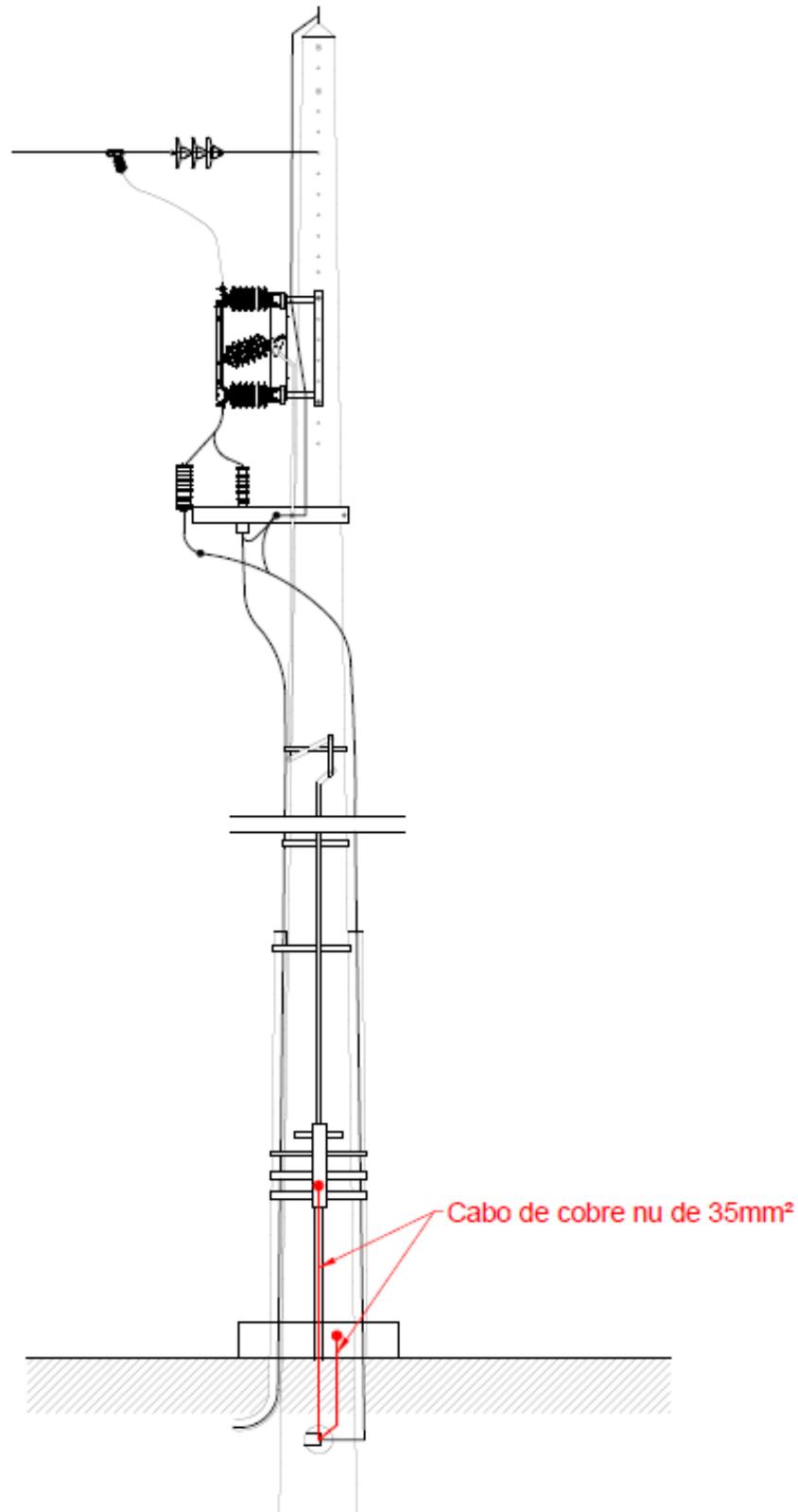


Fig. 5A – LAMT/LSMT • Ligação das plataformas + comando seccionador à terra

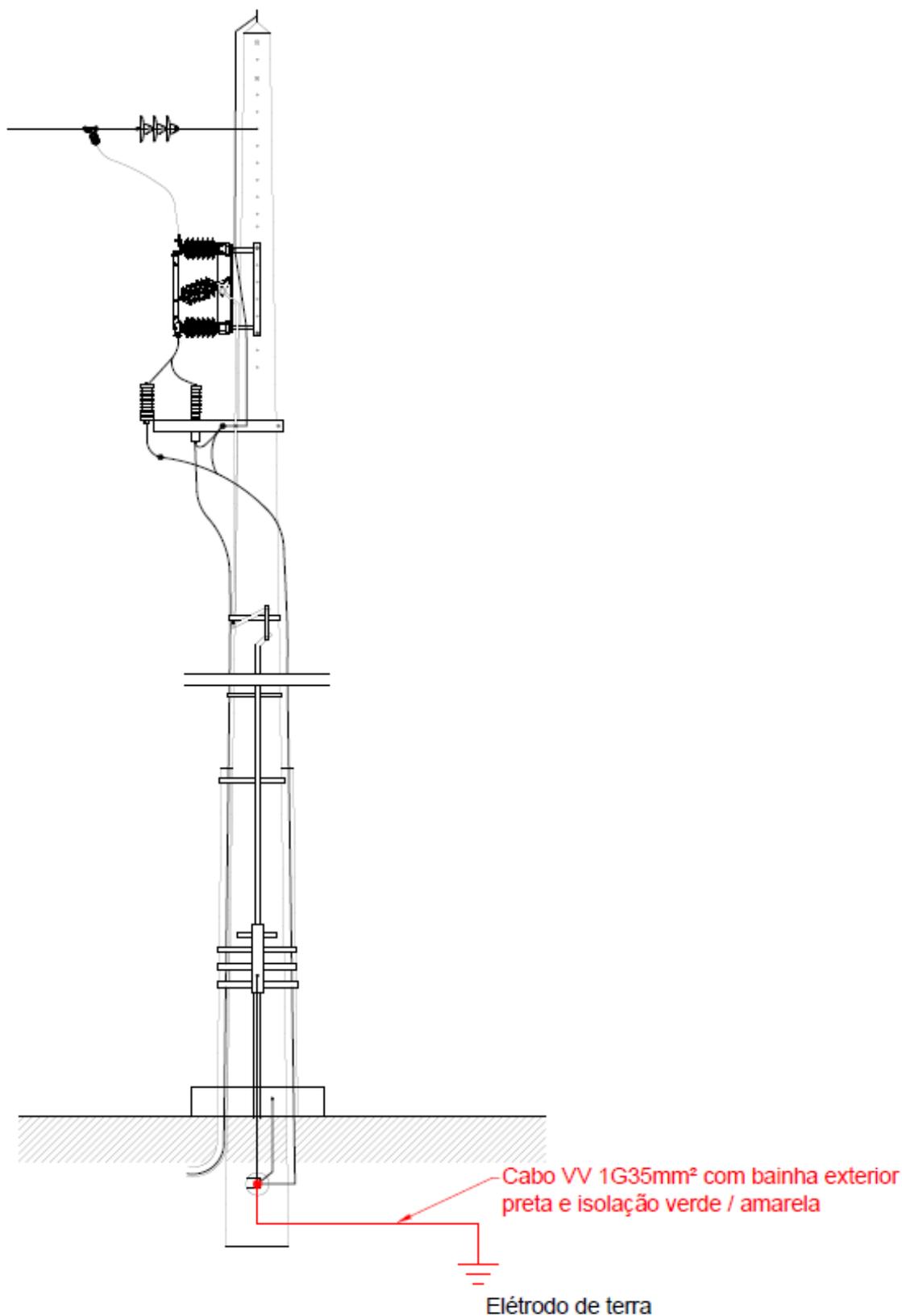


Fig. 6A – LAMT/LSMT • Ligação ao terminal inferior do poste dos eléttodos de terra

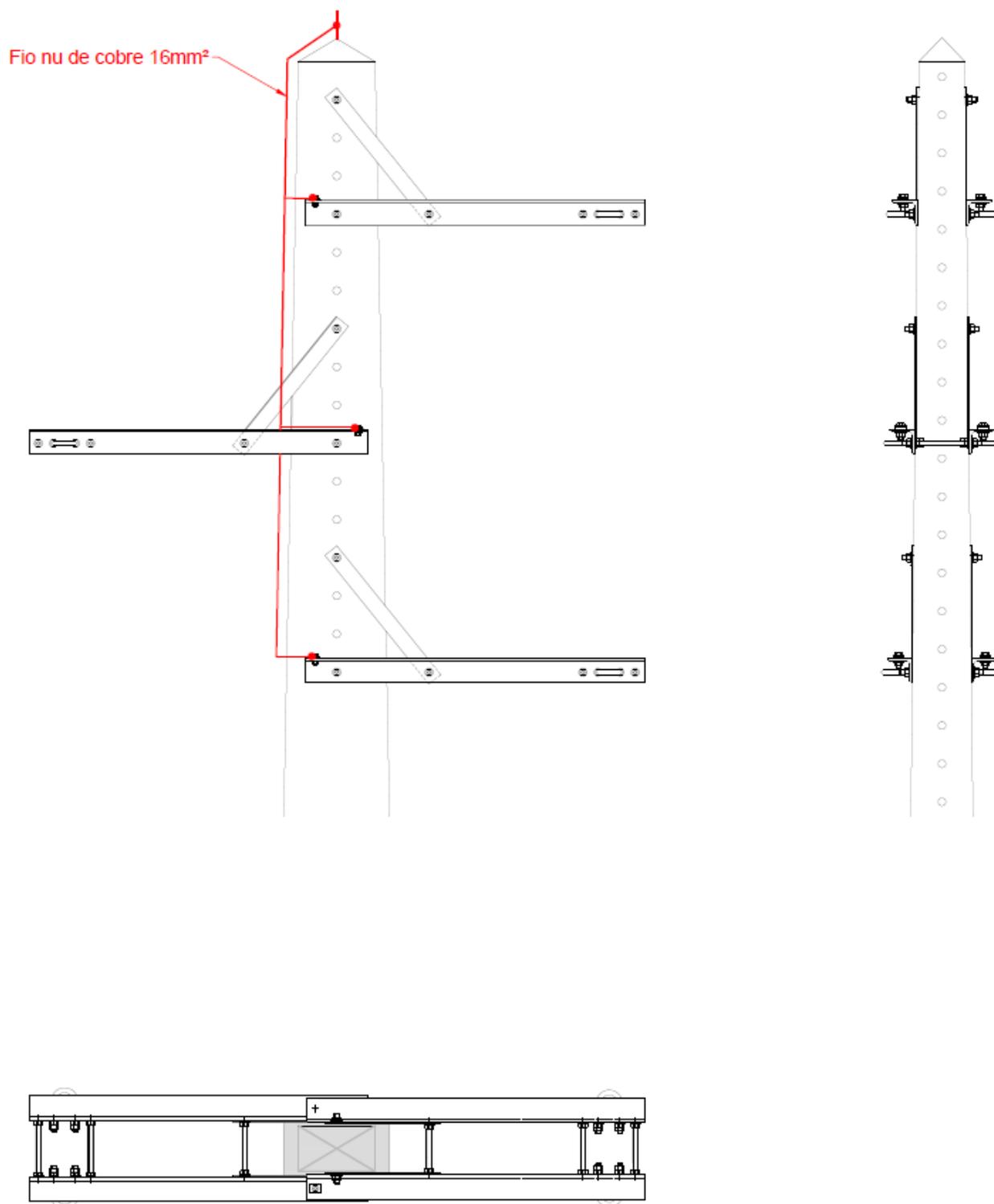
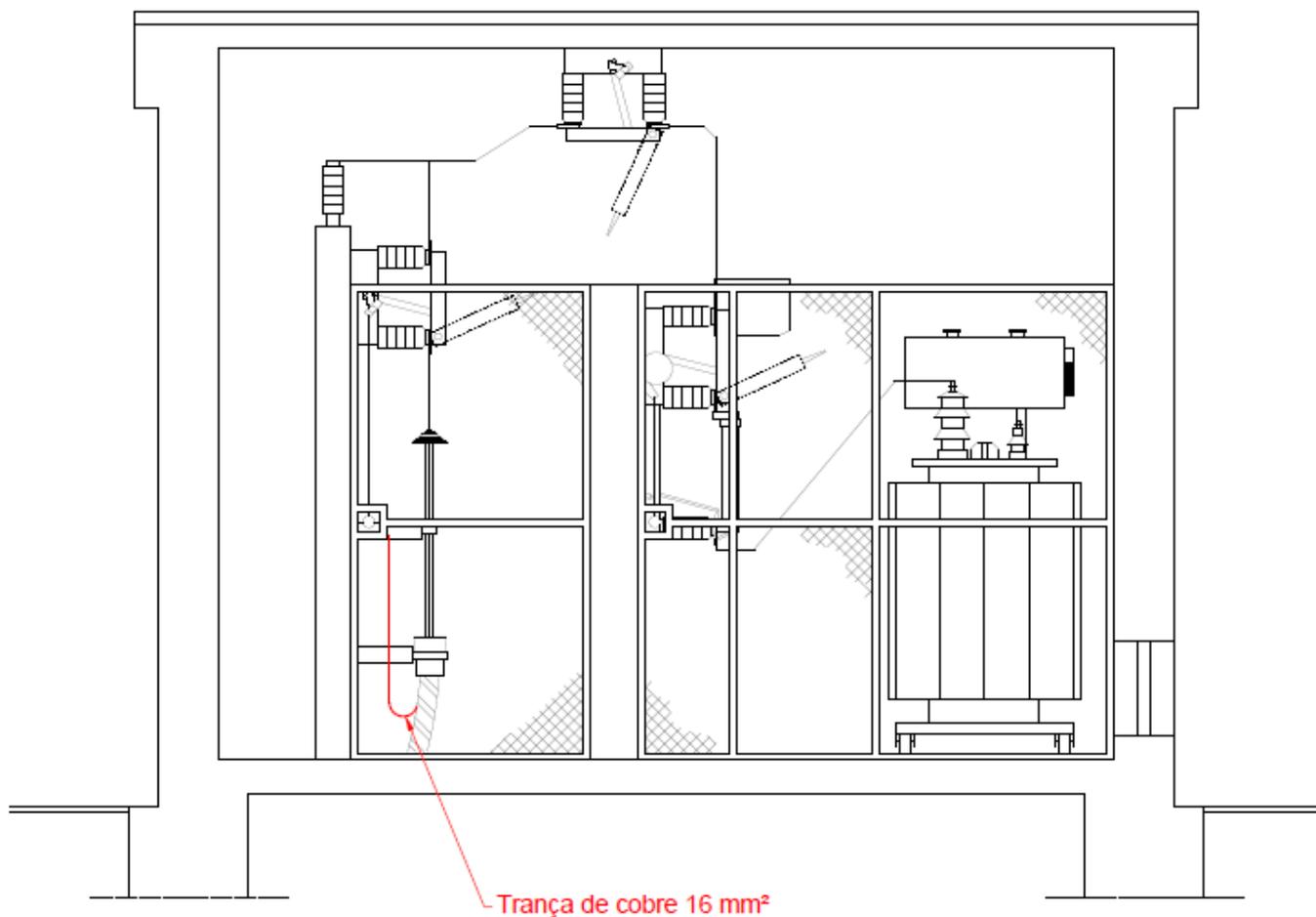


Fig. 7A – LAMT • Ligação de armação GAN à terra



Nota : as bainhas dos cabos são ligadas à terra nas duas extremidades

Fig. 8A – LSMT • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos à terra

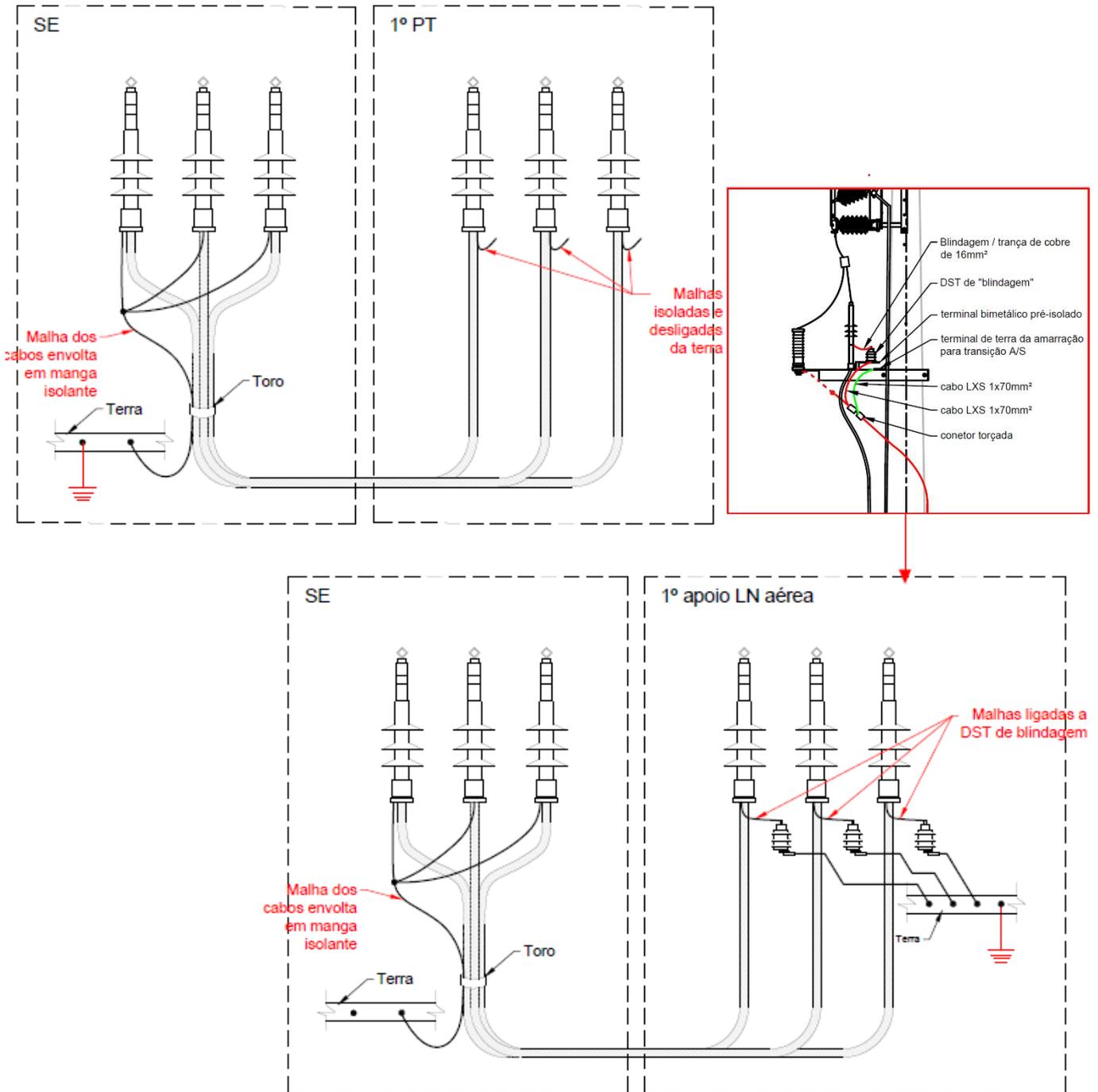


Fig. 9A – LAAT(MT)/LSAT(MT) • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos em SE AT/MT, à terra



Fig. 10A – LSMT • Continuidade das bainhas de cabos subterrâneos em uniões

ANEXO B
DESENHOS - POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO AÉREOS

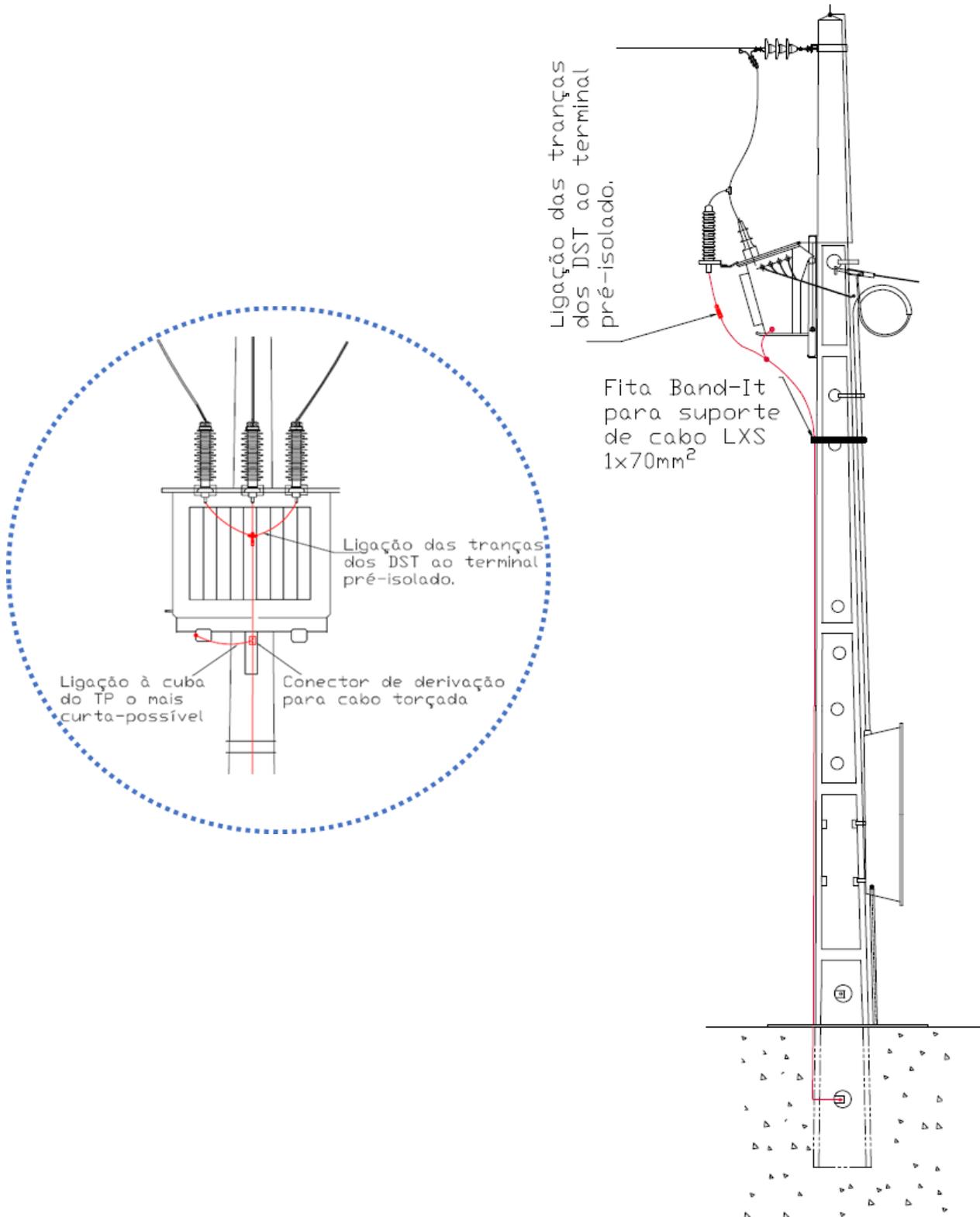


Fig. 1B – PT aéreo tipo A • Ligação dos DST à terra e à cuba do TP

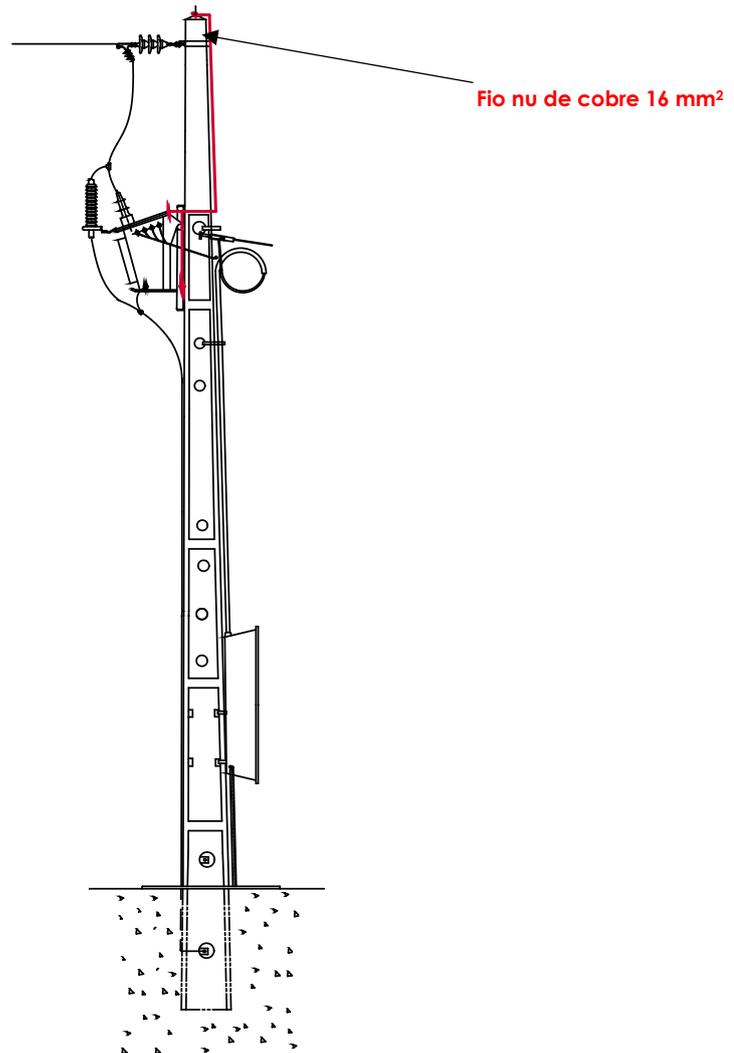


Fig. 2B – PT aéreo tipo A • Ligação da armç de suspensão e tampa do TP + HPT4, à terra

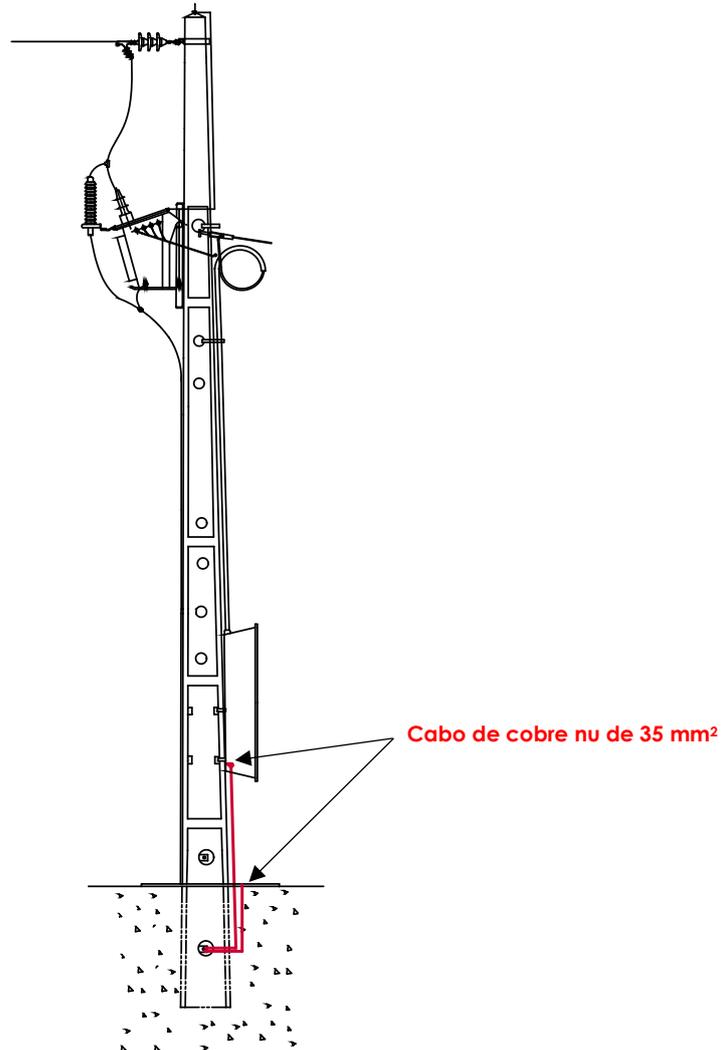


Fig. 3B – PT aéreo tipo A • Ligação das plataformas + QGBT, à terra

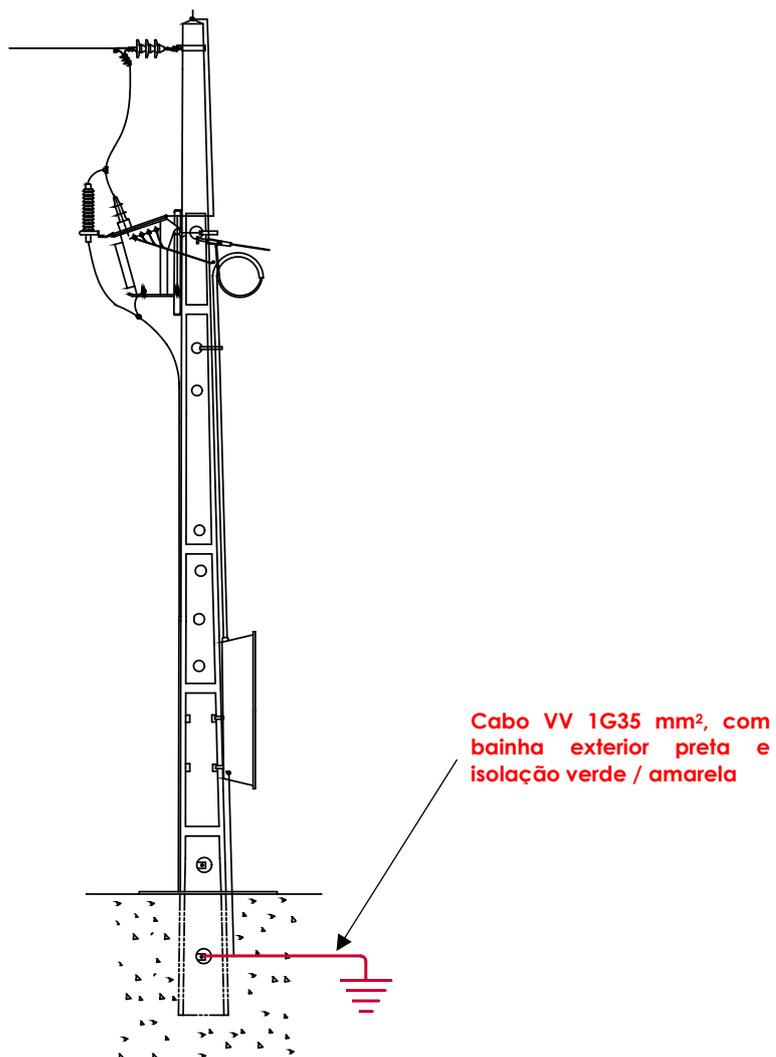


Fig. 4B – PT aéreo tipo A • Ligação do terminal inferior do poste aos elétrodos de terra

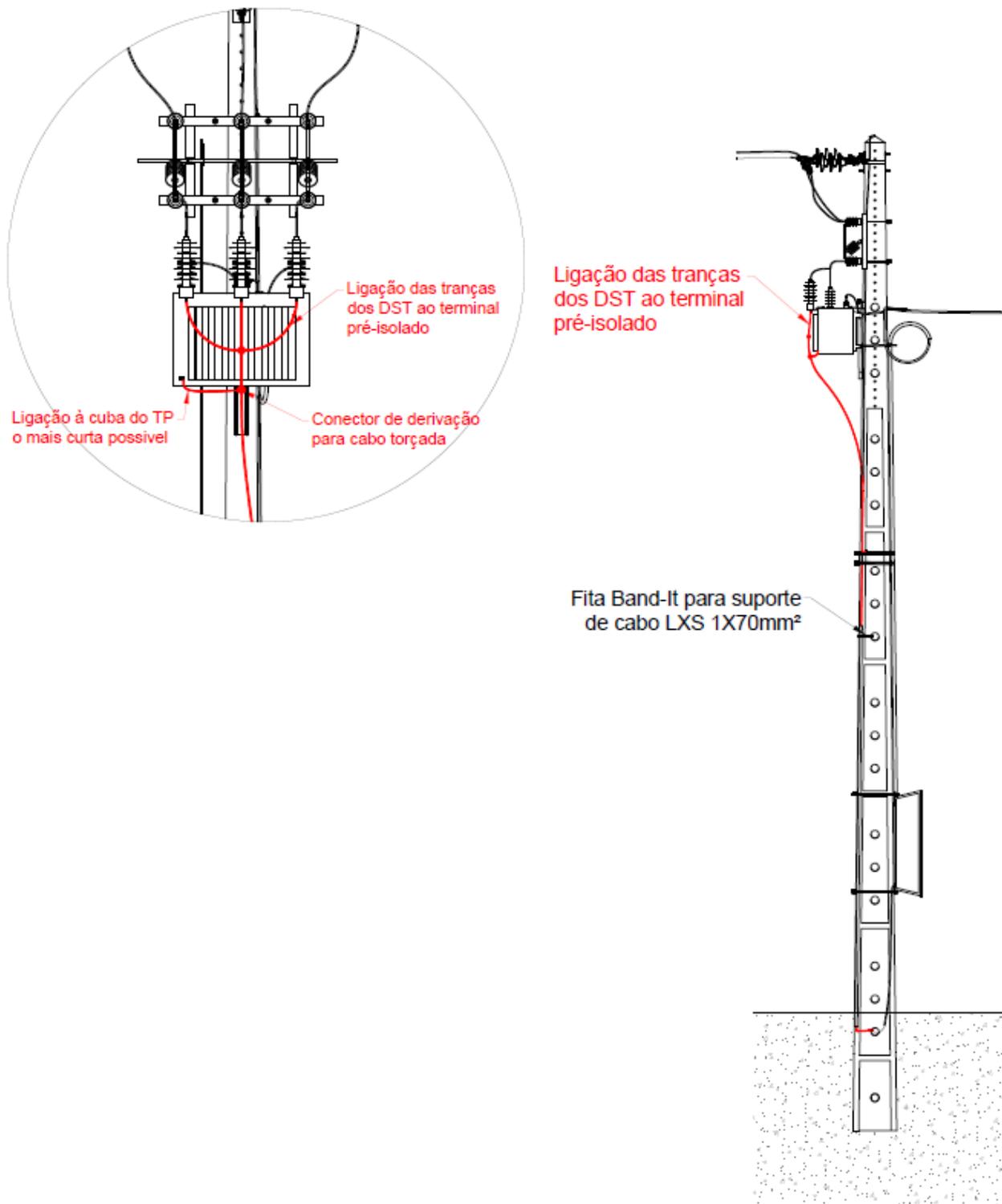


Fig. 5B – PT aéreo tipo R100 e AS • Ligação dos DST à terra e à cuba do TP

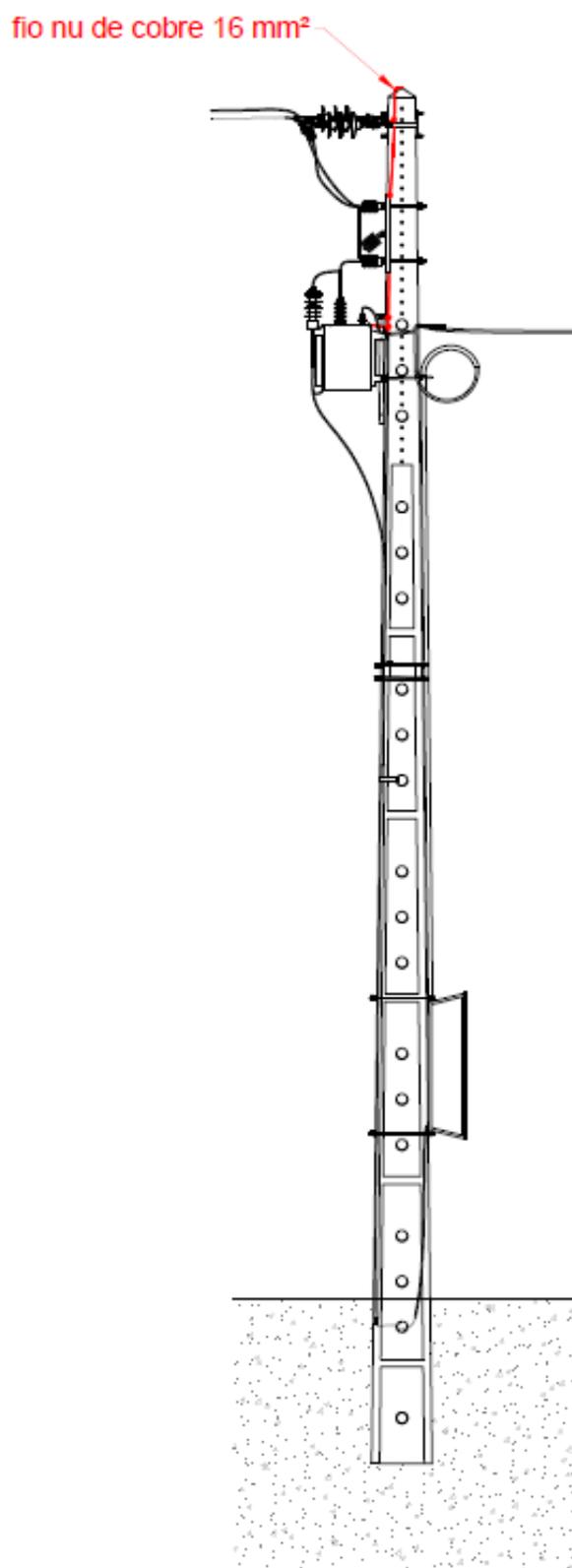


Fig. 6B – PT aéreo tipo R100 e AS • Ligação da armação de suspensão e tampa de TP + seccionador + HPT4, à terra

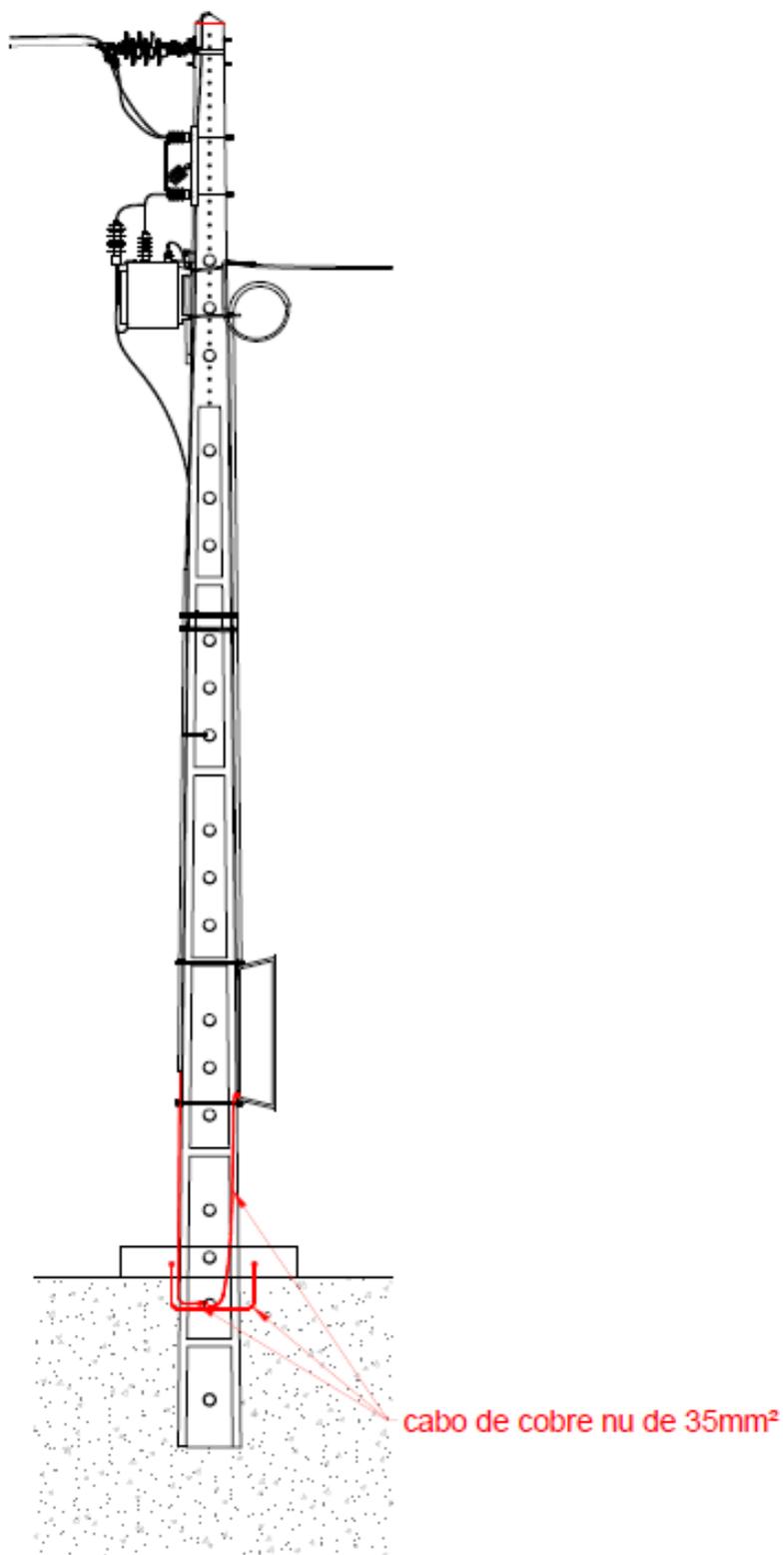


Fig. 7B – PT aéreo tipo R100 e AS • Ligação das plataformas + comando do seccionador + QGBT, à terra

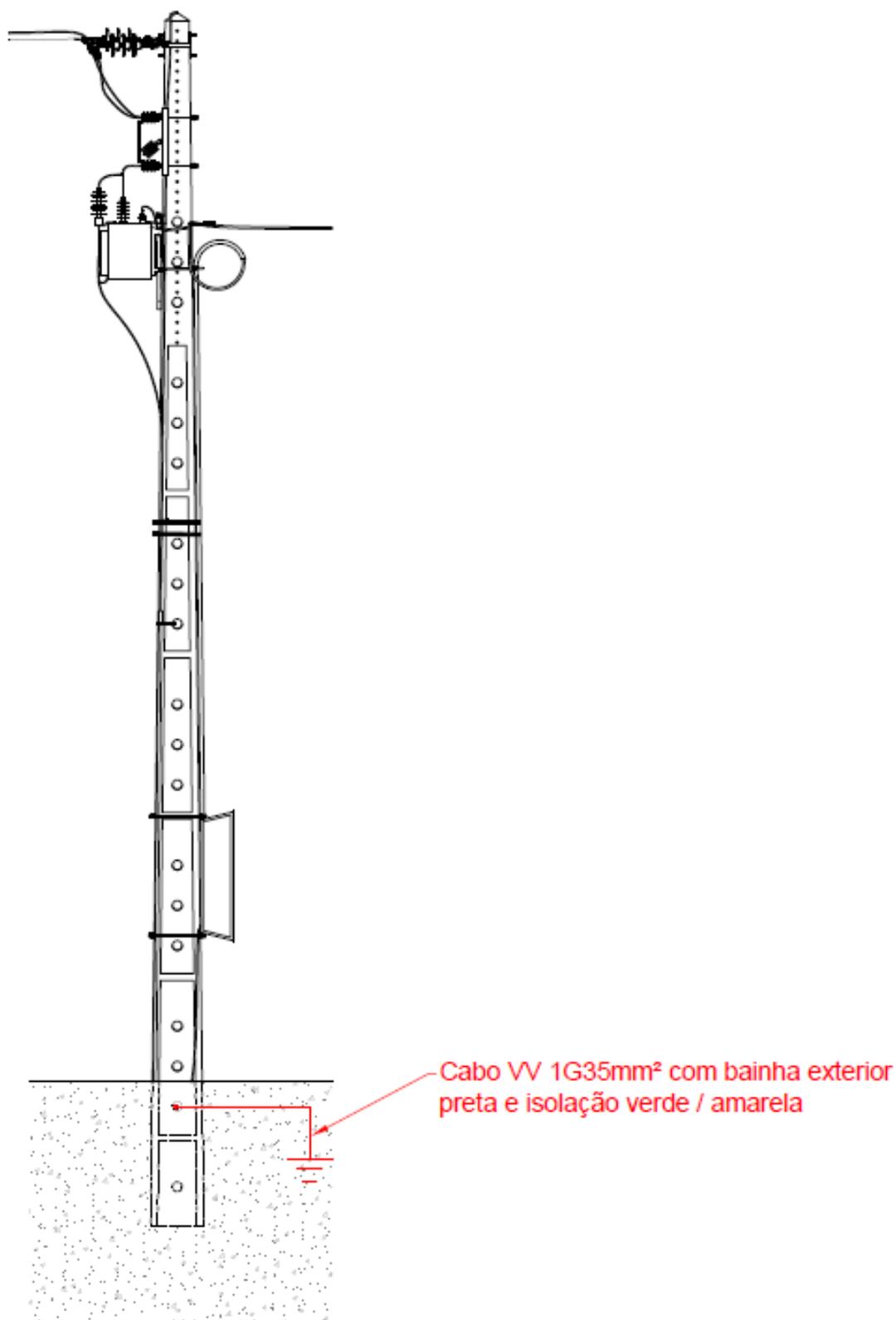


Fig. 8B – PT aéreo tipo R100 e AS • Ligação do terminal inferior do poste aos elétrodos de terra

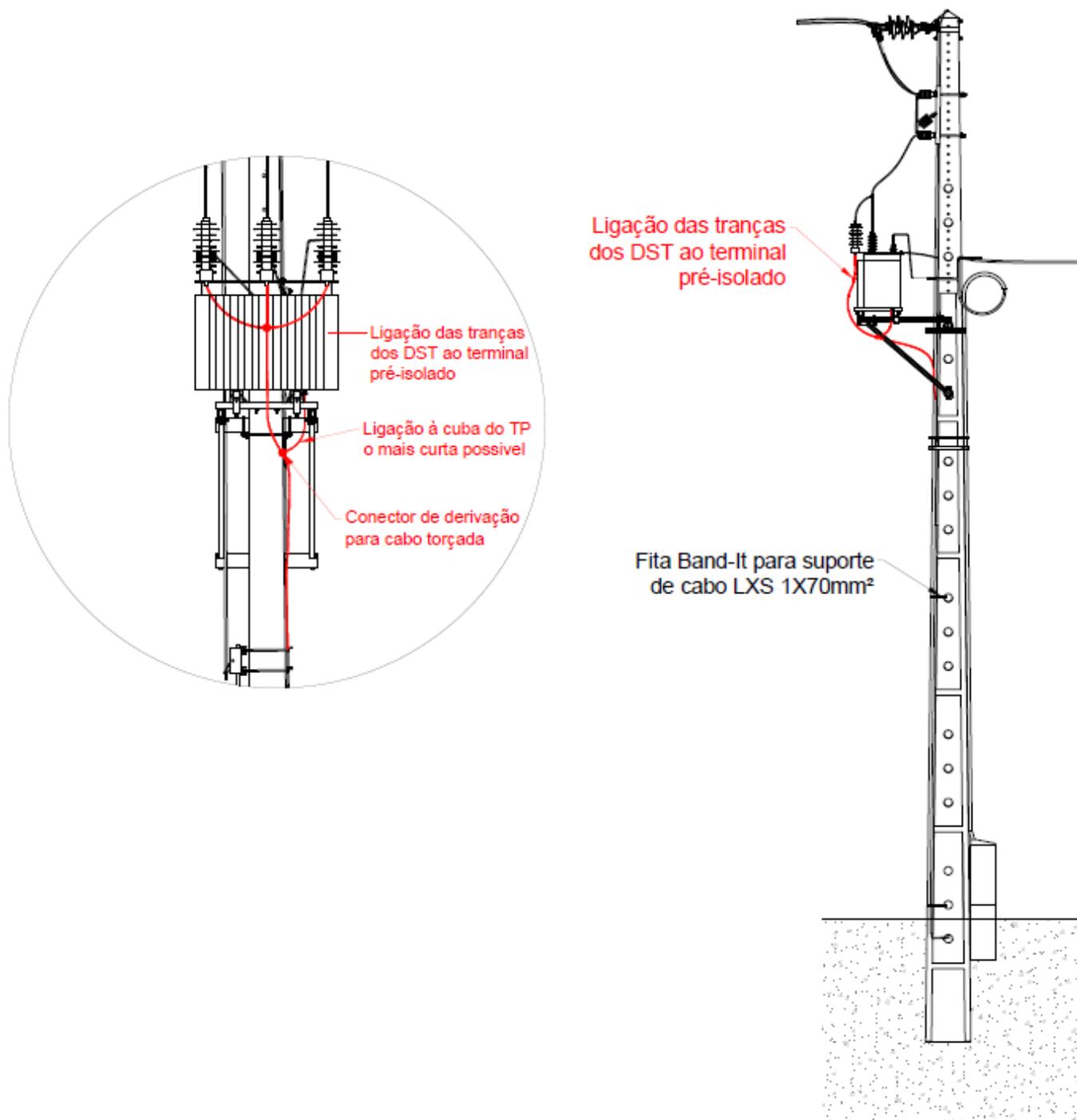


Fig. 9B – PT aéreo tipo R250 e AI • Ligação dos DST à terra e à cuba do TP

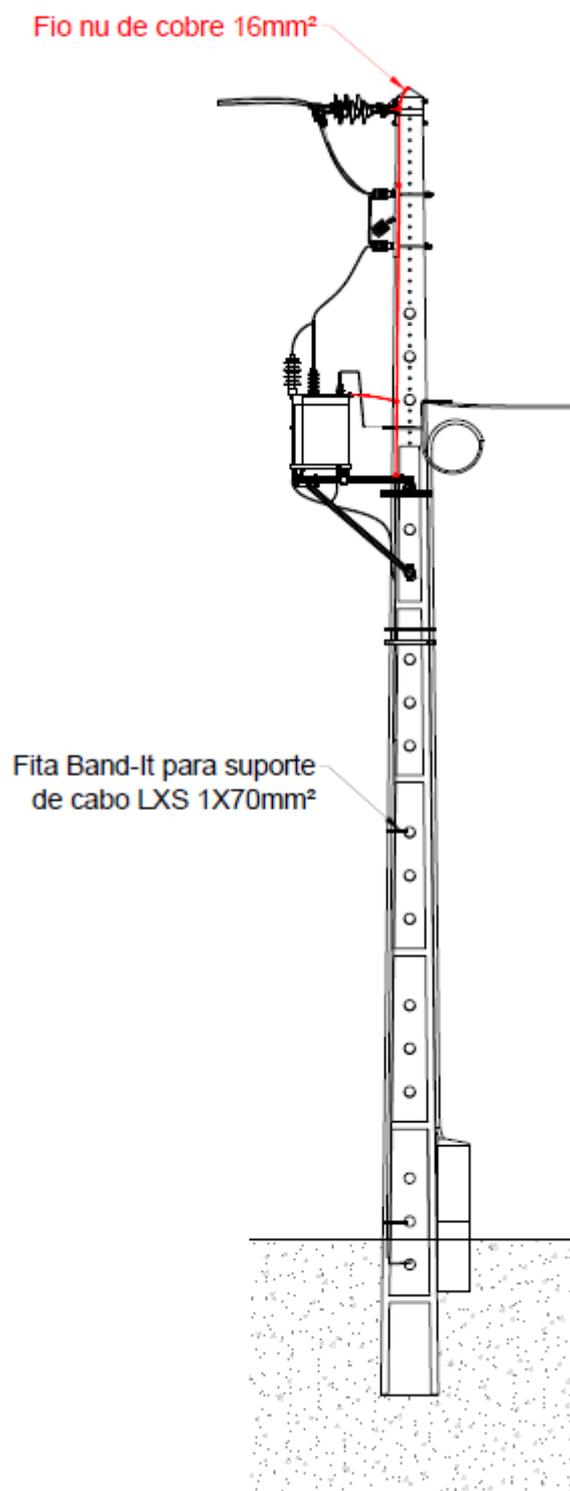


Fig. 10B – PT aéreo tipo R250 e AI • Ligação da armação de suporte e tampa do TP + interruptor-seccionador + HPT4, à terra

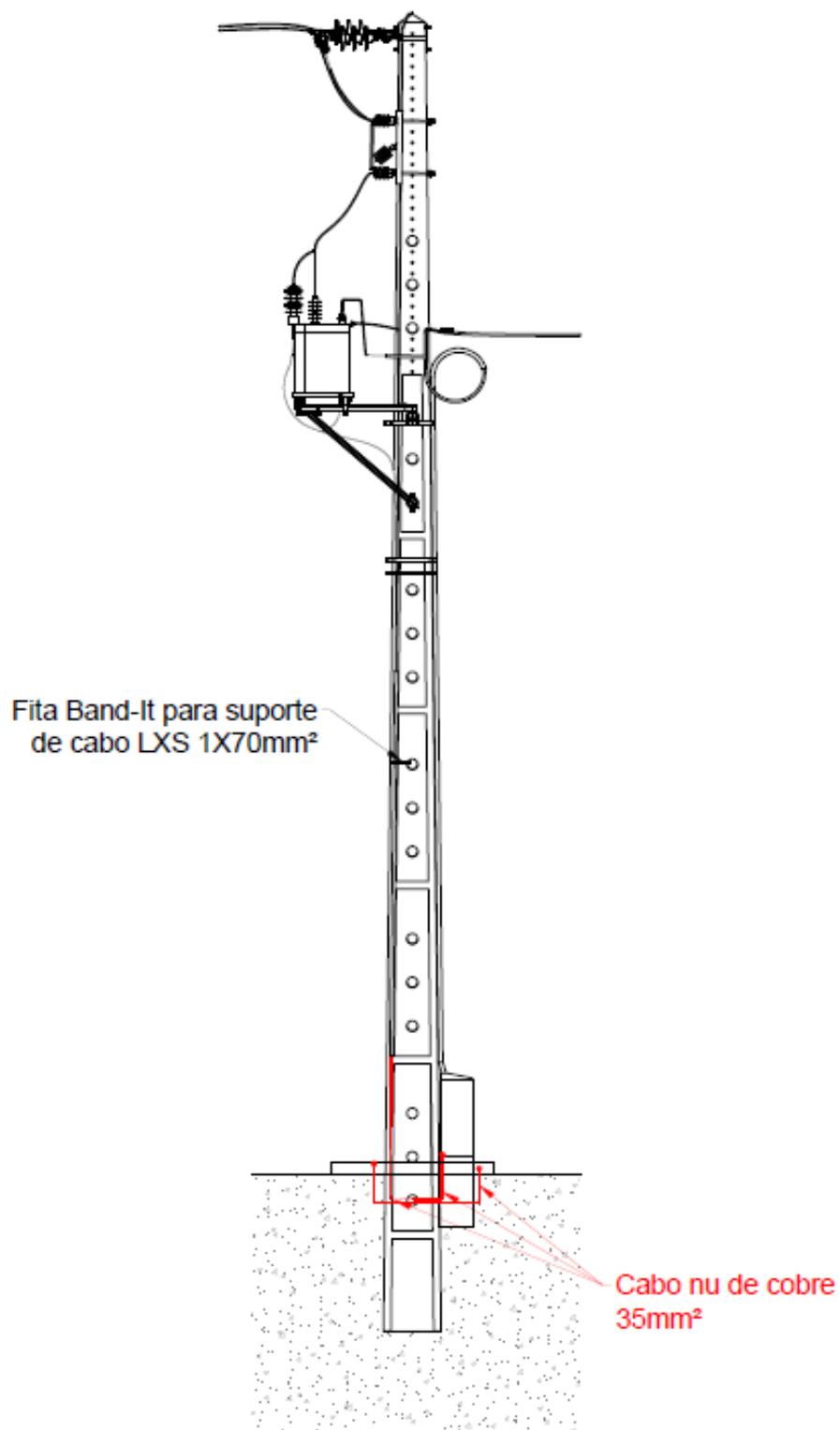


Fig. 11B – PT aéreo tipo R250 e AI • ligação das plataformas + comando do interruptor-seccionador + QGBT, à terra

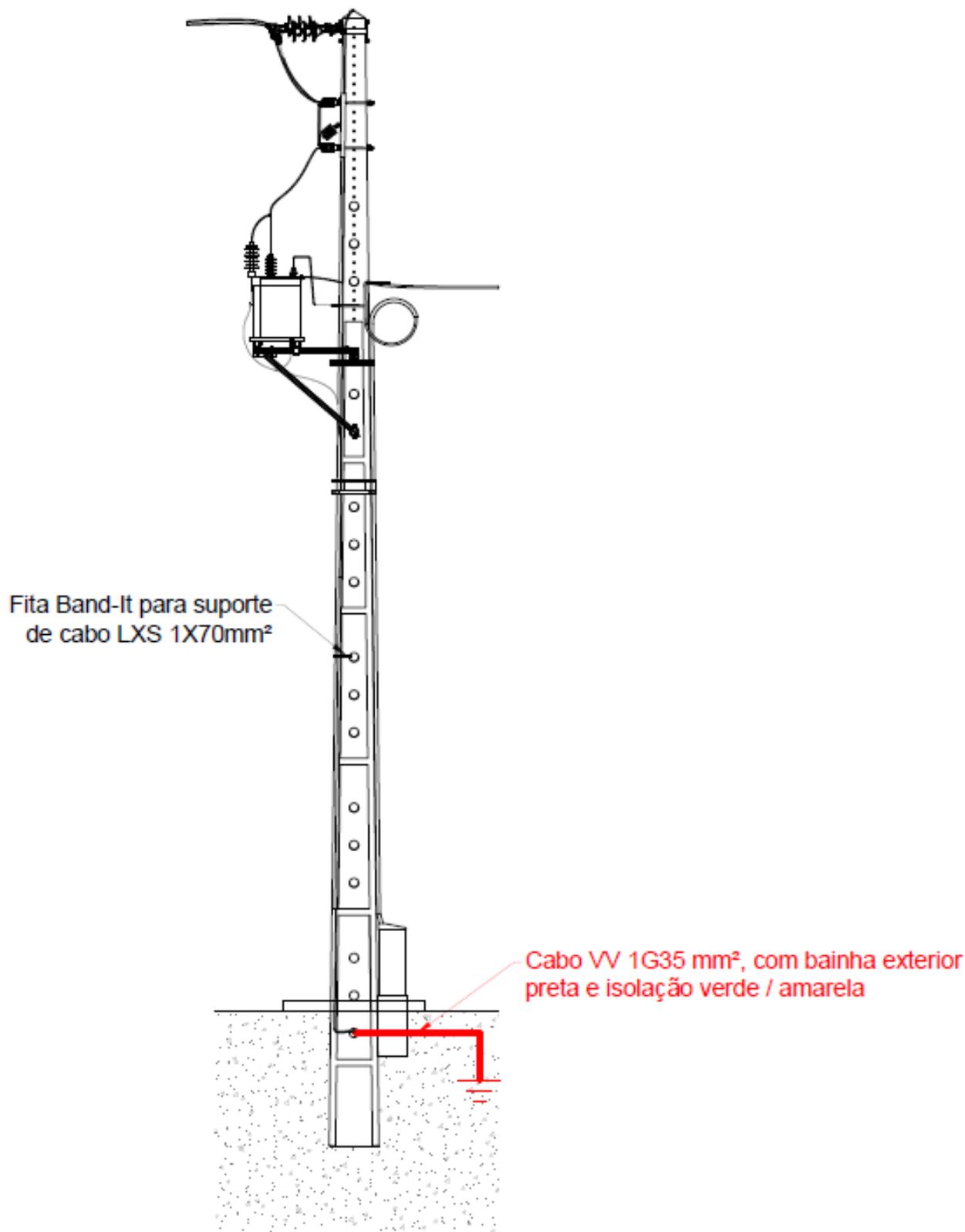


Fig. 12B – PT aéreo tipo R250 e AI • Ligação do terminal inferior do poste aos elétrodos de terra de proteção

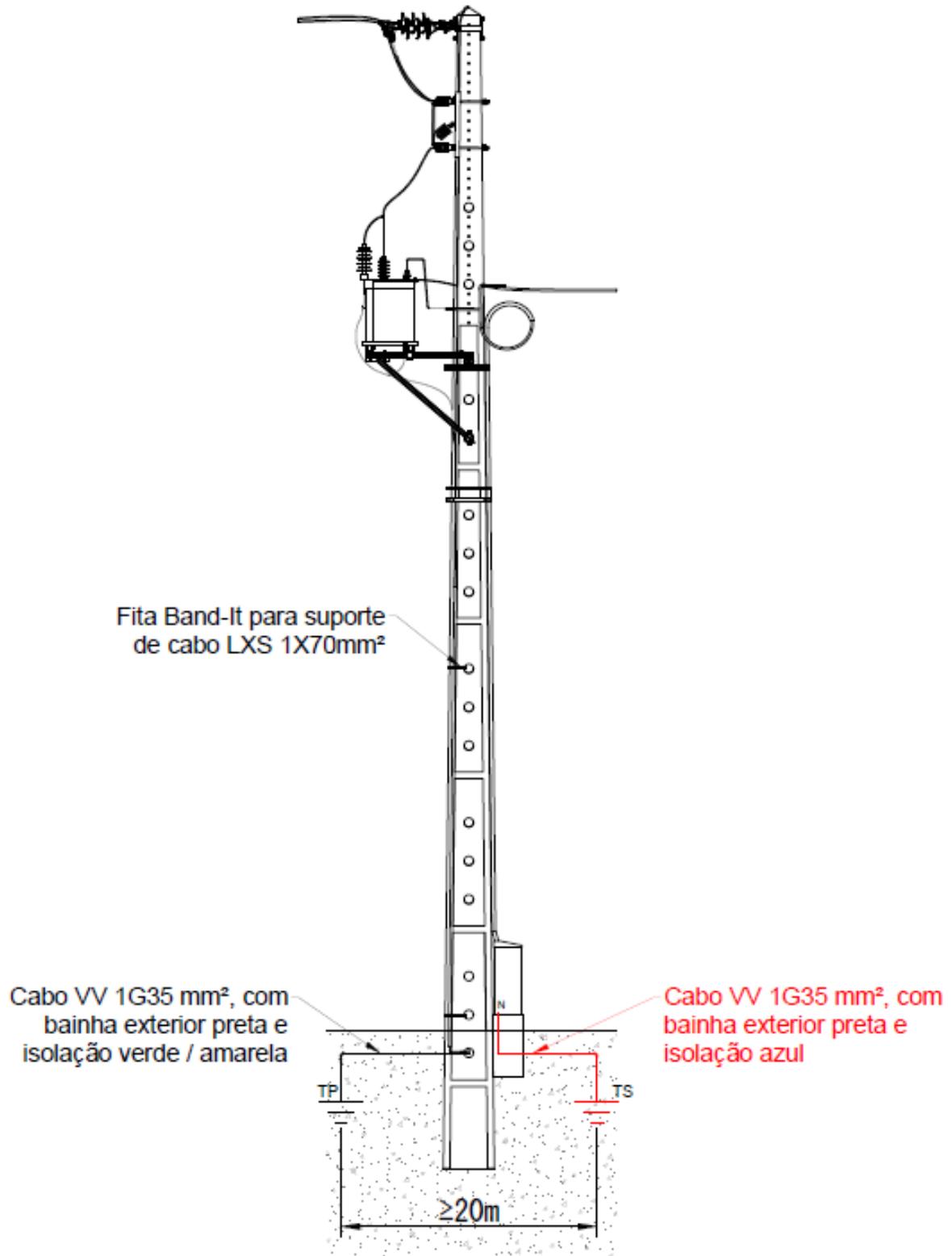


Fig. 13B - PT aéreo tipo R250 e AI • Ligação barramento de neutro do QGBT aos elétrodos de terra de serviço.



Fig. 14B - PT aéreo tipo R100 e AS • representação 3D

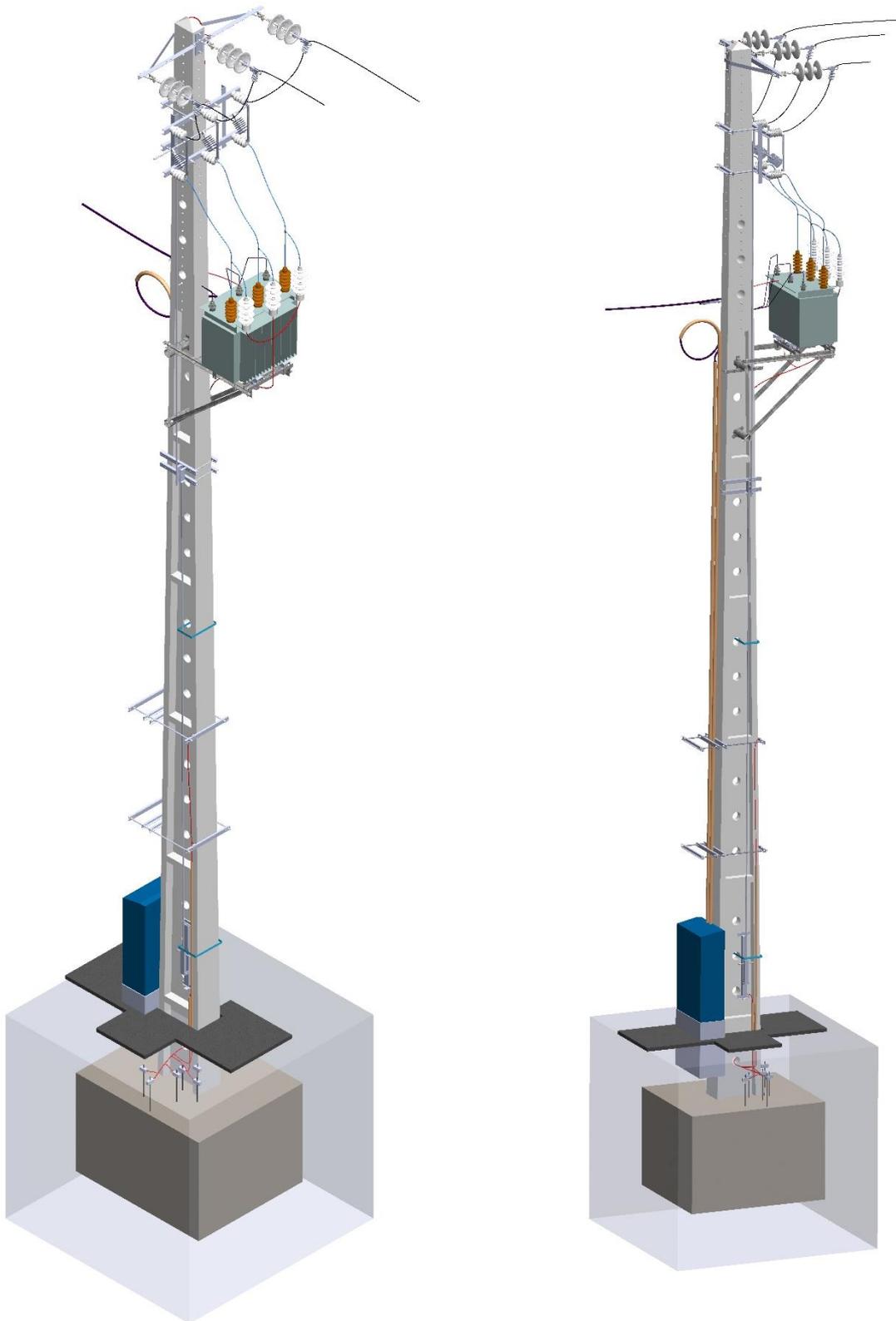


Fig. 15B - PT aéreo tipo R250 e AI • representação 3D.

ANEXO C
DESENHOS - POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO EM CABINA BAIXA

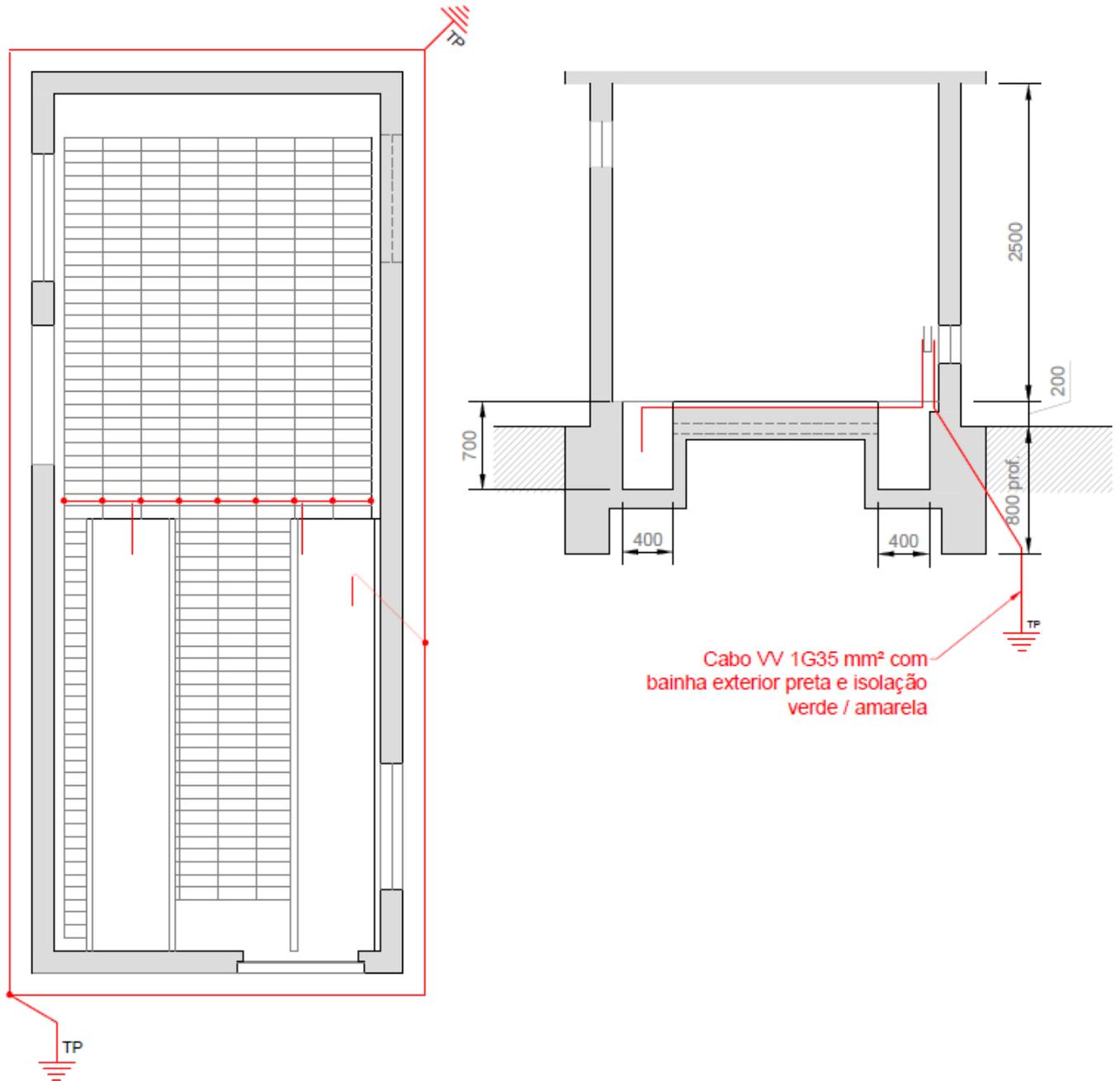


Fig. 1C – PT tipo CB • Ligação aos eletrodos de terra de proteção

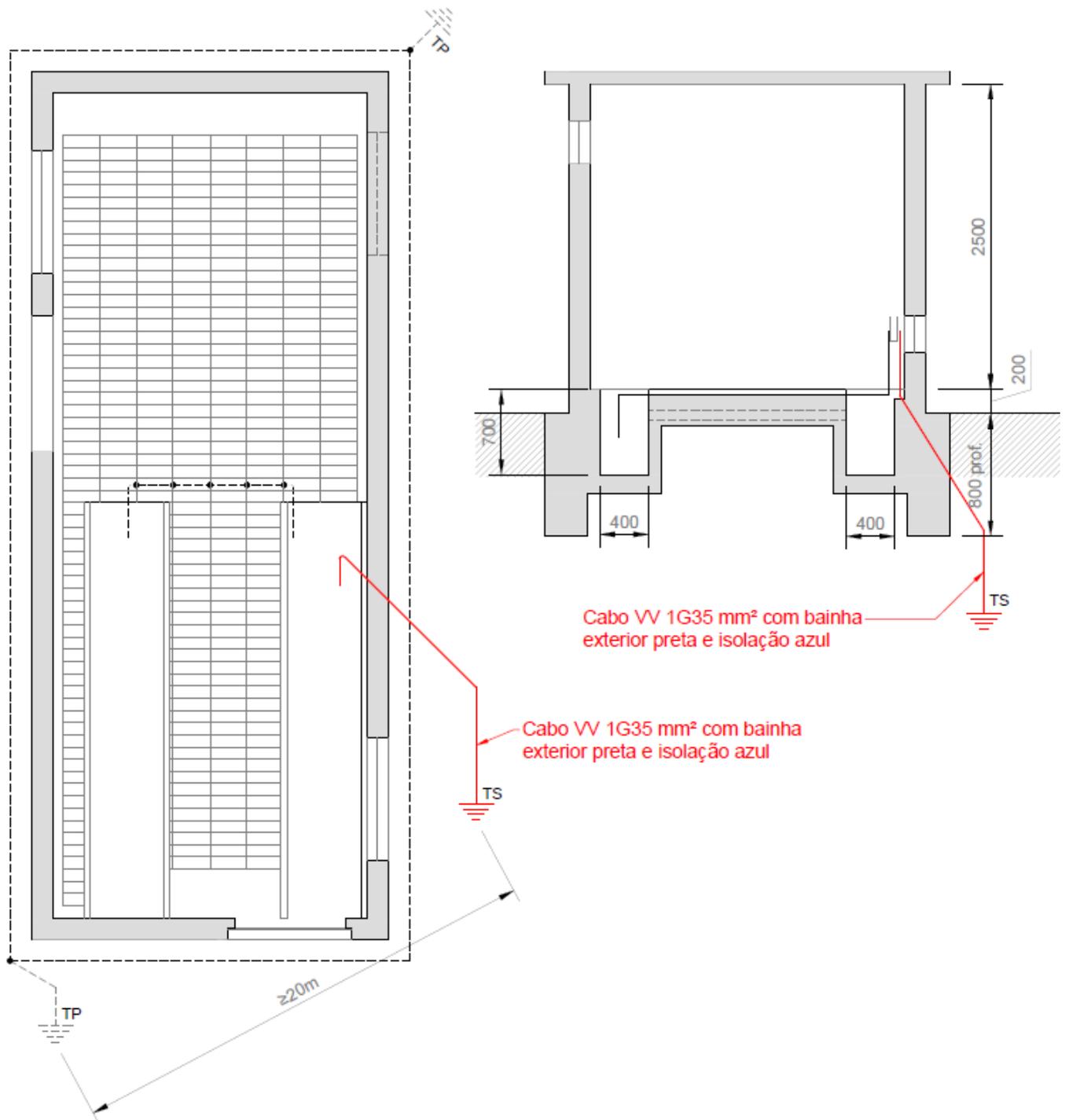


Fig. 2C – PT tipo CB • Ligação do barramento de neutro do QGBT aos elétrodos da terra de serviço

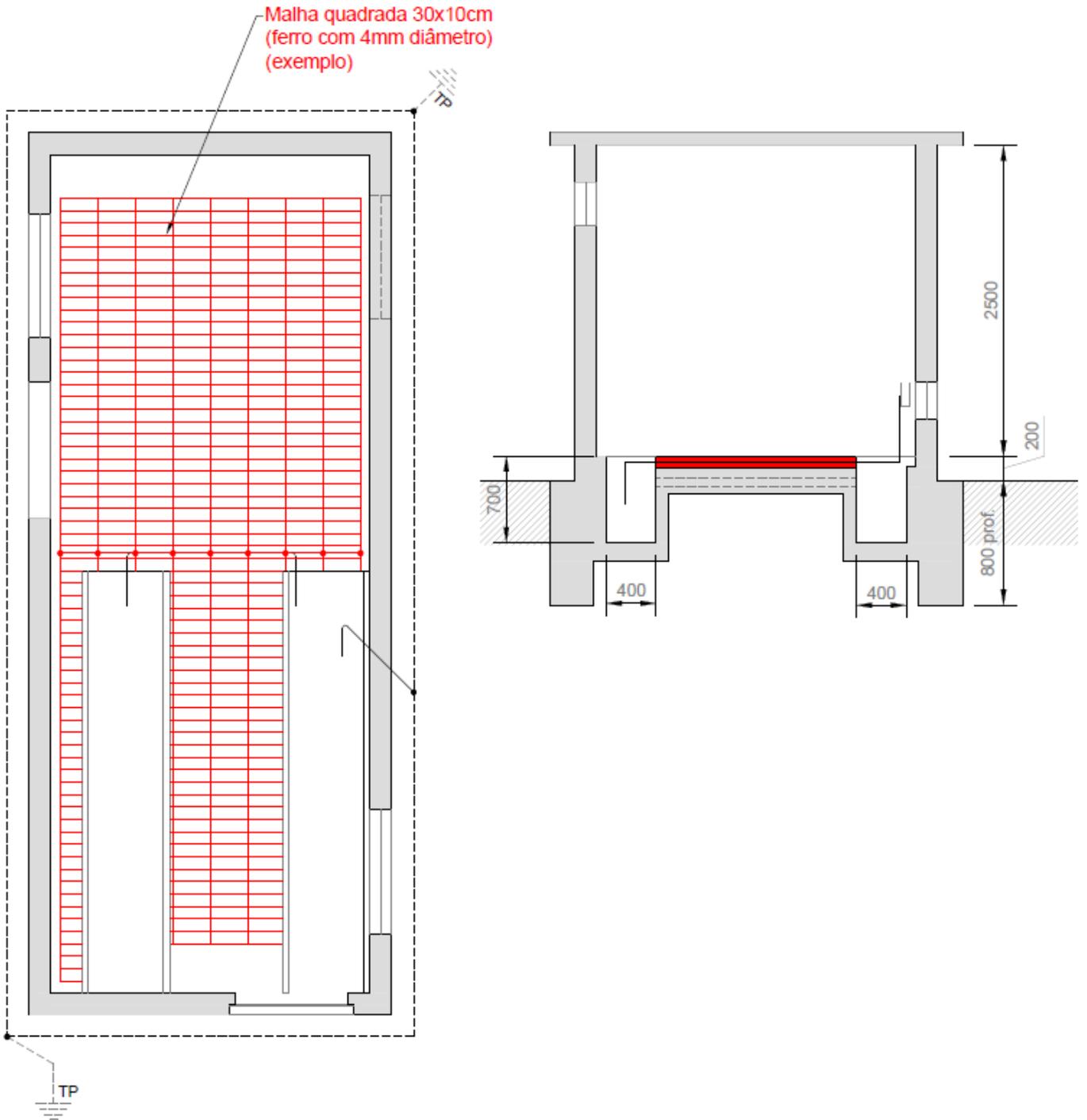


Fig. 3C – PT tipo CB • Ligação da malha equipotencial à terra de proteção

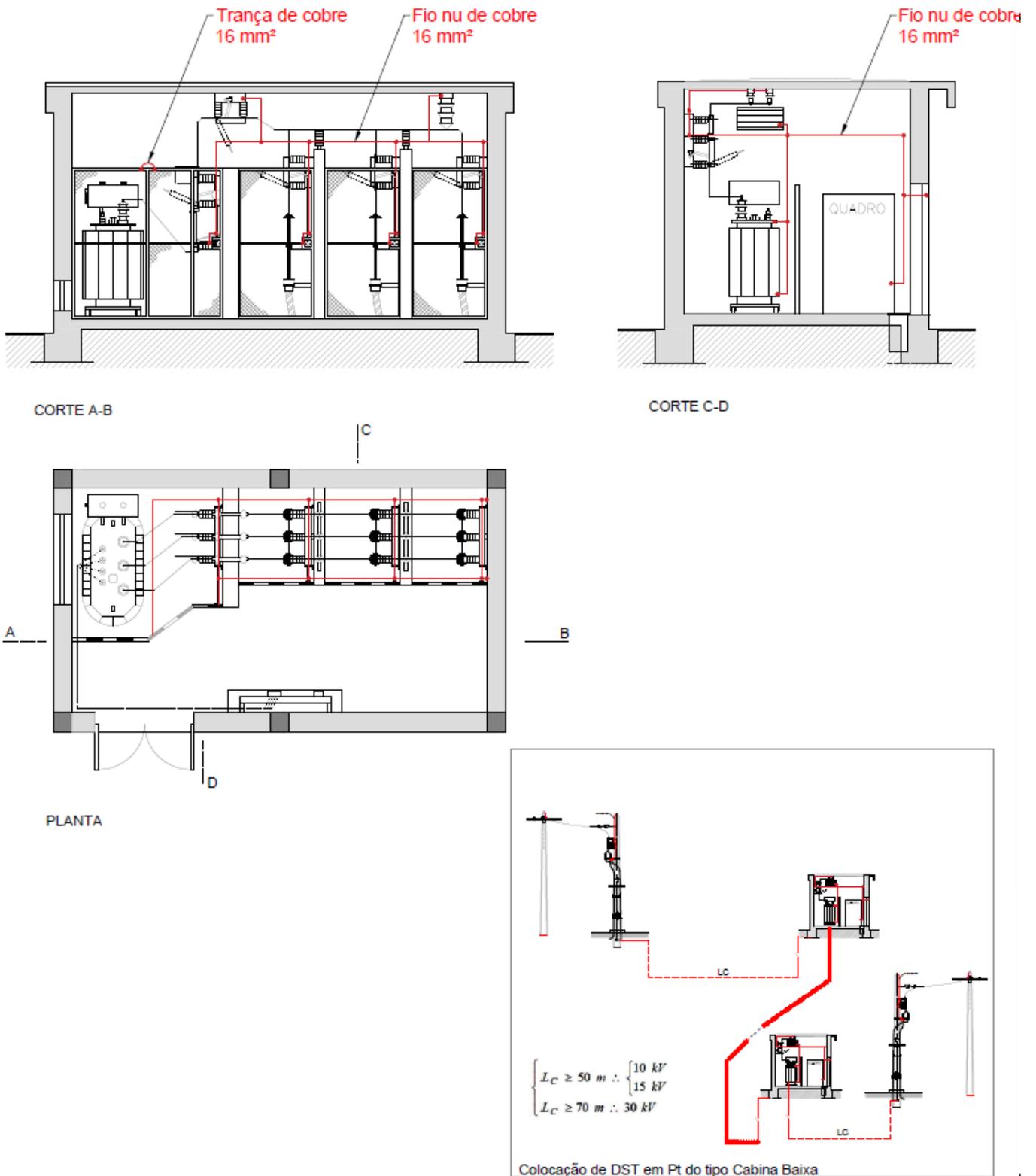


Fig. 4C – PT tipo CB • Ligação das massas metálicas à terra de proteção

ANEXO D
DESENHOS - REDES DE BAIXA TENSÃO

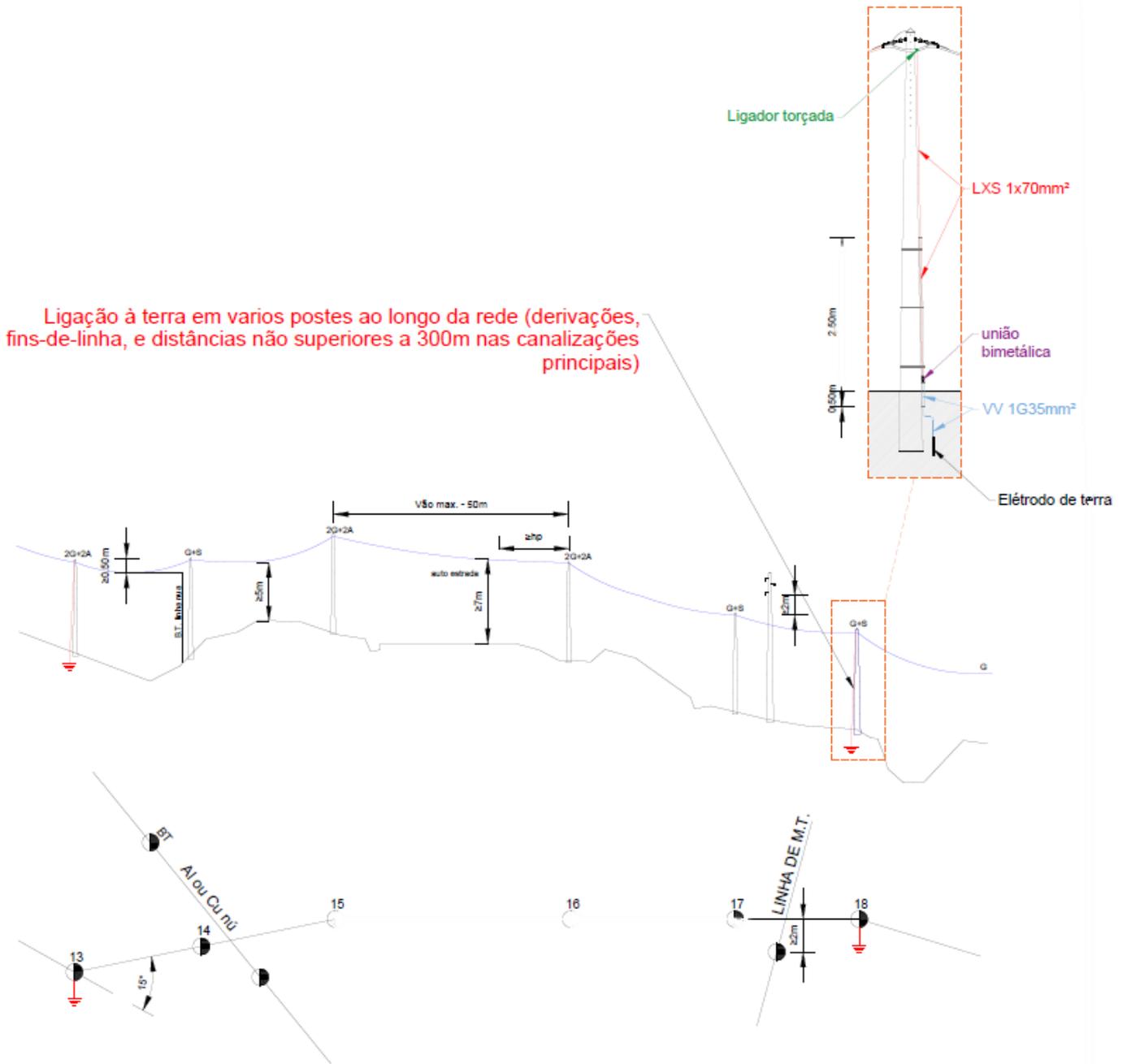


Fig. 1D – RABT • Ligação do neutro à terra

CASO GERAL
(PT com terra de serviço + terra de proteção)

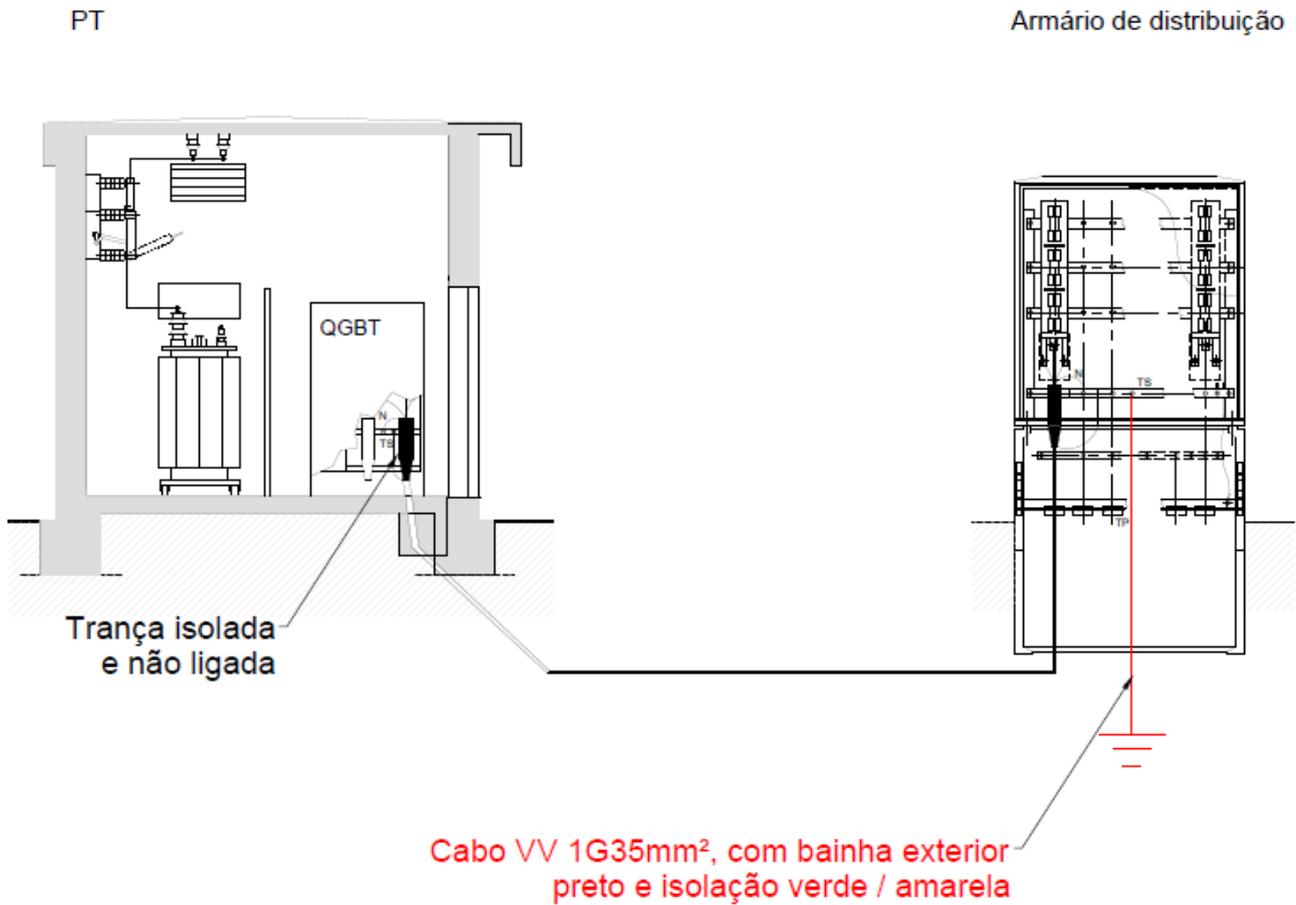
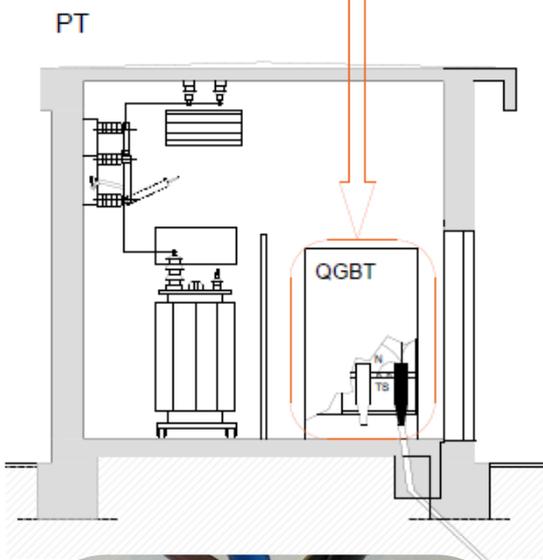
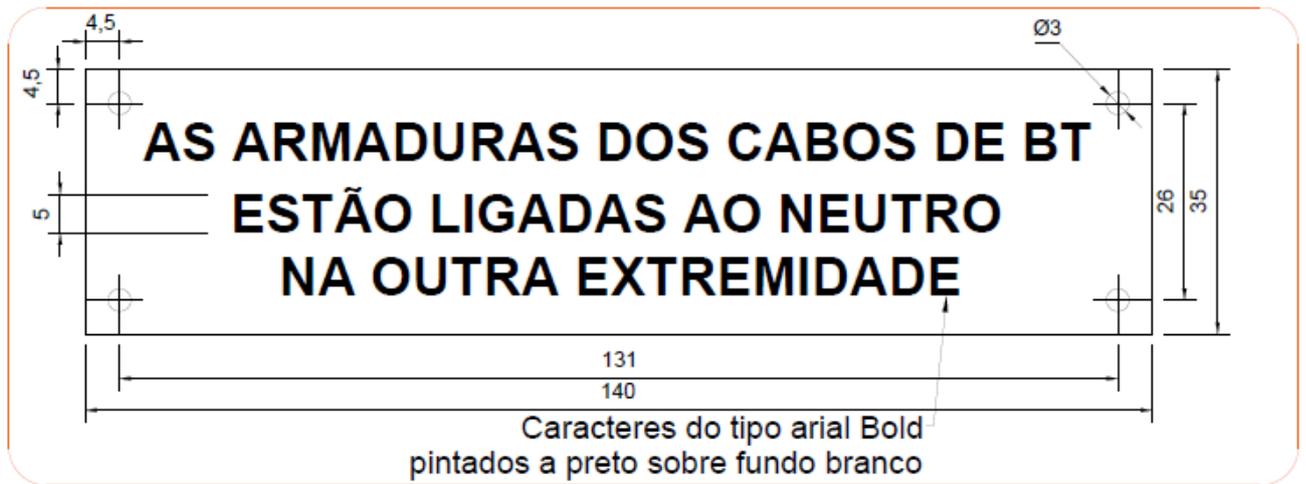


Fig. 2D – RSBT • Ligação do barramento de neutro do armário à terra (caso geral)

CASO GERAL
(PT com terra de serviço + terra de proteção)



Armário de distribuição

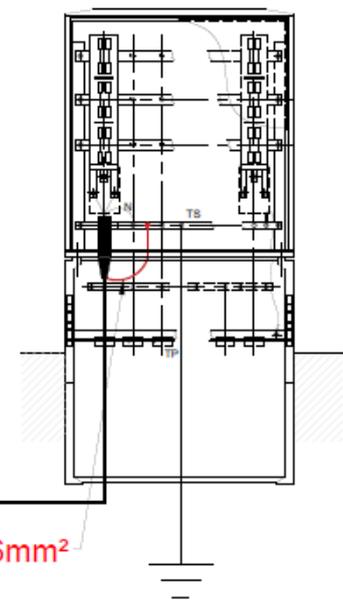


Fig. 3D - RSBT • Ligação das terminações à terra + ponta pesquisa/ensaios (caso geral)

CASO GERAL
e casos particulares (PT dotados de terra única)

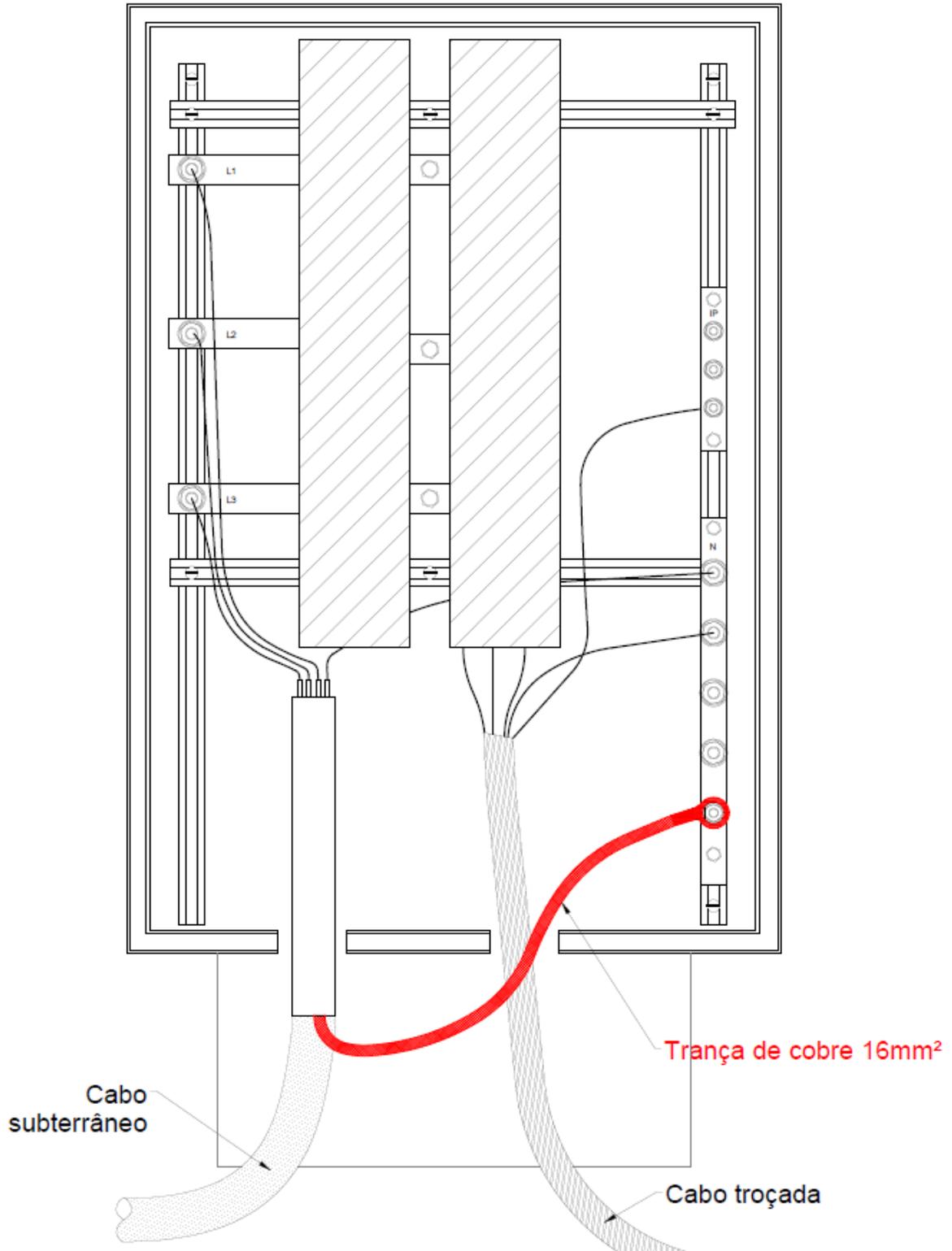


Fig. 4D – RSBT/RABT • Ligação das terminações à terra em transições aéreo-subterrâneas

CASO PARTICULAR
(PT com terra única)

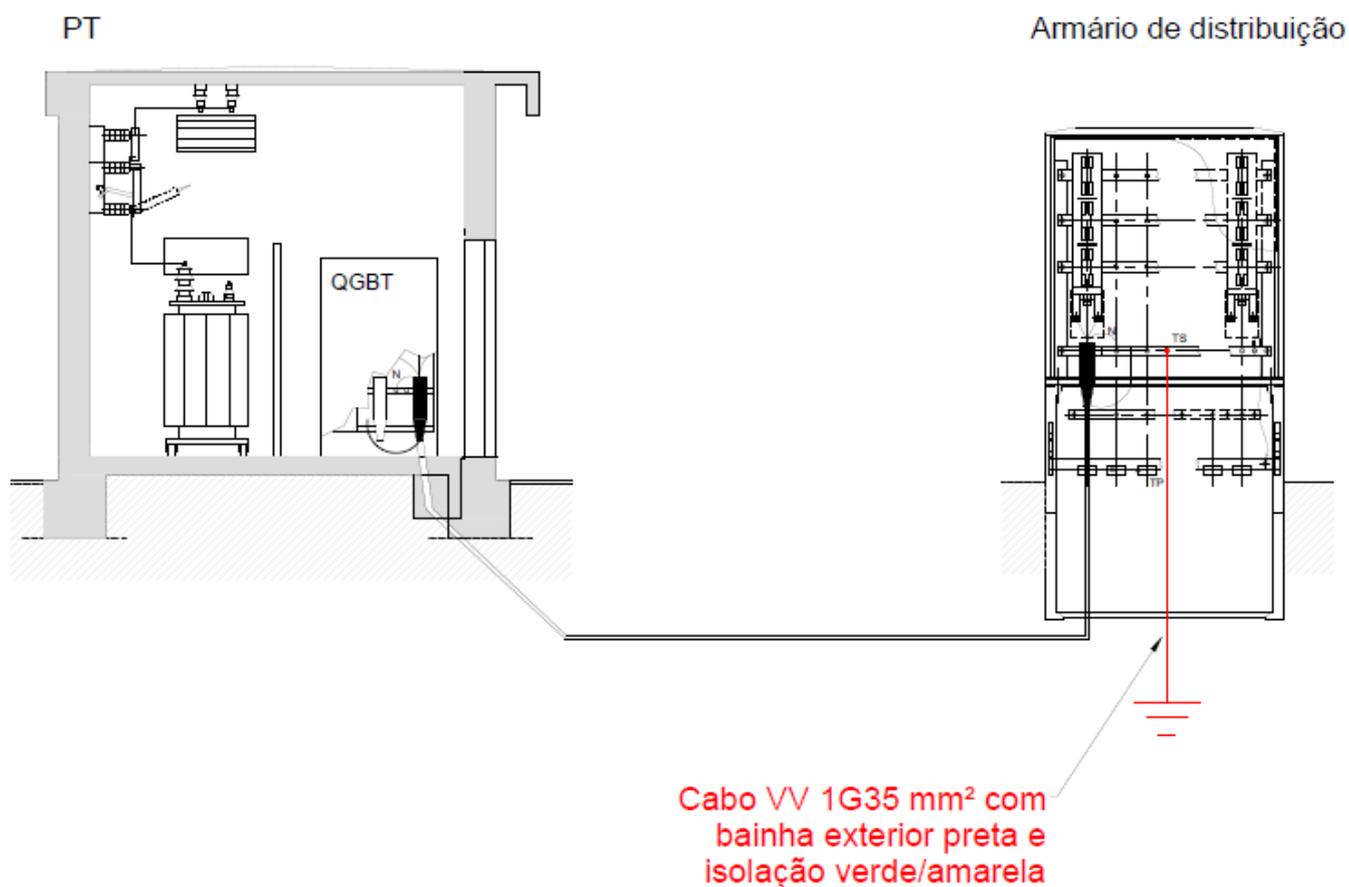


Fig. 5D – RSBT • Ligação de barramento de neutro do armário à terra (caso particular)

CASO PARTICULAR
(PT com terra única)

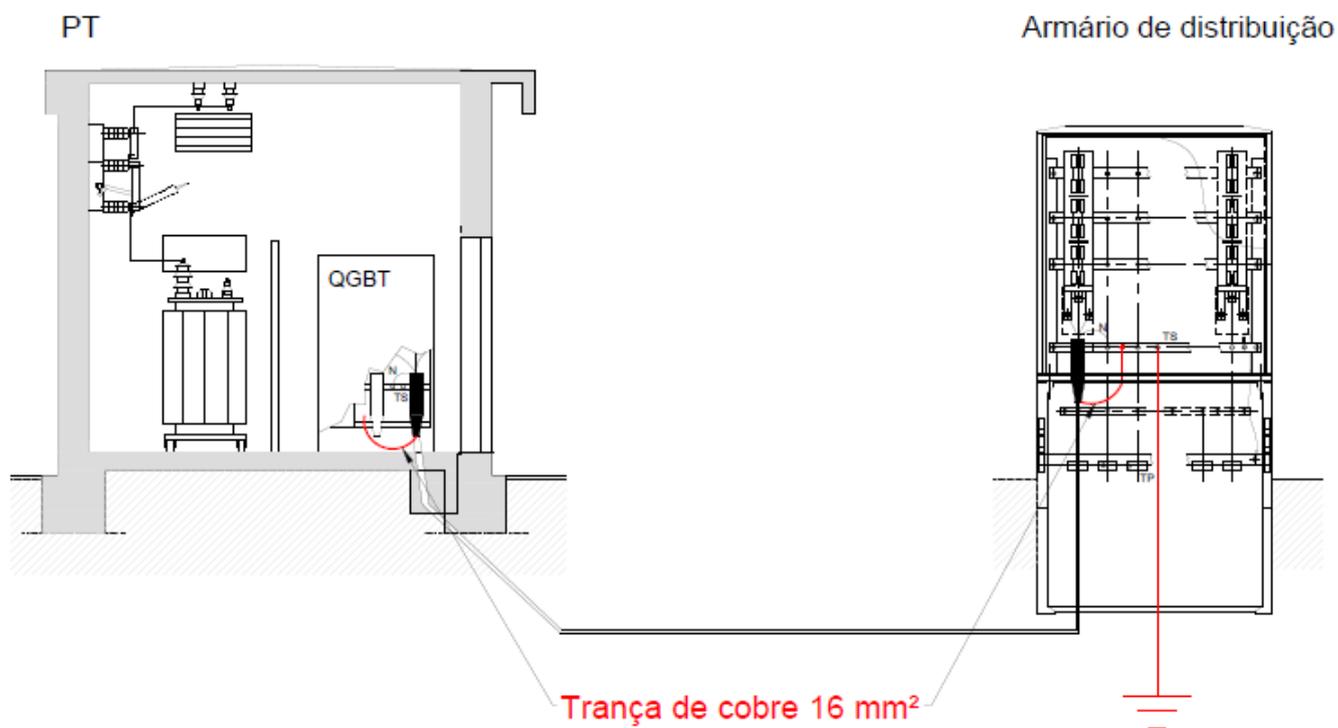
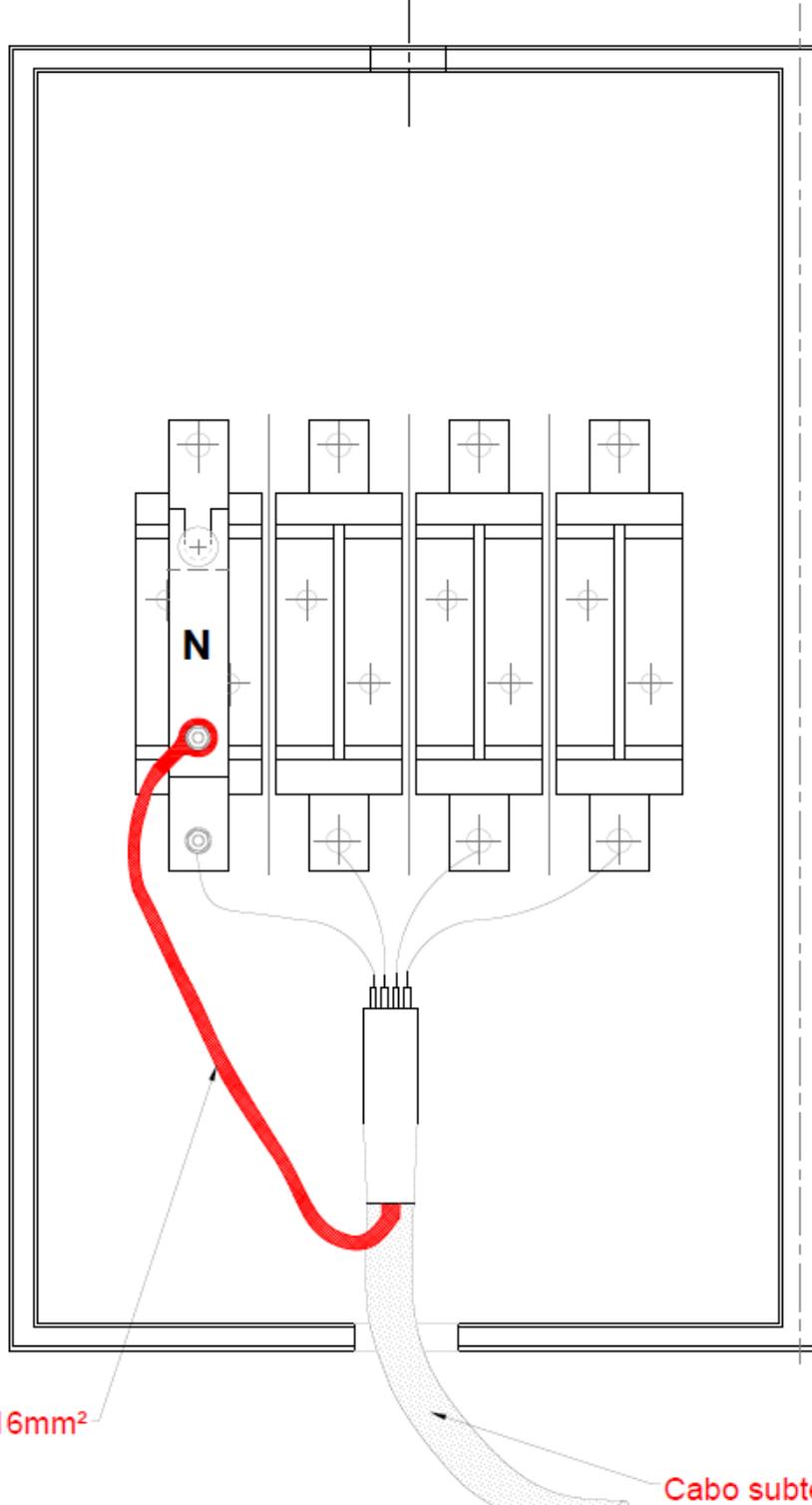


Fig. 6D – RSBT • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos à terra (caso particular)

ANEXO E
DESENHOS - RAMAIS AÉREOS E SUBTERRÂNEOS BT

CASO GERAL
e casos particulares apenas em transições
aéreo-subterrâneas



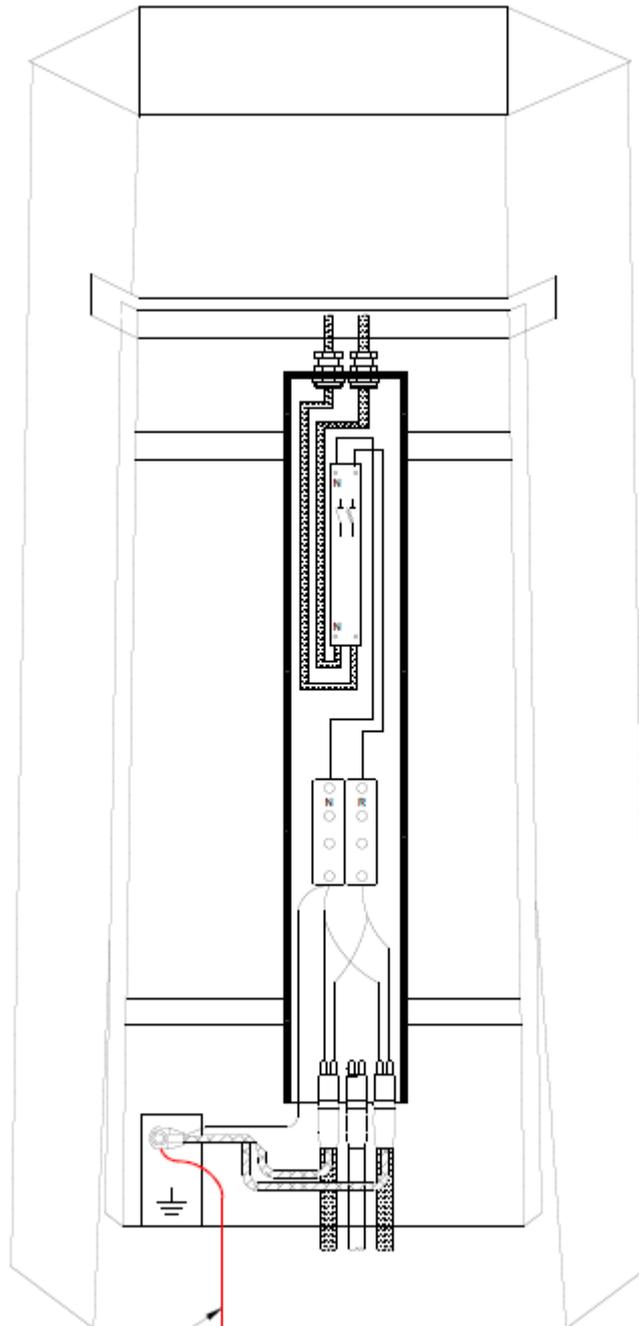
Trança de cobre 16mm²

Cabo subterrâneo

Fig. 1E – Ramais BT • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos ao barramento de neutro

ANEXO F
DESENHOS - REDES SUBTERRÂNEAS DE IP

Aplicável em todos os casos



**Cabo VV 1G35 mm², com
bainha exterior preta e
isolação verde/amarela**

Fig. 1F – RSIP • Ligação do terminal do fuste da coluna aos elétrodos de terra

Aplicável em todos os casos

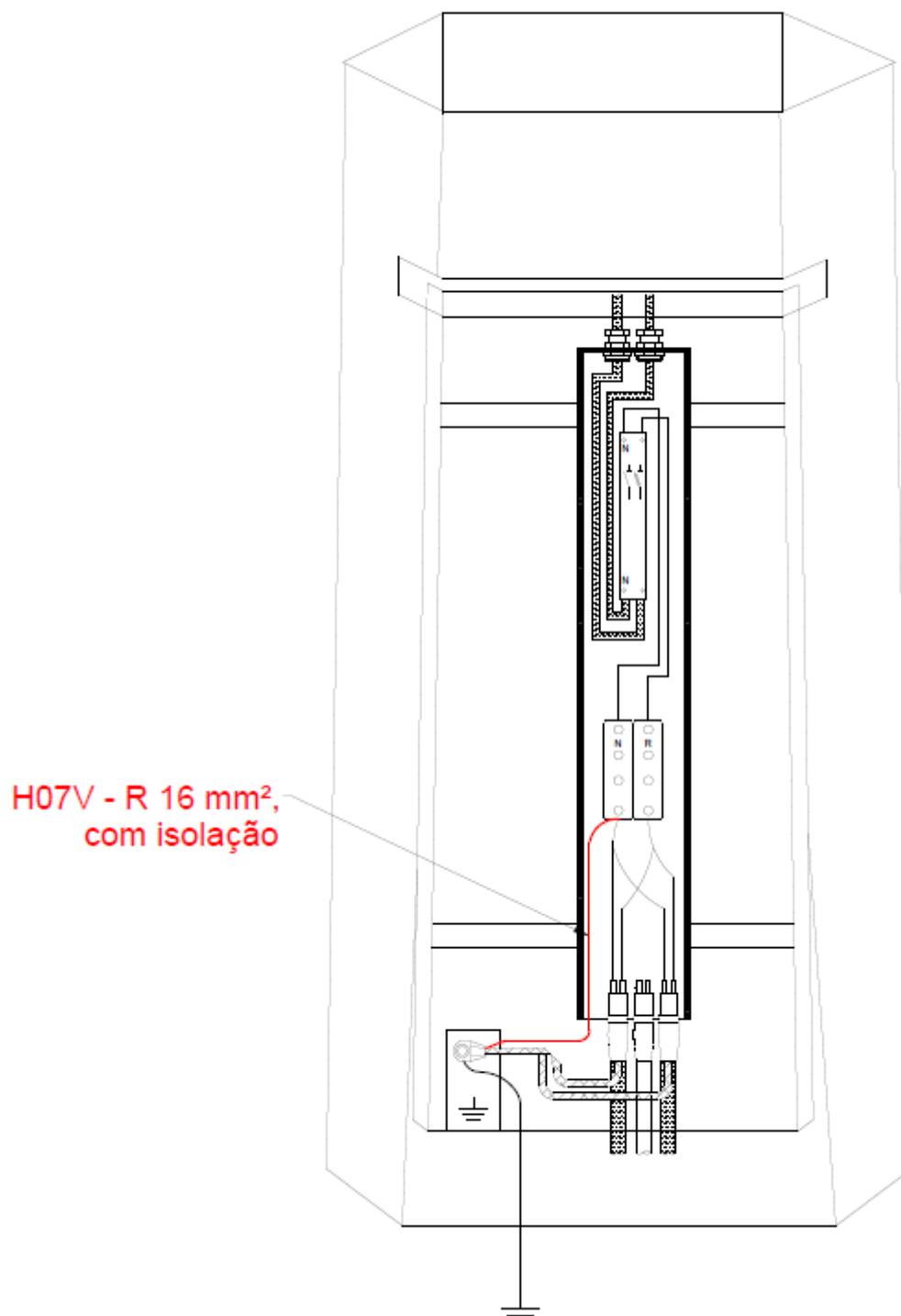


Fig. 2F – RSIP • Ligação do borne de neutro do Quadro IP ao terminal do fuste da coluna

Aplicável em todos os casos

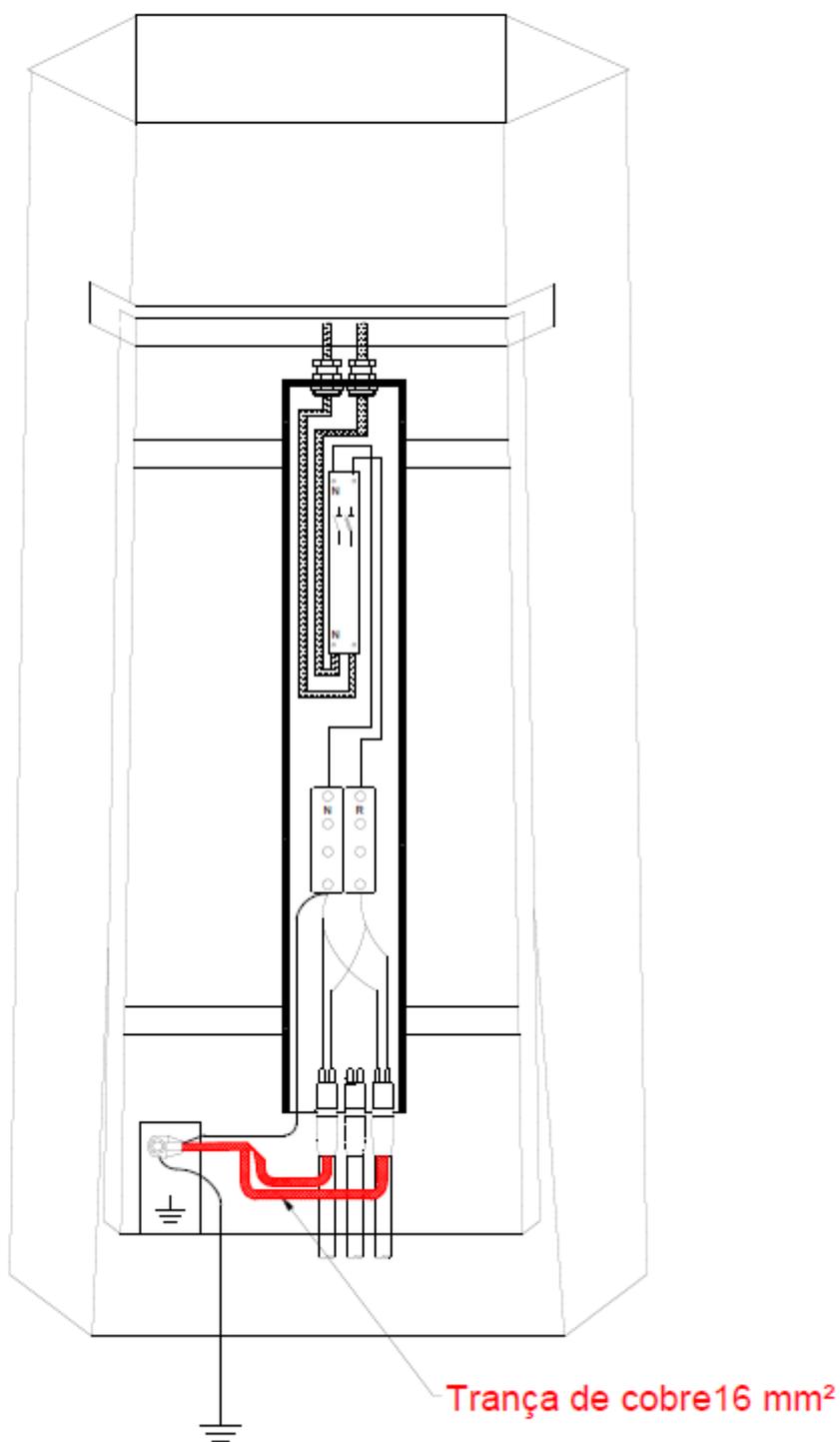
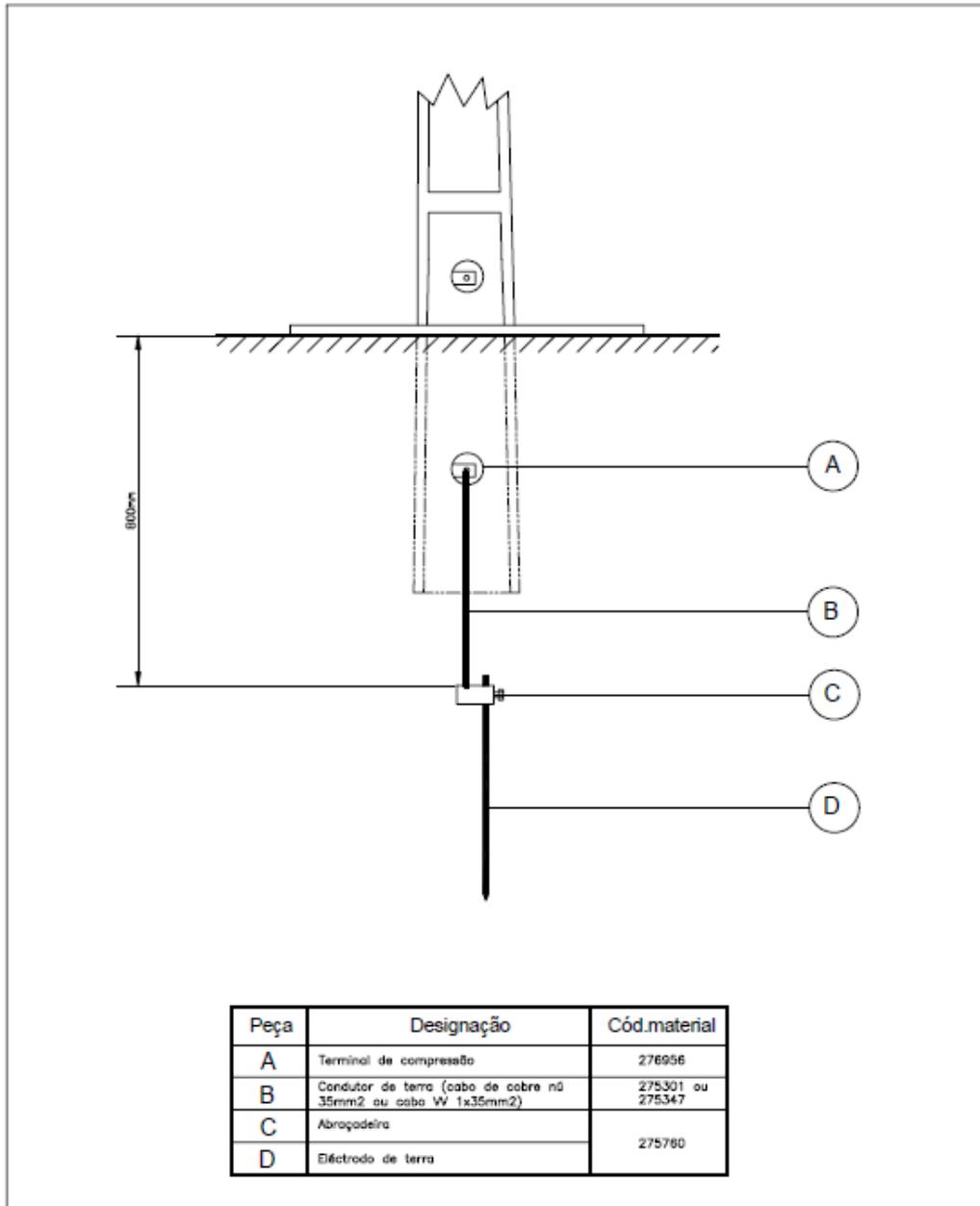


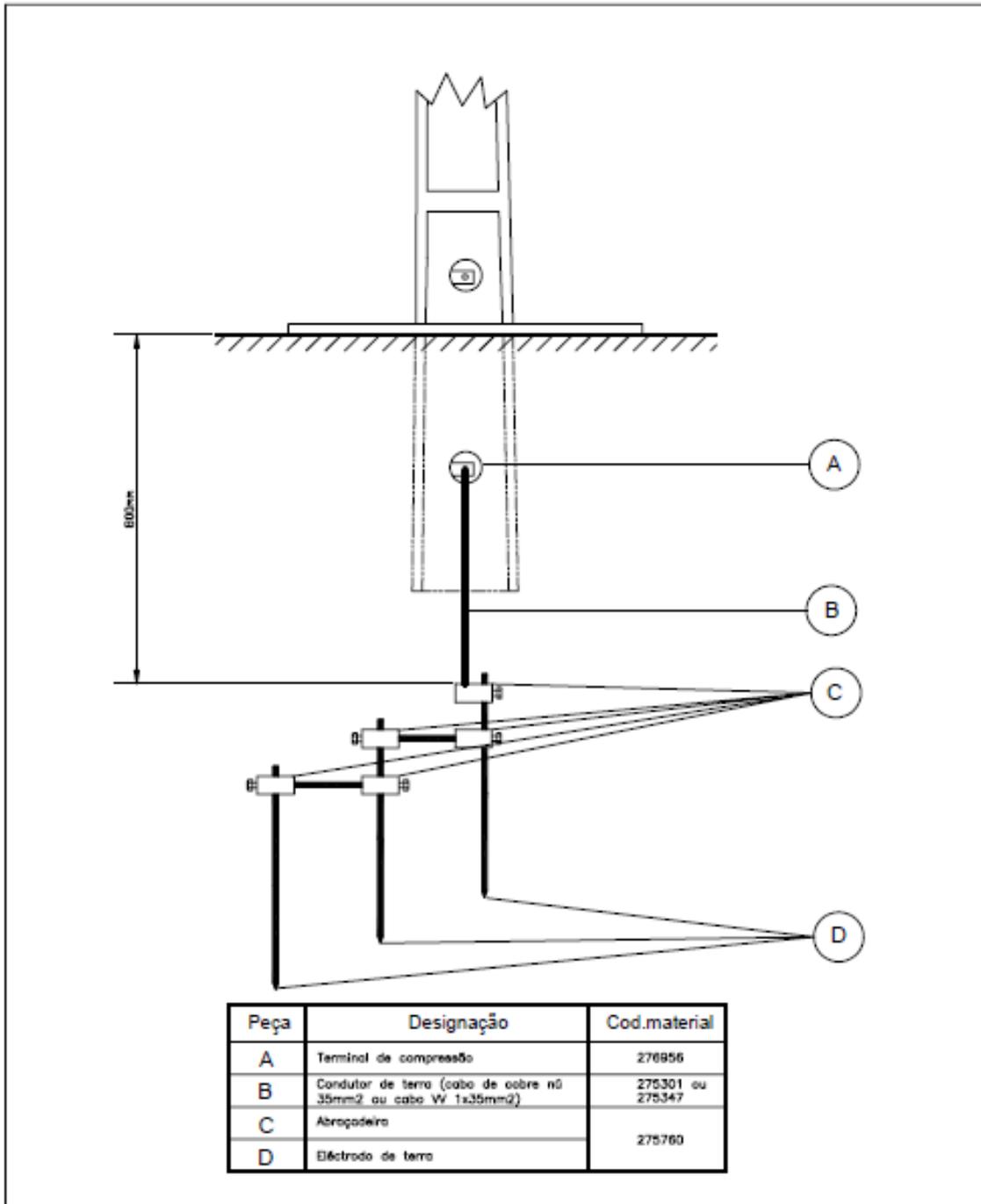
Fig. 3F – RSIP • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos ao terminal do fuste da coluna

ANEXO G
DESENHOS DE INSTALAÇÃO DE ELÉTRODOS DE TERRA

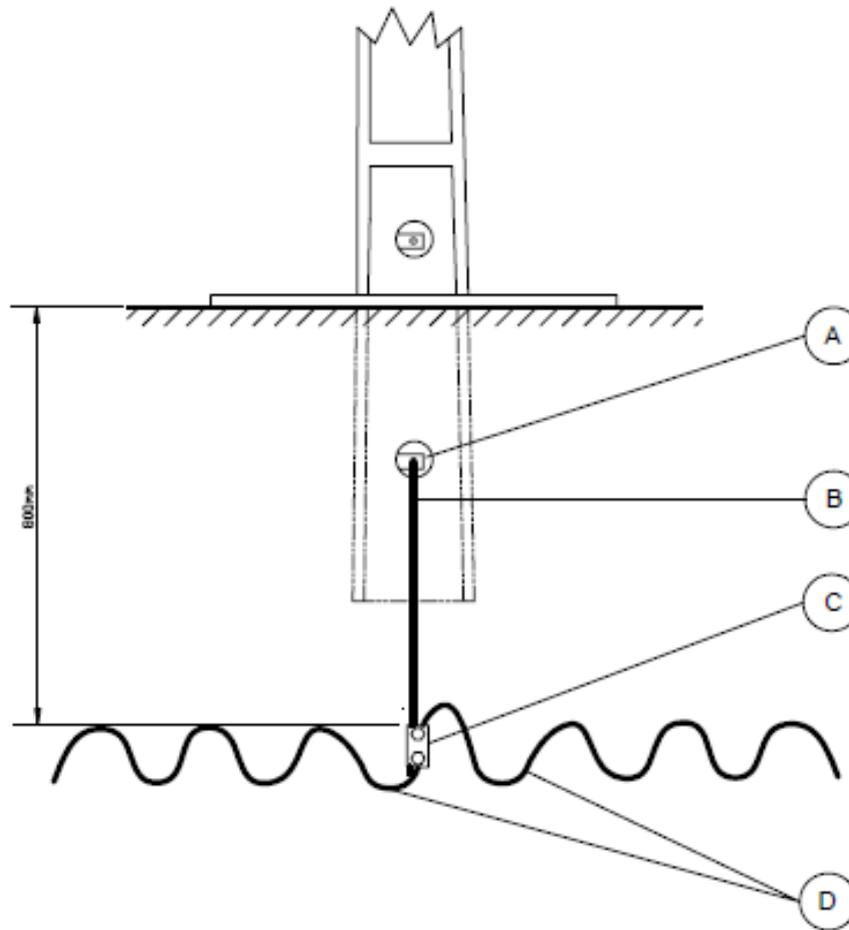


Peça	Designação	Cód.material
A	Terminal de compressão	276956
B	Condutor de terra (cabo de cobre nº 35mm ² ou cabo W 1x35mm ²)	275301 ou 275347
C	Abraçadeira	275780
D	Eléctrodo de terra	

					PROJ.			
					COP./ALT.			
					DES.	26-04-2005	José Barrol	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4	INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - VARETA SIMPLES -						
	ESCALA							
	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2	DESENHO N° C65-016-2005	ÍNDICE				

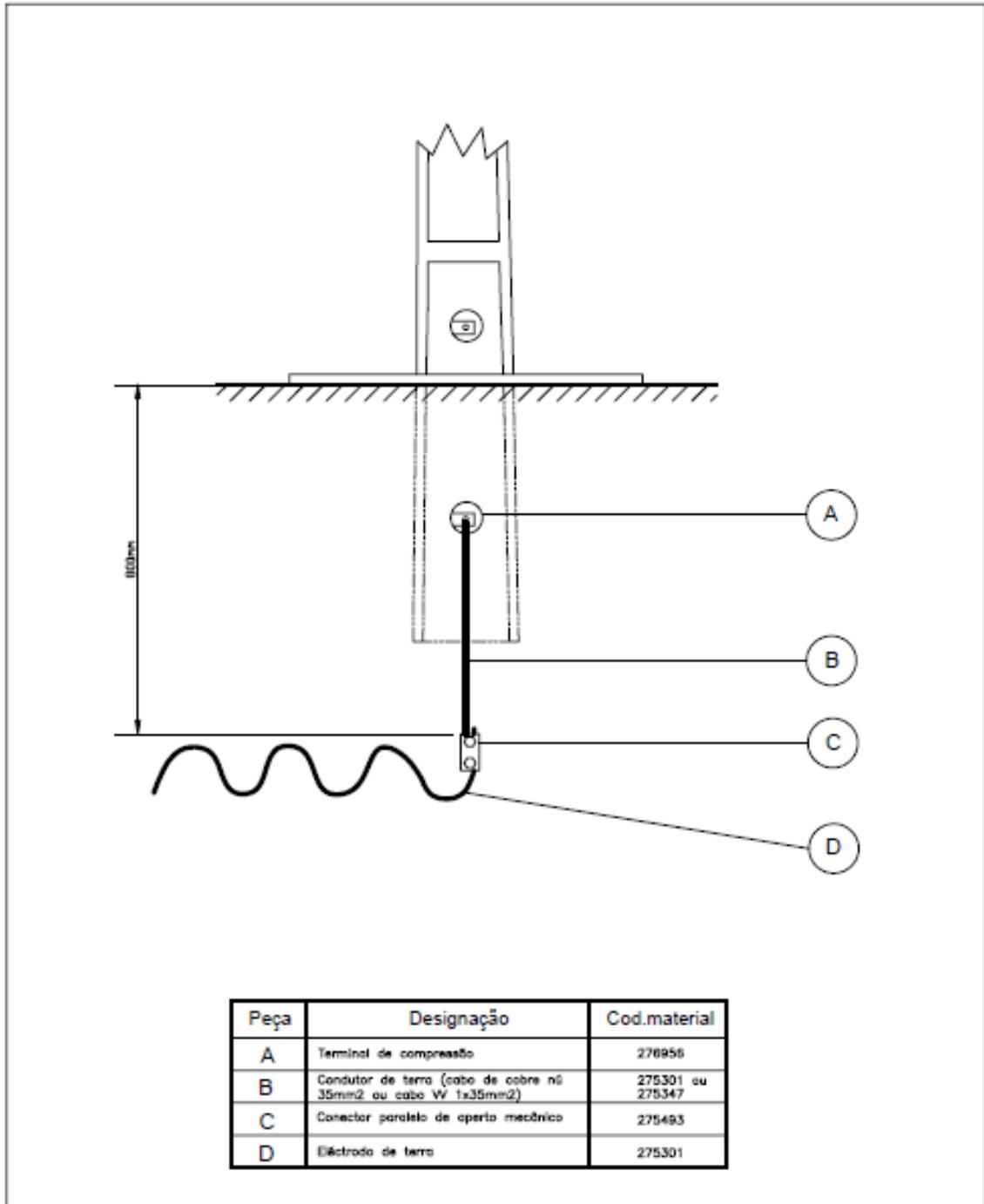


					PROJ.			
					COP./ALT.			
					DES.	28-04-2005	João Barrol	
					VERIF.			
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4	<p style="text-align: center;">INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - VARETAS EM PARALELO -</p>						
	ESCALA							
	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2	DESENHO Nº C65-017-2005	INDICE				

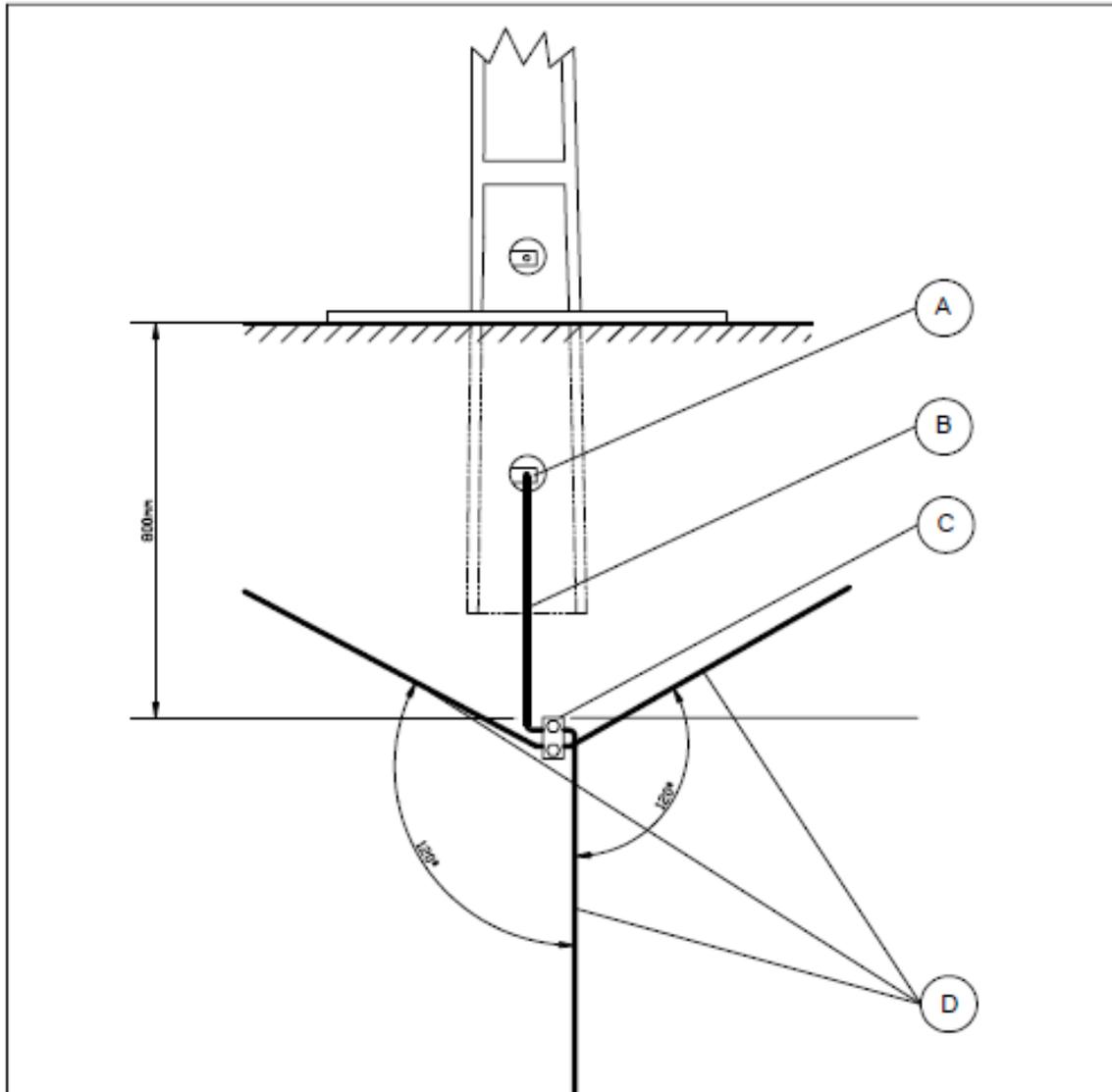


Peça	Designação	Cód.material
A	Terminal de compressão	276956
B	Condutor de terra (cabo de cobre nº 35mm ² ou cabo W 1x35mm ²)	275301 ou 275347
C	Conector paralelo de aperto mecânico	275493
D	Eléctrodo de terra	275301

					PROJ.			
					COP./ALT.			
					DES.	26-04-2005	José Barrol	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	VERIF.	DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4	<p style="text-align: center;">INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - SERPENTINA DUPLA -</p>						
	ESCALA							
	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2	DESENHO Nº C65-018-2005	ÍNDICE				

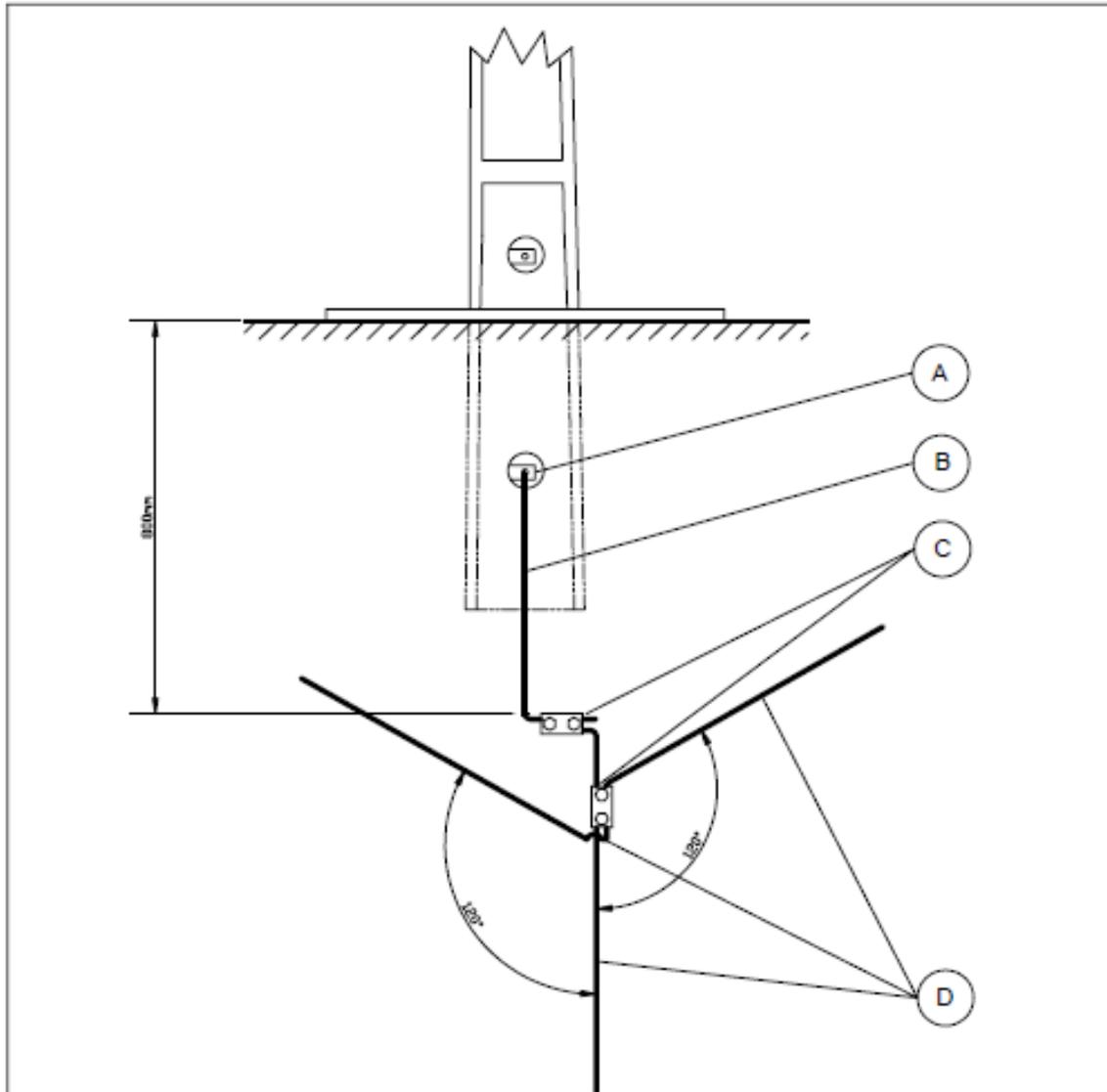


				PROJ.			
				DDP./ALT.			
				DES.	26-04-2005	José Barrai	
				VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA
	FORMATO A4						
	ESCALA	INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - SERPENTINA SIMPLES -					
	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2		DESENHO Nº C65-019-2005		ÍNDICE	



Peça	Designação	Cód.material
A	Terminal de compressão	276956
B	Condutor de terra (cabo de cobre n.º 35mm ²)	275301
C	Conector paralelo de aperto mecânico	275493
D	Eléctrodo de terra	275301

					PROJ.			
					COP./ALT.			
					DES.	25-04-2005	José Barrol	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - CONFIGURAÇÃO EM ESTRELA -						
	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2	DESENHO N.º C65-020-2005	ÍNDICE				



Peça	Designação	Cód.material
A	Terminal de compressão	276956
B	Condutor de terra (cabo cabo W 1x35mm ²)	275347
C	Conector paralelo de aperto mecânico	275493
D	Eléctrodo de terra	275301

					PROL.		
					COP./ALT.		
					DES.	24-04-2005	José Barros
					VERIF.		
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA
	FORMATO A4						
	ESCALA	INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - CONFIGURAÇÃO EM ESTRELA -					
	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2		DESENHO Nº C65-021-2005		ÍNDICE	

ANEXO H
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E DIMENSIONAIS DE ELÉTRODOS DE TERRA**Quadro H.1**

Tipos mais correntes de elérodos de terra e respetivas dimensões mínimas
(cf. Norma EN 50522 E EN IEC 61936-1)

Tipo de eléctrodo	Material constituinte	Diâmetro exterior (mm)	Secção (mm ²)	Diâmetro dos fios constituintes (mm)
Cabo nu ^(*)	Condutores de cobre (maciço)		25	
	Condutores de aço galvanizado (maciço)	10		
	Condutores de cobre (multifilares)		25	1,8
Vareta ^(**)	Aço revestido a cobre (maciço)	14,2/15		
	Aço galvanizado (maciço)	16		

^(*) Em diferentes tipos de configuração: serpentina, estrela ou anel.
^(**) Comprimento mínimo de 2 m, em configuração simples ou em paralelo.

ANEXO I
VALORES MÉDIOS DE RESISTIVIDADES DE ALGUNS SOLOS E MATERIAIS

Conforme tabela K1, anexo K da norma EN 50522 e EN IEC 61936-1.

Tipo de solo	Resistividade do solo, ρ_e (Ωm)
Pântano	5 a 40
Barro, húmus	20 a 200
Areia	200 a 2 500
Cascalho, arenito, grés	500 a 3 000
Granito compacto	10 000 a 50 000

ANEXO J
DESCRIÇÃO DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ELÉTRODOS DE TERRA

J.1 Eléttrodo de terra em serpentina

J.1.1 Serpentina simples

Serpentina simples	Comprimento do condutor (m)	Comprimento da vala (m)	Largura da vala (m)	Profundidade da vala (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
Fig. 1	10	3	0,6	0,8	$R = 0,2 \rho$

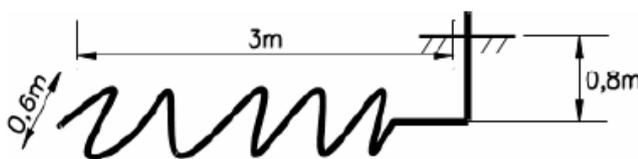


Figura 1

J.1.2 Serpentina dupla

Serpentina dupla	Comprimento do condutor (m)	Comprimento da vala (m)	Largura da vala (m)	Profundidade da vala (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
Fig. 2	20	6	0,6	0,8	$R = 0,15 \rho$

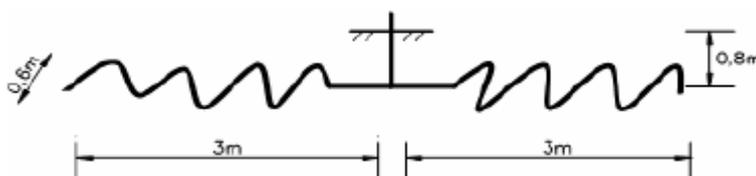


Figura 2

J.1.3 Serpentina dupla longa

Serpentina dupla longa	Comprimento do condutor (m)	Comprimento da vala (m)	Largura da vala (m)	Profundidade da vala (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
Fig. 3	30	10	0,6	0,8	$R = 0,08 \rho$

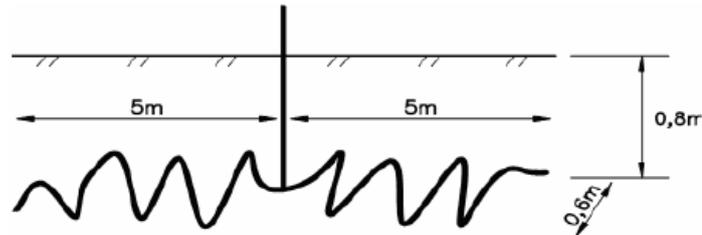


Figura 3

J.2 Eléctrodo de terra em estrela

Estrela (pata de ave)	Comprimento do condutor (m)	Comprimento da vala (m)	Largura da vala (m)	Profundidade da vala (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra
Fig. 1	30	3x10	(o mínimo possível)	0,8	$R = 0,06 \rho$

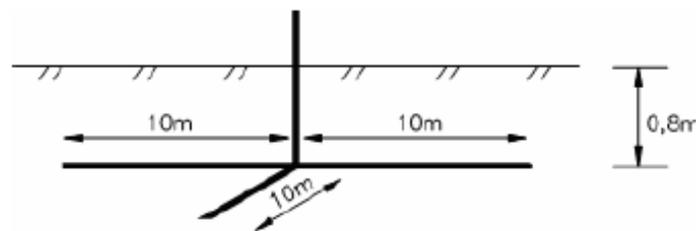


Figura 1

J.3 Elédrodo de terra com varetas em paralelo

J.3.1 Três elédrodos

Raio das varetas (m)	Nº de varetas	Comprimento das varetas (m)	Distância entre varetas (m)	Profundidade de enterramento (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
0,015	3	2	2,5	0,8	$R = 1/3(\rho/4\pi(\ln 8/r-1) + \rho/2\pi r(1/2+1/3))$

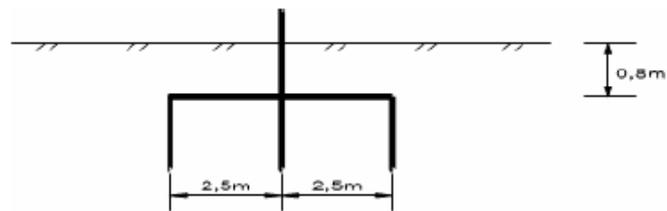


Figura 1

J.3.2 Cinco elédrodos

Raio das varetas (m)	Nº de varetas	Comprimento das varetas (m)	Distância entre varetas (m)	Profundidade de enterramento (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
0,015	5	2	2,5	0,8	$R = 1/5(\rho/4\pi(\ln 8/r-1) + \rho/2\pi r(1/2+1/3+1/4+1/5))$

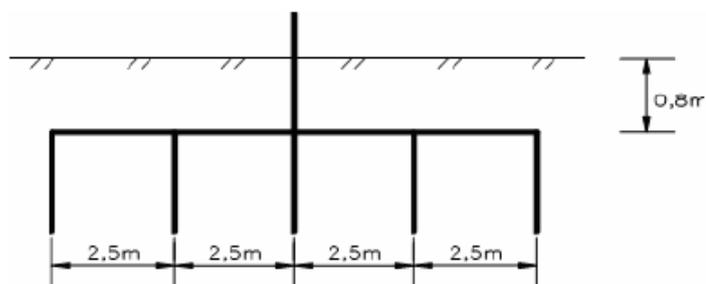


Figura 2

ANEXO K
TIPOS DE ELÉTRÓDOS

Quadro K.1

Eléctrodo vertical

(cf. Figura K2, anexo K da norma EN 50522 e EN IEC 61936-1 e norma HN 64-S-55)

Configuração do eléctrodo de terra	Resistividade do terreno ($\Omega \cdot m$)	Resistência de terra em baixa frequência (Ω)
Vareta simples (2 m)	50	25
	100	50
	200	100
	300	150
	500	---
	1 000	---
	>1 000	---
Vareta extensível (6 m)	50	10
	100	20
	200	40
	300	60
	500	100
	1 000	---
	>1 000	---
Varetas em paralelo (3 varetas de 2m, espaçadas de 2,5m) ^(*)	50	9
	100	19
	200	37
	300	56
	500	93
	1 000	186
	>1 000	---
Varetas em paralelo (5 varetas de 2m, espaçadas de 2,5m) ^(**)	50	6
	100	12
	200	25
	300	37
	500	62
	1 000	123
	>1 000	---

(*) Vala com 10 m de comprimento, com a largura mínima possível e 0,8 m de profundidade.
(**) A interligação dos eléctrodos será assegurada por cabo VV 1x35 mm².

Quadro K.2

Eléctrodo horizontal

(cf. Figura K1, anexo K da norma EN 50522 e EN IEC 61936-1 e norma HN 64-S-55)

Configuração do eléctrodo de terra	Resistividade do terreno ($\Omega.m$)	Resistência de terra em baixa frequência (Ω)
Serpentina simples (10 m)	50	10
	100	20
	200	40
	300	60
	500	100
	1 000	---
	>1 000	---
Serpentina dupla (20 m)	50	7,5
	100	15
	200	30
	300	45
	500	75
	1 000	150
	>1 000	---
Serpentina dupla longa (30 m)	50	4
	100	8
	200	16
	300	24
	500	40
	1000	80
	>1 000	---
Estrela (3x10 m)	50	3
	100	6
	200	12
	300	18
	500	30
	750	45
	1 000	60
>1 000	---	