



PREFEITURA MUNICIPAL
DE BELO HORIZONTE



SUDECAP
SUPERINTENDÊNCIA DE
DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL

Prefeitura Municipal de Belo
Horizonte - PMBH

Secretaria Municipal de Obras e
Infraestrutura - SMOBI

Superintendência de
Desenvolvimento da Capital -
SUDECAP

Diretoria de Planejamento e
Controle de Empreendimentos -
DPLC-SD

Departamento de Informações e
Procedimentos Técnicos - DPIT-
SD

Gerência de Normas e Padrões
Técnicos - GENPA-SD

CADERNO DE ENCARGOS SUDECAP

Este documento faz parte do
Caderno de Encargos SUDECAP
disponível no Portal PBH.

São reservados à Prefeitura
Municipal de Belo Horizonte todos
os direitos autorais. Desde que o
documento seja referenciado, é
permitida a reprodução do seu
conteúdo. A violação dos direitos
autorais sujeita os responsáveis às
sanções cíveis, administrativas e
criminais previstas da legislação.

CAPÍTULO 11

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E ELETRÔNICAS

PUBLICAÇÃO 4ª EDIÇÃO: 10/09/2019

VERSÃO ATUALIZADA: 10/08/2022

SUMÁRIO

11	ELÉTRICAS E ELETRÔNICAS	2
11.1	OBJETIVO	2
11.2	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL, NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES.....	2
11.3	DEFINIÇÕES GERAIS	4
11.4	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	5
11.5	ILUMINAÇÃO.....	19
11.6	PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	21
11.7	CABEAMENTO ESTRUTURADO E TELECOMUNICAÇÕES. 32	
11.8	DETALHES CONSTRUTIVOS SPDA	37
11.9	DETALHES CONSTRUTIVOS CABEAMENTO ESTRUTURADO E TELECOMUNICAÇÕES.....	42
11.10	REFERÊNCIAS	43



11 ELÉTRICAS E ELETRÔNICAS

11.1 OBJETIVO

Este capítulo do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo estabelecer diretrizes para a execução de serviços de instalações elétricas, telefônicas, cabeamento estruturado e proteção de descargas atmosféricas visando o alcance de resultado final técnico e em conformidade com as normas pertinentes.

11.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL, NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES

ANSI/TIA/EIA 568-A

ANSI/TIA/EIA 569-A

CBMMG INSTRUÇÃO TÉCNICA N. 13 - Iluminação de Emergência

CBMMG INSTRUÇÃO TÉCNICA N. 14 - Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio

Instruções e resoluções dos órgãos do sistema CREA-CONFEA

Manual do consumidor nº 11 - Materiais padronizados CEMIG

NBR 5101/18 - Iluminação pública - Procedimento

NBR 5349/97 - Cabos nus de cobre mole para fins elétricos - Especificação

NBR 5356/07 - Transformadores de potência - Parte 1 - Generalidades

NBR 5356/07 - Transformadores de potência - Parte 2 - Aquecimento

NBR 5356/07 - Transformadores de potência - Parte 3 - Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar

NBR 5356/07 - Transformadores de potência - Parte 4 - Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores

NBR 5356/15 - Transformadores de potência - Parte 5 - Capacidade de resistir a curtos-circuitos

NBR 5410/04 - Instalações elétricas de baixa tensão

NBR 5419/15 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 1 - Princípios gerais

NBR 5419/15 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 2 - Gerenciamento de risco

NBR 5419/15 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 3 - Danos físicos a estruturas e perigos à vida

NBR 5419/15 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 4 - Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura

NBR 5431/08 - Caixas e invólucros para acessórios elétricos para instalações elétricas fixas domésticas e análogas - Dimensões

NBR 5461/91 - Iluminação

NBR 5624/11 - Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca - Requisitos

NBR 6323/16 - Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação

NBR 6855/2021 - Transformador de potencial indutivo com isolamento sólida para tensão máxima igual ou inferior a 52 kV - Especificação e ensaios

NBR 6856/21 - Transformador de corrente com isolamento sólida para tensão máxima igual ou inferior a 52 kV - especificação e ensaios

NBR 7117/20 - Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos - Parte 1 - Medição de resistividade e modelagem geoeletrica

NBR 7285/16 - Cabos de potência com isolamento extrudada de polietileno termofixo (XLPE) para tensão de 0,6/1 kV - sem cobertura - requisitos de desempenho

NBR 8133/10 - Rosca para tubos onde a vedação não é feita pela rosca - Designação, dimensões e tolerâncias

NBR 8528/14 - Grupos geradores de corrente alternada acionados por motores alternativos de combustão interna



- NBR 9513/10 - Emendas para cabos de potência isolados para tensões até 750 V - Requisitos e métodos de ensaio
- NBR 10067/21 - Princípios gerais de representação em desenho técnico - Procedimento
- NBR 10068/20 - Folha de desenho - Leitura e dimensões
- NBR 10126/87 - Contagem em desenho técnico - Procedimento
- NBR 10582/20 - Apresentação da folha para desenho técnico - Procedimento
- NBR 10898/13 - Sistema de Iluminação de emergência
- NBR 10899/20 - Energia solar fotovoltaica - Terminologia
- NBR 13231/15 - Proteção contra incêndio em subestações elétricas
- NBR 13534/08 - Instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde
- NBR 13570/21 - Instalações elétricas em locais de afluência de público - Requisitos específicos
- NBR 13571/96 - Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios - Especificação
- NBR 14039/21 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV
- NBR 14136/13 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada - Padronização
- NBR 14565/19 - Cabeamento de telecomunicações para edifícios comerciais
- NBR 14936/12 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo - Adaptadores - Requisitos específicos
- NBR 15465/20 - Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão Requisitos de desempenho
- NBR 16149/13 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição
- NBR 16150/13 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características de interface de conexão com a rede elétrica de distribuição - Procedimentos de ensaio de conformidade
- NBR 16274/14 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho
- NBR 16384/20 - 2020 - Segurança em eletricidade - Recomendações e orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade
- NBR 16415/21 - Caminhos e espaços para cabeamento estruturado
- NBR 16690/19 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto
- NBR 16869/20 - Cabeamento estruturado - Parte 1 - Requisitos para planejamento
- NBR IEC 60439-1/20 - Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 1: Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA)
- NBR IEC 60670-1/14 - Caixas e invólucros para acessórios elétricos para instalações elétricas fixas domésticas e análogos - Parte 1: Requisitos gerais
- NBR IEC 62271-102/06 - Equipamentos de alta-tensão - Parte 102: Seccionadores e chaves de aterramento
- NBR ISO 9001/15 - Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos
- NBR ISO/CIE 8995/13 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1 - Interior
- NBR NM 247/02 - Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750V, inclusive - Parte 3: Condutores isolados (sem cobertura) para instalações fixas
- NBR NM 280/11 - Condutores de cabos isolados (IEC 60228, MOD)
- NBR NM 60884/10 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo - Parte 1: Requisitos gerais
- ND-5.1 - CEMIG - Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária - Rede de distribuição aérea - Edificações individuais
- ND-5.2 - CEMIG - Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária - Rede de distribuição aérea -



Edificações coletivas

ND-5.3 - CEMIG - Fornecimento de energia elétrica em tensão primária 15 kV - Rede de distribuição aérea ou subterrânea

ND-5.5 - CEMIG - Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária - Rede de distribuição subterrânea

ND-5.30 - CEMIG - Requisitos para a conexão de acessantes ao sistema de distribuição Cemig D - Conexão em Baixa Tensão

ND- 5.31 - CEMIG - Requisitos para a conexão de acessantes ao sistema de distribuição Cemig D - Conexão em Média Tensão

Norma de Distribuição CEMIG ND 5.31

NR-10 - Norma Regulamentadora nº 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

RDC-050-2002-Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde

Resolução RDC/ANVISA Nº 50, de 21 de fevereiro de 2002

Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012

11.3 DEFINIÇÕES GERAIS

Para os efeitos deste documento, além as definições descritas na NBR 14565 e NBR 16415, aplicam-se os seguintes termos e definições:

- Caixas - componentes de uma instalação elétrica, destinados a conter as tomadas e interruptores de corrente, emendas, derivações e passagem de condutores elétricos;
- Canaletas e dutos plásticos aparentes - sistemas plásticos aparentes, para adaptação de caixas, derivações, terminações separadoras, tomadas, interruptores, placas, e os dutos com suas respectivas tampas aparafusadas ou encaixadas, que são instalados aparentes sobre paredes, forros, divisórias, dando um acabamento estético mais adequado;
- Conduletes - são caixas fabricadas em alumínio ou PVC desenvolvidas para aplicações em instalações elétricas aparentes de baixa tensão em edificações residenciais, comerciais e industriais;
- Condutor - é considerado um material que faz com que as partículas eletrizadas se movimentem facilmente. Conforme NBR NM 280, os condutores podem consistir de cobre flexível com ou sem revestimento metálico e alumínio sem revestimento metálico ou liga de alumínio. São geralmente denominados como fios e cabos;
- Disjuntor - dispositivo eletromecânico, que funciona como um interruptor automático, destinado a proteger uma determinada instalação elétrica contra possíveis danos causados por curto-circuito e sobrecargas elétricas. A sua função básica é a de detectar picos de corrente que ultrapassem o adequado, dimensionado para o circuito, interrompendo-a imediatamente antes que os seus efeitos térmicos e mecânicos possam causar danos à instalação elétrica protegida;
- Diferencial Residual (DR) - também chamado de Interruptor Diferencial Residual (IDR), é um dispositivo de proteção utilizado em instalações elétricas, permitindo desligar um circuito sempre que seja detectada uma corrente de fuga superior ao valor nominal. O DR atua somente em casos de corrente de fuga, não de curtos circuitos;
- Disjuntor Diferencial Residual (DDR) - tem a mesma característica do DR, mas também funciona como disjuntor de proteção nos casos de sobrecorrentes de curto circuito e de sobrecarga;
- Dispositivo de proteção contra surtos (DPS) - destinado a limitar as sobretensões e desviar correntes de surto. Contém pelo menos um componente não linear;
- Eletrocalha - são estruturas metálicas ou não, com ou sem tampa, destinadas a conter em seus interiores os condutores de um ou mais circuitos elétricos, que deverão suportar perfeitamente as condições ambientais, sendo instaladas de modo a não submeter os condutores elétricos a esforços mecânicos e térmicos;
- Eletrodo de aterramento - parte ou conjunto de partes do subsistema de aterramento capaz de realizar o contato elétrico direto com a terra dispersando a corrente da descarga atmosférica;
- Eletroduto - elemento de linha elétrica fechada, de seção circular ou não, destinado a conter condutores elétricos providos de isolamento, permitindo tanto a enfição como a retirada destes. Os eletrodutos são



suficientemente fechados em toda a sua extensão, de modo que os condutores só possam ser instalados e/ou retirados por puxamento e não por inserção lateral. Podem ter instalação aparente, embutido em alvenaria ou enterrado. Entre as proteções providas estão aquelas contra esforço mecânicos, incêndio, riscos de explosão, radiação UV, condutores e acessórios;

- Equipotencialização - conjunto de medidas que visa a redução das tensões nas instalações causadas pelas descargas atmosféricas a níveis suportáveis para essas instalações e equipamentos por elas servidos, além de reduzir riscos de choque elétrico. Tais medidas consistem tipicamente em ligações entre partes metálicas das instalações e destas ao SPDA, direta ou indiretamente (por meio de DPS);

11.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

11.4.1 Condições gerais

A instalação elétrica, incluindo, mas não se limitando ao projeto, construção, montagem, instalação, testes, comissionamento, partida, colocação em operação e manutenção deve, obrigatoriamente, obedecer ao estabelecido nos Requisitos e Padrões definidos para os sistemas de Iluminação Predial e Pública, além das recomendações do corpo principal deste documento.

É da responsabilidade da CONTRATADA a entrega dos serviços relacionados com a entrada de energia completa, em conformidade com as exigências da Concessionária e da ABNT.

Os materiais e equipamentos adotados devem atender, além das normas pertinentes, ao disposto neste Caderno de Encargos e também, às exigências de eficiência energética da PBH.

Os materiais e equipamentos deverão possuir classe e procedência impressos em placa de identificação ou dispositivo similar, além do nível de eficiência energética.

11.4.2 Recebimento de materiais

Para a emissão do Termo de Recebimento Provisório da obra, a documentação descrita a seguir deve ser criteriosamente analisada pela FISCALIZAÇÃO, sendo uma cópia ser anexada ao Manual do Usuário, integrando assim a documentação a ser entregue à PBH pela CONTRATADA:

- Manual de operação e manutenção dos equipamentos adquiridos;
- Documentação técnica dos componentes empregados na obra;
- Certificado de garantia dos equipamentos adquiridos com o devido registro feito em conjunto com a SUDECAP.

Relatório de inspeção no fornecedor, quando aplicável, incluindo os documentos de responsabilidade técnica quando exigido.

Documentos solicitados pelas especificações e/ou requisições de projeto, inclusive os certificados de ensaios quando aplicáveis, os certificados exigidos para operação em área classificada, certificados para conexão de geração própria ao grid, aprovações da Anvisa, certificados referentes à eficiência energética, etc.

11.4.2.1 Inspeção de equipamentos e materiais

A inspeção para recebimento de materiais e equipamentos poderá ser realizada:

- No local da obra: por meio de processo de inspeção visual. A FISCALIZAÇÃO poderá solicitar na inspeção a apresentação da documentação exigida pela SUDECAP quando da realização da inspeção;
- Na fábrica ou em laboratório: por meio de ensaios, a critério da FISCALIZAÇÃO. Neste caso, o fornecedor deverá avisar com antecedência a data da inspeção.

O processo de inspeção visual para recebimento constitui-se, basicamente, do cumprimento das atividades descritas a seguir:

- Conferência das quantidades e condições dos materiais: que devem estar em perfeito estado, pintados, sem trincas e amassamentos, acondicionados de acordo com padrões de preservação, embalados e outras recomendações aplicáveis ao material constante do manual ou das recomendações do fornecedor;
- Conferência das áreas de estoque: que devem ser locais adequados de acordo com os tipos de materiais, sendo que, materiais sujeitos à oxidação, peças miúdas, cabos, luminárias, reatores, lâmpadas, interruptores, tomadas, eletrodutos de PVC e demais materiais sujeitos à modificação por intempéries, deverão estar em local abrigado;

11.4.2.2 Documentação

Para o recebimento dos materiais e equipamentos, a CONTRATADA deverá conferir a discriminação constante da nota fiscal ou guia de remessa, com o respectivo pedido de compra, e de acordo com as especificações de materiais, equipamentos e serviços.

Todo material recebido deverá ser lançado em sistema informatizado de controle, podendo ser planilha eletrônica, utilizada para o gerenciamento de estoques e disponibilidade. O sistema deverá ter a especificação do material, número do documento de especificação, documento de compra, data requerida na obra, data da tomada de preços, data da emissão de autorização de fornecimento, data prevista para entrega, data efetiva de entrega, quantidades entregues, números dos documentos fiscais, responsáveis pelos recebimentos, total entregue, requisições pela obra, datas de saída para obra, responsáveis pelas requisições e saldo em estoque.

Material ou equipamento que não atenda às condições do pedido de compra, especificações técnicas ou que não tenha a documentação solicitada deverá ser rejeitado. A ausência de certificados obrigatórios por lei implica na devolução do material.

11.4.3 Eletrodutos - Diretrizes Técnicas

- É vedado o uso, como eletroduto, de produtos que não sejam tecnicamente apresentados e comercializados como tal. Esta proibição inclui, por exemplo, produtos caracterizados por seus fabricantes como “mangueiras”. Devem ser verificadas, no momento da inspeção do material fornecido, as normas aplicáveis para cada tipo de eletroduto, de aço galvanizado (NBR 5597 e NBR 5598), eletroduto de PVC (NBR 15465) e eletroduto de polietileno de alta densidade (PEAD) NBR 15715.
- As dimensões internas dos eletrodutos e de suas conexões devem permitir que, após montagem da linha, os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade. A taxa de ocupação do eletroduto, dada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos, considerando o diâmetro externo de cada condutor, e a área útil da seção transversal do eletroduto, não deve ser superior a:
 - 53 % no caso de um condutor;
 - 31 % no caso de dois condutores;
 - 40 % no caso de três ou mais condutores;
- Os condutores devem formar trechos contínuos entre as caixas, não se admitindo emendas e derivações senão no interior das caixas. Condutores emendados ou cuja isolamento tenha sido danificada e recomposta com fita isolante ou outro material não devem ser enfiados em eletrodutos;
- Na montagem das linhas a serem embutidas em concreto armado, os eletrodutos devem ser dispostos de modo a evitar sua deformação durante a concretagem. As caixas, bem como as bocas dos eletrodutos, devem ser fechadas com vedações apropriadas que impeçam a entrada de argamassas ou nata de concreto durante a concretagem;
- As junções dos eletrodutos embutidos devem ser efetuadas com auxílio de acessórios estanques aos materiais de construção. Os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente a seu eixo e toda rebarba remanescente de corte, suscetível de danificar a isolamento dos condutores, deve ser removida;
- Nas juntas de dilatação, os eletrodutos rígidos devem ser seccionados, o que pode exigir certas medidas compensatórias, como, por exemplo, o uso de luvas flexíveis ou cordoalhas destinadas a garantir a continuidade elétrica de um eletroduto metálico;
- Os eletrodutos a serem utilizados deverão ser novos, internamente lisos e sem rebarbas, podendo ser metálicos tipo leve ou pesado, metálicos flexíveis, rígidos de PVC ou flexíveis com revestimento de PVC rígido;
- Na utilização de eletrodutos rígidos, metálicos ou de PVC, deverão ser atendidas as seguintes orientações;
- Devem ser instalados de maneira a apresentar um conjunto mecanicamente resistente, de boa aparência quando embutidos, cuidando-se para que nenhuma condição possa danificar os condutores neles contidos;
- Devem ser limpos e secos antes da passagem de fiação;
- Não devem formar cotovelos, apresentando uma ligeira e contínua declividade para as caixas;
- Devem ser sempre emendados por meio de luvas, atarraxados até assegurar perfeita continuidade da

superfície interna de tubulação e vedação;

- Os eletrodutos subterrâneos devem ser instalados com declividade mínima de 0,5 % entre caixas de inspeção, de modo a assegurar a drenagem.

11.4.3.1 Eletrodutos metálicos rígidos de aço galvanizado.

Deverão ser revestidos com banho de zinco fundido e poderão ser utilizados em instalações externas ou subterrâneas em contato direto com o solo. Os eletrodutos metálicos rígidos do tipo pesado e leve deverão obedecer às características da Tabela 1 e

Tabela 2.

Tabela 1 - Dimensões de eletrodutos rígidos de aço pesado apresentado na NBR 5597. Fonte ABNT (2013)

Diâmetro Nominal DN (mm)	Diâmetro Externo De (mm)	Espessura nominal da Parede (mm)	Massa teórica do eletroduto Sem luva (kg/m)	
			Com revestimento de zinco	Com Revestimento de tinta
15	21,3	2,25	1,093	1,059
20	26,9	2,25	1,414	1,370
25	33,7	2,65	2,088	2,032
32	42,4	3,00	2,989	2,919
40	48,3	3,00	3,437	3,356
50	60,3	3,35	4,812	4,710
65	73,0	3,75	6,534	6,411
80	88,9	3,75	8,035	7,883
90	101,6	4,25	10,386	10,212
100	114,3	4,25	11,741	11,545
125	141,3	5,00	17,063	16,819
150	168,3	5,30	21,611	21,320

Tabela 2 - Dimensões de eletrodutos rígidos de aço leve apresentado na NBR 5624. Fonte: ABNT (2011).

Diâmetro Nominal DN	Diâmetro externo (mm)		Espessura de parede teórica (mm)	Massa teórica (kg/m)	Rosca conforme NBR 8133
	Mínimo	Máximo			
10	16,3	16,5	1,50	0,56	G 3/8
15	20,0	20,7	1,50	0,71	G 1/2
20	25,2	25,6	1,50	0,90	G 3/4
25	31,5	31,9	1,50	1,15	G 1
32	40,5	41,4	2,00	1,99	G 1 1/4
40	46,6	47,6	2,25	2,56	G 1 1/2
50	58,4	59,0	2,25	3,24	G 2
65	74,0	74,9	2,65	4,85	G 2 1/2
80	86,8	87,6	2,65	5,70	G 3
90	99,0	100,0	2,65	6,42	G 3 1/2
100	111,6	113,0	2,65	7,44	G 4

Especificações básicas:

- A galvanização dos eletrodutos será pelo processo de imersão à quente, em zinco fundido, conforme NBR 6323;
- Deverá ter a superfície interna lisa e isenta de arestas cortantes ou rebarbas;
- Os eletrodutos metálicos deverão ser sempre instalados com luvas, buchas e porcas vedadas com adesivo não secativo;
- Eletrodutos metálicos flexíveis;
- Serão utilizados em ligações de equipamentos elétricos de grande porte, tais como motores, bombas, compressores e geradores, que estão sujeitos a vibração. Não deverão ser embutidos, nem utilizados em partes externas das edificações;
- Não serão permitidas emendas em tubos flexíveis, que deverão formar trechos contínuos de caixa a caixa.

11.4.3.2 Eletrodutos plásticos

Serão de cloreto de polivinila (PVC) rígido, devendo ser fornecidos em conformidade à Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5, abaixo:

Tabela 3 - Classificação quanto a resistência mecânica apresentada na NBR 15465. Fonte: ABNT (2008).

Eletroduto	Classe de resistência mecânica
Rígido ^a	Pesado
Flexível	Leve Médio Pesado
^a Os eletrodutos rígidos e suas conexões devem ser fabricados apenas na classe de resistência mecânica “pesado”.	

Tabela 4 - Aplicação dos eletrodutos versus classificação apresentada na NBR 15465. Fonte: ABNT (2008).

Aplicação	Classificação quanto à resistência mecânica	Classificação quanto à propagação de chama
Tipo A: embutido em laje ou enterrado na área externa da edificação ^a	Médio Pesado	Propagante de chama Não propagante de chama
Tipo B: embutido em Alvenaria ^b	Leve Médio Pesado	Não propagante de chama
Tipo C: aparente ^c	Pesado	Não propagante de chama
^a Tipo A: Aplicações em que os eletrodutos e suas conexões ficam confinados, sem a possibilidade de combustão. Para aplicações em que os eletrodutos e suas conexões ficam submetidos a esforços de compressão de até 750 N, deve-se utilizar no mínimo a classe de resistência “médio”. Para esforços de compressão de até 1.250 N, deve-se utilizar a classe de resistência mecânica “pesado”. ^b Tipo B: Aplicações em que os eletrodutos e suas conexões ficam submetidos em alvenaria. Para aplicações em que os eletrodutos e suas conexões ficam submetidos a esforços de compressão de até 320 N, deve-se utilizar no mínimo a classe de resistência “leve”, para esforços de até 750 N, deve-se utilizar a classe de resistência mecânica “pesado”. ^c Tipo C: Aplicações em que os eletrodutos e suas conexões ficam aparentes.		

Tabela 5 - Codificação de cores apresentado na NBR 15465. Fonte: ABNT (2008).

Classe de resistência mecânica	Eletrodutos rígidos	Eletrodutos flexíveis corrugados	Eletrodutos flexíveis planos
Leve	---	Amarelo	Amarelo ou preto com faixas coextrudadas amarelas
Médio	---	Ocre/laranja	Ocre/laranja ou preto com faixas coextrudadas ocre/laranja
Pesado	Preto	Preto	Preto ou preto com faixas Coextrudadas azuis
NOTA: Os eletrodutos aparentes devem ser na cor cinza e podem ser utilizados embutidos.			

Na execução de instalações com eletrodutos de PVC rígido deve ser dada atenção especial à diferença de critério em adotar o diâmetro interno ou externo do tubo para instalações elétricas e de telefonia. Tanto o projeto de telefonia quanto o de instalações elétricas deverão conter a tabela de equivalência de diâmetros.

As extremidades dos eletrodutos, quando não conectadas diretamente em caixas ou conexões, deverão ser providas de buchas e arruelas.

11.4.4 Sistema de canaletas e dutos plásticos aparentes

Não deverão apresentar descontinuidade ou emendas, ao longo da instalação, devendo-se usar em cada caso, as peças disponíveis na própria linha de fabricação do sistema de canaletas ou de dutos aparentes.

Deve-se atentar durante a execução para a taxa de ocupação de 40 % da área útil interna dos dutos ou canaletas a fim de não submeter os condutores a esforços térmicos, acima dos níveis aceitáveis, bem como não submeter o próprio sistema de dutos e canaletas a esforços de espaço interno que levam à danificação da instalação.

11.4.5 Instalação subterrânea com eletrodutos, canaletas e galerias

Os dutos serão assentados de modo a resistirem aos esforços externos e aos provenientes da instalação dos tubos, observando as condições próprias do terreno.

A junção dos dutos de uma mesma linha será executada mantendo-se o alinhamento e a estanqueidade, tomando-se precauções para evitar rebarbas internas.

Nas passagens do exterior para o interior dos edifícios, pelo menos a extremidade interior da linha, será convenientemente fechada, para impedir a entrada de água e de pequenos animais.

As canaletas deverão ser construídas com o fundo em desnível e ser providas de meios para drenagem em todos os pontos baixos capazes de coletar água. Deverão ser fechadas com tampa para impedir a entrada de água e corpos estranhos e serem assentadas de modo a resistirem a esforços externos.

Os condutores devem formar trechos contínuos entre as caixas, não se admitindo emendas e derivações senão no interior das caixas. Condutores emendados ou cuja isolamento tenha sido danificada e recomposta com fita isolante ou outro material não devem ser enfiados em eletrodutos.

Os condutores devem ser cortados, quando aplicável, segundo plano de corte definido no projeto e/ou na obra de forma a evitar desperdícios de material. Corte em desacordo com o plano definido e que impliquem em falta de material são de responsabilidade única da contratada.

Na montagem das linhas a serem embutidas em concreto armado, os eletrodutos devem ser dispostos de modo a evitar sua deformação durante a concretagem. As caixas, bem como as bocas dos eletrodutos, devem ser fechadas com vedações apropriadas que impeçam a entrada de argamassas ou nata de concreto durante a concretagem.

A enfição dos condutores só deve ser iniciada depois que a montagem dos eletrodutos for concluída, não podendo restar nenhum serviço de construção suscetível de danificá-los e a linha for submetida a uma limpeza completa.

Para facilitar a enfição dos condutores podem ser utilizados:

- Guias de puxamento e/ou;

- Talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a isolação dos condutores.

11.4.6 Caixas e dispositivos

11.4.6.1 Caixas

Deverão ser empregadas caixas:

- Em todos os pontos da tubulação onde houver entrada ou saída de condutores, exceto nos pontos de transição de uma linha aberta para a linha em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas;
- Em todos os pontos de emenda ou de derivação de condutores;
- Sempre que for necessário segmentar a tubulação;
- A localização das caixas deve ser de modo a garantir que elas sejam facilmente acessíveis.

11.4.6.2 Dispositivos de proteção contra surtos (DPS)

Dispositivos de proteção contra surtos (DPS) - são equipamentos desenvolvidos com o objetivo de detectar sobretensões transitórias na rede elétrica e desviar as correntes de surto para o condutor de proteção elétrica, devidamente aterrado

Nos casos em que for necessário o uso de DPS e nos casos em que esse uso fizer parte da instalação fixa, mas não estiver alojado em quadros de distribuição (por exemplo, incorporados a tomadas de corrente), sua presença deve ser indicada por meio de etiqueta ou algum tipo de identificador similar, na origem ou o mais próximo possível da origem do circuito no qual se encontra inserido.

11.4.6.3 Disjuntores em caixa moldada, de baixa tensão

Serão instalados no interior dos quadros de distribuição e geral.

Deverão obedecer às características de tensão, corrente e frequência nominais. A capacidade de interrupção de curto-circuito simétrica deverá ser condizente com as características nominais de ajuste e variação de acordo com o número de polos do disjuntor.

11.4.6.4 Disjuntores interruptor de corrente diferencial residual à terra (dispositivo DR)

Correntes de fuga anormais que provocam riscos às pessoas, aumento do consumo de energia, aquecimento indevido, destruição da isolação e em último estágio incêndio, são monitorados e desligados pelo dispositivo DR. Funciona como um sensor que mede as correntes que entram e saem do circuito.

Em condições normais, a soma das correntes que saem da fonte em direção à carga deve ser igual à soma das correntes que retornam à fonte depois de passarem pela carga, resultando em corrente total nula. Em condições de volta à terra, parte da corrente que sai da fonte flui para terra através de alguma falha de isolamento do condutor ou contato humano com partes “vivas” da instalação. Nestas condições, a corrente que retorna à fonte é menor, causando um diferencial no dispositivo DR que irá atuar retirando o circuito de funcionamento.

O dispositivo DR deve ser instalado em associação com os disjuntores do quadro de distribuição, de forma a proporcionar uma proteção completa contra sobrecarga, curto-circuito e falta à terra.

A instalação destes dispositivos deverá ser efetuada por técnico especializado. Todos os condutores (fases e neutro) que constituem a alimentação da instalação a proteger devem ser ligados ao DR, conforme esquema fornecido pelo FABRICANTE.

Após à conexão do neutro ao DR este condutor não pode mais ser aterrado.

A NBR 5410 recomenda e regulamenta a utilização destes dispositivos e suas prescrições devem, então, ser atendidas.

11.4.6.5 Tomadas e adaptadores

As tomadas e adaptadores adotados nas instalações elétricas devem estar em conformidade com os preceitos das NBR 14136, NBR 14936, NBR NM 60884-1 e NBR 6147.

11.4.7 Condutores: Especificação, instalação e cuidados

Os condutores terão suas seções transversais determinadas pela escala milimétrica e atenderão o disposto na NBR 5410.

Os condutores que estiverem sujeitos às solicitações mecânicas acidentais deverão possuir proteções contra

esforços longitudinais e transversais.

Todos os condutores isolados ou não serão identificados por cores ou etiquetas coloridas. A identificação por cores seguirá a Tabela 6:

Tabela 6 - Padronização das cores dos condutores apresentado na NBR 5410. Fonte: Adaptado de ABNT (2004)

IDENTIFICAÇÃO	COR
Fase R	Vermelho
Fase S	Branco
Fase T	Preto
Neutro	Azul claro
Neutro aterrado (PEN)	Azul-claro, com anilhas verde-amarelo
Proteção	Verde-amarelo ou verde
Retorno	Amarelo-cinza

As fitas para emendas ou derivações poderão ser:

- Plásticas - fitas de cloreto de polivinila antichama, coberta num dos lados por substância adesiva;
- De elastômeros - elastômero em forma de fita.

11.4.7.1 Instalação de condutores

Os condutores deverão ser instalados de forma a evitar que sofram esforços mecânicos incompatíveis com sua resistência, isolamento ou revestimento. Nas deflexões os condutores serão curvados segundo raios iguais ou maiores do que os mínimos admitidos para seu tipo.

O isolamento das emendas e derivações deverá ter características, no mínimo, equivalentes às dos condutores usados.

Todos os condutores deverão ser instalados de maneira que, quando completada a instalação, o sistema esteja livre de curto-circuito.

Os condutores para ligação à terra de equipamentos fixos poderão ou não fazer parte do cabo multipolar alimentador do mesmo. Deverão ser instalados de forma a ter assegurada sua proteção mecânica e a não conter qualquer dispositivo capaz de causar ou permitir sua interrupção.

Os barramentos indicados no projeto serão constituídos por peças rígidas de cobre eletrolítico nu, cujas diferentes fases serão caracterizadas por cores convencionais.

As emendas de cabos e fios só poderão ser efetuadas em caráter excepcional, previamente autorizadas pela FISCALIZAÇÃO. Deverão possuir resistências de isolamento pelo menos igual a dos condutores e garantir a inexistência de queda de tensão e/ou aquecimento. Serão sempre executadas em caixas especialmente designadas para esse fim.

Os condutores deverão ser identificados com o código do circuito por meio de indicadores tipo anilha, firmemente presos, em caixas de junção, chaves e onde mais se faça necessário.

As emendas dos cabos de 240 V a 1000 V serão executadas com conectores de pressão ou luvas de aperto ou compressão. As emendas, exceto quando feitas com luvas isoladas, deverão ser revestidas com fitas de borracha moldável até se obter uma superfície uniforme sobre a qual serão aplicadas, em meia sobreposição, camadas de fita isolante adesiva. A espessura da reposição do isolamento deverá ser igual ou superior à camada isolante do condutor. As emendas dos cabos com isolamento superior a 1000 V deverão ser executadas conforme recomendações do FABRICANTE.

Circuito de áudio, radiofrequência e de computação deverão ser afastados de circuitos de força, tendo em vista a ocorrência de indução, de acordo com os padrões aplicáveis a cada classe de ruído. As extremidades dos condutores nos cabos não deverão ser expostas à umidade do ar ambiente, exceto pelo espaço de tempo estritamente necessário à execução de emendas, junções ou terminais.

11.4.7.2 Instalação de cabos em linhas aéreas

Para linhas aéreas, quando admitidas nas distribuições exteriores, os cabos deverão ser empregados com



proteção à prova de tempo, suportados por isoladores apropriados, fixados em postes ou em paredes. O espaçamento entre os suportes não excederá 20 metros, salvo especificação expressa em contrário.

11.4.7.3 Instalação de cabos em dutos e eletrodutos

A enfição de cabos deverá ser precedida de conveniente limpeza dos dutos e eletrodutos, com ar comprimido ou com passagem de bucha embebida em verniz isolante ou parafina. O lubrificante para facilitar a enfição, se necessário, deverá ser adequado à finalidade e compatível com o tipo de isolamento dos condutores. Emendas ou derivações de condutores só serão aprovadas em caixas de junção. Não serão permitidas, de forma alguma, emendas dentro de eletrodutos ou dutos.

11.4.8 Implantação padrão entrada e medição - Edificações individuais

A implantação padrão para entrada e medição de edificações individuais deve seguir o estabelecido nas recomendações técnicas e normativas, conforme a seguir:

11.4.8.1 Ligação de obras

Ligação efetuada com medição, sem prazo definido, para atender obras de construção ou reforma de edificação, cuja solicitação, acompanhamento e tarifários de consumo, são de exclusiva responsabilidade da CONTRATADA.

O padrão de entrada corresponderá a um dos tipos definidos na ND-5.1 CEMIG, sendo o mais indicado o padrão instalado em poste.

Neste caso, o pedido de ligação de obra fica também condicionado a apresentação dos seguintes documentos:

- Relação de cargas para a ligação definitiva de agrupamentos com até 3 unidades consumidoras, sem proteção geral (ver tabela 3, página 6-3 da ND-5.2 CEMIG);
- Projeto elétrico aprovado, quando necessário;
- Planta de situação e localização para edificações com mais de 1 pavimento e construídas do mesmo lado da rede da CEMIG, com indicação do posteamento em relação ao imóvel.

11.4.8.2 Consulta Prévia

A CONTRATADA, de posse do Projeto Elétrico da Edificação, antes de construir ou adquirir os materiais para a execução do padrão de entrada, deverá obter da CEMIG informações sobre as condições locais de fornecimento de energia. Caso a edificação seja dotada de geração própria deverão ser atendidos os requisitos da ND 5.30 ou ND 5.31 da CEMIG para a execução da obra e interligação.

A CEMIG possui normas e procedimentos que contém os materiais e equipamentos aprovados para uso nos padrões de entrada. Estes procedimentos são periodicamente revisados sem aviso prévio. Portanto, é necessário que a CONTRATADA se certifique de que se trata da última versão.

Para o caso de consumidores individuais, se faz necessário o envio do projeto elétrico previamente aprovado.

11.4.8.3 Pedido da ligação definitiva do padrão de entrada

Após cumprida a etapa descrita no item acima, a CONTRATANTE, por intermédio da SUDECAP, solicitará a formalização do pedido de ligação, conforme formulário específico da CEMIG.

O pedido, com os anexos exigidos, será enviado à CEMIG pela SUDECAP. A CEMIG se reserva o direito de vistoriar as instalações elétricas internas do local. Para locais com geração própria os requisitos da concessionária são estabelecidos nas ND-5.30 ou ND-5.31.

11.4.8.4 Ligações provisórias

São as ligações efetuadas sem medição e por prazos pré-estabelecidos pelo solicitante.

Destinam-se a ligações de parques de diversão, circos, feiras e exposições, solenidades festivas, vendedores ambulantes e obras públicas com demanda inferior a 300 kVA. A instalação do padrão provisório deve atender as prescrições da norma ND-5.1 CEMIG.

11.4.8.5 Ligação definitiva

Consiste na ligação do padrão de entrada, com o desligamento do padrão de obra, operando assim a alimentação em baixa tensão (220/127 V) por meio de rede aérea de distribuição, devendo estar de acordo com a última versão da norma ND-5.1 CEMIG assim como os demais comunicados técnicos dessa Concessionária. As unidades consumidoras atendidas conforme as prescrições da ND-5.1 terão o seu projeto elétrico obrigatoriamente submetido à aprovação da CEMIG, no caso de carga instalada superior a 75 kW

e/ou de desmembramento em mais unidades, o que implica em atendimento conforme a norma ND-5.2.

Para os casos de utilização de subestação para atendimento em Média Tensão (MT), é importante cientificar que os custos de manutenção e implantação deste sistema são maiores que os do padrão de energia em Baixa Tensão (BT). Em decorrência, as unidades consumidoras só deverão ser atendidas por MT (subestação) quando a BT for inviável ou em situações onde ocorra uma das condições:

- Cargas que exigem alimentação com níveis de tensão além dos limites da Baixa Tensão disponibilizada pela Concessionária;
- Simulações de fatura de energia, conforme horário de funcionamento e demanda e verificar que a tarifa binômia (demanda + consumo) apresenta vantagens financeiras em relação a tarifa monômia (consumo apenas).

11.4.8.6 Aumento de carga

Para empreendimentos ou obras é permitido o acréscimo de carga existente até o limite de faixa de demanda provável a ser atendida pelo padrão de entrada existente conforme descrito nas NDs (Normas de Distribuição) da CEMIG.

Acréscimos de carga superiores aos descritos na referida ND deverão ser solicitados à CEMIG para análise das modificações que se fizerem necessárias na rede e no padrão de entrada.

No caso de previsão de aumento de carga, a caixa para medição polifásica, eletrodutos, condutores e poste/pontaletes poderão ser instalados de acordo com a previsão. Quando do aumento efetivo da demanda será alterado somente o disjuntor do padrão.

11.4.8.7 Desmembramento de medições

A edificação individual que a qualquer tempo venha a ser subdividida ou transformada em edificação de uso coletivo ou em agrupamento de consumidores deverá ter seu padrão de entrada alterado de acordo com as prescrições da ND-5.2 CEMIG.

As instalações elétricas das unidades consumidoras a serem desmembradas deverão ser alteradas para a adequação de medição e proteção individual, observadas as condições não permitidas.

No caso de edificações geminadas, as unidades consumidoras só poderão ser desmembradas em entradas de serviço distintas, caso haja separação física entre elas ao longo de todo o terreno (muro, parede, cerca ou qualquer limitação física existente). Caso contrário, as unidades devem ser atendidas por uma única entrada de serviço, dimensionada pela da ND-5.2 da CEMIG.

11.4.8.8 Condições não permitidas

Não são permitidas, sob pena de corte no fornecimento de energia:

- Interligação entre instalações elétricas internas de consumidores distintos, mesmo que o fornecimento seja gratuito;
- Interferência de pessoas não credenciadas pela CEMIG nos equipamentos de medição e lacres;
- Instalação de condutores ligados antes do medidor para ligações em instalações do consumidor;
- Utilização de uma única medição para edificações distintas, ou colocação de mais de um medidor para uma única edificação;
- Ligação de cargas que excedam o limite de fornecimento estabelecido no dimensionamento do padrão de entrada;
- Ligações que não constem na relação de cargas e que venham a causar perturbações indesejáveis na rede CEMIG e cargas geradoras de correntes harmônicas.

Em qualquer dessas condições a CEMIG poderá cortar o fornecimento de energia e/ou notificar o consumidor que os custos das alterações necessárias no sistema serão de sua responsabilidade.

11.4.9 Implantação padrão entrada e medição - Edificações coletivas

Aplica-se nos seguintes casos:

- Edificações de uso coletivo, alimentadas em baixa tensão (220/127 V) por rede aérea de distribuição (norma a adotar: ND-5.2 CEMIG), com qualquer número de unidades consumidoras, incluindo-se as que possuem carga instalada superior a 75 kW;
- Edificações agrupadas, com área comum de circulação, mas que não geram medição de carga de



condomínio;

- Edificações geminadas.

Excetuam-se:

- Unidades consumidoras sem área comum de circulação o atendimento é individual e a norma a adotar será a ND-5.1 da CEMIG;
- Unidades consumidoras localizadas em áreas de transmissão de rede aérea para subterrânea a norma a adotar será a ND-5.5 da CEMIG;
- Todo e qualquer projeto elétrico de edificações coletivas deve ser previamente aprovado pela CEMIG.

11.4.10 Edificações coletivas alimentadas em tensão primária 15 kV

Edificações individuais ou pertencentes a unidades coletivas alimentadas em tensão primária 15 kV, por redes aéreas ou subterrâneas devem obedecer ao prescrito na norma ND-5.3 CEMIG.

Deverão ser adotadas as prescrições da norma ND-5.3 CEMIG relativas ao pedido de ligação e à aprovação da subestação consumidora projetada e executada.

Excetua-se o atendimento em tensão secundária (220/127 V) por rede subterrânea, em que a regulamentação a ser consultada é a ND-5.5 CEMIG, cujas prescrições são mandatórias para a aprovação pela concessionária. Casos de conflito entre as regulamentações devem ser apresentados à FISCALIZAÇÃO para definição da opção a ser seguida. Não são permitidas violações às prescrições de aplicação legal emitidas pelos governos, agências reguladoras, TACs (Termos de Ajuste de Conduta), órgãos ambientais e etc.

11.4.11 Geração própria de energia

Para instalações dotadas de geração própria deverão ser atendidos os requisitos estabelecidos nas ND 5.30 ou ND 5.31 da CEMIG.

A elaboração do projeto de sistemas fotovoltaicos e do projeto de instalações elétricas devem seguir os padrões constantes nas normativas técnicas assim como as diretrizes descritas nos Procedimentos de Projetos.

11.4.12 Controle no recebimento das instalações elétricas

Eventuais alterações em relação ao projeto somente poderão ser aceitas se aprovadas pelo FISCAL DO CONTRATO DA OBRA e pelo FISCAL DO CONTRATO DE PROJETOS. A aprovação aqui referida não isenta a CONTRATADA de sua responsabilidade. As alterações propostas devem ser registradas através de emissão da documentação do projeto afetada, devidamente identificada na Lista de Documentos de Projetos, assim como no projeto "*as built*", que deverá ser entregue ao final dos serviços de implantação. Ainda assim, as alterações citadas não podem violar as diretrizes do projeto e devem ser acompanhadas pela documentação de responsabilidade técnica ART do CREA, emitida pelo proponente da revisão para a obra que inclua esta responsabilidade. A modificação, aprovada pelo FISCAL DE PROJETOS deve ser incluída na ART do emissor dos laudos ou prontuários exigidos para a instalação.

Após aprovadas e implementadas as modificações no Projeto / Obra, a CONTRATADA deverá realizar a respectiva revisão do Projeto (*as built*) e entregá-la juntamente com a documentação mencionada anteriormente.

A FISCALIZAÇÃO deverá realizar a inspeção de recebimento das instalações, conforme prescrição do Capítulo 7 da NBR 5410. Seguem alguns itens que poderão ser examinados:

- Instalação dos condutores no que se refere as bitolas, aperto dos terminais e resistência, material e classe de isolamento, cujos valores deverão seguir as prescrições da NBR 5410;
- Todos os condutores do mesmo circuito (fase, neutro e terra) colocados no mesmo eletroduto;
- Sistema de iluminação e tomadas no que se refere a localização, fixações, acendimentos das lâmpadas e energização das tomadas;
- Quadros de distribuição quanto à operação dos disjuntores, aperto dos terminais dos condutores, proteção contra contatos diretos e funcionamento de todos os circuitos com carga total. Etiquetas de identificação dos circuitos, a placa de identificação do quadro, a facilidade de abertura e fechamento da porta, bem como o funcionamento do trinco e fechadura;
- Funcionamento de todos os aparelhos fixos e dos motores, observando o seu sentido de rotação, as condições de ajuste dos dispositivos de proteção, medição de tensão, corrente e ruído; com a verificação da documentação que registra a execução dos ajustes pela contratada. Para equipamentos

maiores deverá ser verificado a vibração e temperatura afim de se obter a assinatura espectral do equipamento, importante para futuro uso da manutenção;

- Instalação dos para-raios, as conexões das hastes com os cabos de descida, o caminhamento dos cabos de descida e suas conexões com a malha de terra;
- Malha de terra para verificação do aperto das conexões, quando acessíveis, sendo realizada a medição da resistência de aterramento;
- Uso de materiais especiais como por exemplo, condutores certificados para área classificada com respeito a explosividade, atentando ao controle de identificação e de certificados;
- Suportação de eletrodutos, calhas e bandejas;
- Verificar a fixação de eletrodutos, calhas e bandejas nos suportes;
- Espaçamento entre eletrodutos;
- Material utilizado em eletrodutos, bandejas e calhas;
- Taxa de ocupação dos cabos nos eletrodutos, bandejas e calhas;
- Verificação da crimpagem de terminais, decapagem de cabos, apertos de terminais e conexões, colocação de identificação, uso de cores padronizadas;
- Verificar a amarração de cabos dentro de painéis, bandejas, calhas ou outros tipos de suporte;
- Verificação da distância entre suportes conforme definido em projeto ou recomendações de fornecedores;
- Verificação dos relatórios de teste de isolamento, com amostragem e execução de testes em, no mínimo, 2% dos cabos;
- Verificar a existência de partes não isoladas sujeitas a toque;
- Verificar a sinalização conforme recomendado pelo projeto que deve seguir a NR10;
- Verificar a proximidade de espaços públicos de instalações elétricas, em especial de média tensão e existência de barreiras mecânicas conforme prescritos em normas;
- Continuidade elétrica dos eletrodutos, calhas e bandejas metálicos;
- Pintura de suportes e proteção anti-corrosão, onde aplicável;
- Montagem da subestação:
 - Fixação dos equipamentos;
 - Espaçamentos e isolamentos entre fases e terra;
 - Condições e ajustes dos dispositivos de proteção;
 - Existência de esquemas, placas de advertência de perigo, proibição a entrada de pessoas não autorizadas e outros avisos;
 - Aperto das conexões dos terminais dos equipamentos e dos condutores de aterramento;
 - Operação mecânica e funcionamento dos intertravamentos mecânicos e elétricos;
 - Facilidade de abertura e fechamento da porta e funcionamento do trinco e fechadura;
 - Comprovar a colocação de buchas e arruelas nos conduítes e caixas;
 - Verificar a posição certa das caixas de passagem indicadas no projeto e se faceiam a superfície de acabamento previsto para paredes e pisos;
 - Exigir a colocação de fios de arame galvanizado nas tubulações em que os cabos serão passados posteriormente;
 - Acompanhar a realização de todos os testes previstos nas instalações analisando os seus resultados, se necessário com o auxílio do FISCAL DE PROJETOS.
- Montagem de sistema de geração fotovoltaico:
 - Fixação dos equipamentos;
 - Posicionamento dos equipamentos e facilidades de acesso;

- Verificação da estrutura de fixação dos painéis solares;
- Segregação dos circuitos elétricos nos eletrodutos;
- Conexão dos inversores;
- Instalação das sinalizações requeridas, inclusive a do padrão de entrada;
- Aperto das conexões dos terminais dos equipamentos e dos condutores de aterramento;
- Operação dos equipamentos;
- Comprovar a colocação de buchas e arruelas nos conduítes e caixas;
- Verificar a posição certa das caixas de passagem indicadas no projeto e se faceiam a superfície de acabamento previsto para paredes e pisos;
- Verificar a conexão dos inversores com sistemas de supervisão remota, quando requerido no projeto.

A FISCALIZAÇÃO também deve verificar os requisitos técnicos conforme citado a seguir.

- Na fase de execução das Fundações
 - Previsão para passagem de dutos da rede subterrânea a ser implantada no solo, assim como a verificação de integridade da mesma antes da concretagem de pisos;
 - Assentamento de dutos da rede subterrânea em conformidade com o projeto, quando esta for feita conjuntamente com as fundações.
 - Antes de verter massa ou concreto deverá haver a verificação da infraestrutura de eletrodutos através de lista de verificação, checando o ângulo das curvas para passagem dos cabos, caixas de puxamento, quando aplicável e sondagem do eletroduto com proteção de todas as extremidades abertas e caixas. Deverá ser feito registro fotográfico da instalação verificada.
 - Prever cuidados para evitar o esmagamento dos eletrodutos.
- Na fase execução da Estrutura
 - Instalação de eletrodutos que traspassam as vigas e/ou lajes nos trechos de passagem das prumadas, de acordo com o dimensionamento e localização previstos em projeto;
 - Correta fixação nas formas dos eletrodutos e caixas de passagem;
 - Existência de redução significativa na seção do eletroduto (amassamento) nas curvaturas;
 - Quando do emprego de eletroduto plástico flexível, cuidado é necessário para que não ocorra achatamento dos mesmos em suas curvaturas, que podem se dar por compressão ao se transitar por cima dos mesmos;
 - Tamponamento das extremidades dos eletrodutos com vedações apropriadas para evitar entrada de nata ou argamassa durante a concretagem;
 - Colocação de arame galvanizado ou similar próprio para guia.
- Na fase de execução das Alvenarias
 - Se a instalação dos eletrodutos de distribuição, caixas e quadros está de acordo com a bitola e localização previstos em projeto;
 - Se não há interferência das descidas das tubulações na abertura das paredes e vão de portas e janelas;
 - Se os cortes dos eletrodutos que chegam aos quadros geral e de distribuição são perpendiculares ao eixo longitudinal e se as suas extremidades são dotadas de roscas, sem rebarbas;
 - Utilização de luvas, buchas e arruelas de acordo com recomendação do fabricante;
 - Tamponamento das extremidades dos eletrodutos para evitar entrada de nata ou argamassa;
 - Existência de passagem na prumada alimentadora (*shafts*) quando não houver previsão de rasgos ou furos de passagem nos elementos estruturais;
 - Instalação de drenos em eletrodutos que são expostos às intempéries antes da entrada em

painéis ou na transição para a área abrigada ou edificação;

- Colocação de arame galvanizado ou similar próprio para guia.

Quando a identificação da bitola do eletroduto não for possível por meio de inspeção visual deve ser verificada mediante a utilização de instrumentos de medição adequado.

11.4.13 Condutores Elétricos (fios e cabos)

Em relação aos eletrodutos e condutores, a verificação pode ser feita através de medição expedita utilizando-se trena ou instrumento similar, somando-se o comprimento desses itens, em paredes, tetos, pisos, solos ou *shafts*. O levantamento feito deve ser comparado com os projetos existentes, planilha orçamentária e boletins de medição.

Quando a identificação da bitola do fio ou cabo condutor não for possível por meio de inspeção visual deve ser verificada mediante a utilização de instrumentos de medição.

A FISCALIZAÇÃO deve-se atentar, também, para:

- Execução dos circuitos em conformidade com o projeto, especialmente com relação às seções e tipo de cabo, conforme indicação ao longo dos condutores;
- Emendas dos condutores (solda ou conector) e seu isolamento nas caixas de passagem;
- Observância de cores distintas e conforme o padrão definido pela NBR 5410 e deste capítulo do Caderno de Encargos para os condutores elétricos (neutro, fase, terra e retorno);
- Identificação nos pontos terminais dos condutores;
- Observância de eletrodutos, com circuitos independentes nos pontos de tomada de uso específico (disjuntores específicos), alimentações especiais e sua identificação quanto ao uso.

11.4.14 Pontos de Iluminação, tomada e interruptores

A verificação das quantidades dos pontos de iluminação, interruptores, pontos de tomada e de outras caixas e quadros deverá ser feita por meio de contagem. O levantamento feito deve ser comparado com os projetos existentes, planilha orçamentária e boletins de medição.

A FISCALIZAÇÃO deve-se atentar, também, para:

- Locação correta das caixas dos pontos de luz e quantidade, conforme estabelecido em projeto e sua fixação e proteção (com papel, por exemplo);
- Se as características, quantidade e qualidade das luminárias instaladas satisfazem às recomendações e especificações técnicas contidas no projeto. A comparação deve ser feita a partir dos dados técnicos, incluindo as características de luminância da luminária e tipo de lâmpada instalada;
- A análise da qualidade da iluminação deverá ser feita pelas recomendações do item 6 da NBR ISSO/CIE 8995-1:2013 e se referem a verificação do projeto desde que os itens anteriores estejam satisfeitos.
- Se as quantidades, características e qualidade dos interruptores e pontos de tomada de corrente instaladas atendem às recomendações contidas no projeto e especificações técnicas, inclusive a fixação dos interruptores e tomadas de corrente com utilização de parafusos apropriados;
- Prumo e alinhamento das placas das caixas de interruptores e tomadas de corrente.

11.4.15 Quadros de distribuição e medição

A FISCALIZAÇÃO deve-se atentar, também, para:

- Instalação dos dispositivos de proteção (disjuntores) em conformidade com o projeto (quantidade, classe de tensão, tipo de corrente Ca ou CC, capacidade nominal e de interrupção de corrente) e colocação das portinholas nos quadros;
- Nivelamento e alinhamento dos quadros e caixas;
- Identificação dos circuitos através de marcadores (anilhas) ou etiquetas;
- Execução dos quadros dos medidores em conformidade com o projeto aprovado na concessionária de energia local.

11.4.16 Critérios de levantamento, medição e pagamento

11.4.16.1 Levantamento (quantitativo para projeto)



A relação de materiais (completa) será parte integrante do projeto de instalações elétricas, devendo ser elaborada pelo próprio projetista conforme critério a seguir, descrito e constante nos procedimentos, assim como estabelecidos em norma. Eventuais discrepâncias encontradas entre o levantamento da obra e do projeto devem ser comunicadas à FISCALIZAÇÃO da SUDECAP.

11.4.16.1.1 Tubulações

O serviço será levantado no projeto de instalação elétrica, por metro linear de tubulação a ser instalada, incluindo conexões, mão de obra e procedimentos anteriormente listados.

11.4.16.1.2 Fiação e cabeamento

O serviço será levantado no projeto de instalação elétrica, por metro linear de fiação e/ou cabeamento, a ser instalado com sobra estimada de 20 cm em cada caixa de passagem incluindo mão de obra e procedimentos anteriormente citados.

11.4.16.1.3 Peças e acessórios

O serviço será levantado no projeto de instalação elétrica, por unidade efetivamente instalada incluindo todos os materiais, mão de obra e procedimentos anteriormente listados, necessários à execução dos serviços. Serão considerados neste item as caixas, quadros de distribuição, barramentos, condutores, disjuntores, chaves, interruptores e tomadas, luminárias, reatores, lâmpadas e outros complementos para luminária.

O quadro geral de baixa tensão QGBT deverá ser levantado por unidade instalada, com todos os seus componentes, disjuntores, barramento; com a capacidade de corrente adequada e disjuntor geral, o qual seguirá as especificações do projeto e deverá ser executado por empresa especializada. Os outros quadros integrantes do projeto poderão ser levantados por meio de unidade efetivamente instalada com base em todos os materiais necessários ou através da unidade instalada completa de acordo com a orientação do FISCAL DA OBRA e ou Responsável / FISCAL DO PROJETO.

No projeto deverá constar o diagrama trifilar de cada quadro e o número de reservas previstas para o caso de revisões futuras que se fizerem necessárias.

11.4.16.1.4 Padrões de entrada de energia

Serão levantados por unidade a ser instalada especificando-se a demanda.

11.4.16.1.5 Postes

Os postes serão levantados por unidade instalada especificando-se a altura livre e suas características principais de acordo com o projeto, incluindo os parâmetros de dimensão e resistência mecânica. Deverá ser verificada a correta fixação, nivelamento e aterramento, quando aplicável. O tipo de poste deverá atender aos requisitos do projeto, em especial a postes com detalhes para composição de conjuntos arquitetônicos especiais.

11.4.16.2 Medição

Será efetuada aplicando-se o mesmo critério de levantamento, entretanto, considerando o quantitativo do serviço efetivamente realizado, apropriado na obra.

Em hipótese nenhuma será medido em separado qualquer tipo de conexão.

As instalações só serão medidas após serem devidamente testadas e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO e com a documentação conforme construído ("as built") entregue.

11.4.16.3 Pagamento

11.4.16.3.1 Geral

A realização do pagamento se dará em todos os casos com aprovação da documentação exigida no contrato, que deverá estar completa.

Para todos os pagamentos é exigida a emissão de lista de verificação preenchida pela FISCALIZAÇÃO de forma a comprovar a realização do serviço e/ou o fornecimento do material.

11.4.16.3.2 Tubulações

O serviço será pago pelo preço unitário contratual que contempla a tubulação efetivamente instalada e todas as conexões, buchas, arruelas, demais acessórios, suportes, pintura, mão de obra, encargos e os procedimentos anteriormente listados e acompanhados da lista de verificação preenchida e assinada pelo FISCAL DE CONTRATO DA OBRA.



11.4.16.3.3 Fiação e cabeamento

O serviço será pago pelo preço unitário contratual que contempla a fiação e/ou cabeamento a ser instalado, o fornecimento de todos os materiais, mão de obra e procedimentos anteriormente listados, incluindo a emissão dos respectivos relatórios de testes executados, com assinatura do responsável técnico e da FISCALIZAÇÃO.

11.4.16.3.4 Peças e acessórios

O serviço será pago pelo preço unitário contratual, da unidade efetivamente instalada, que contempla todos os materiais, mão de obra e procedimentos anteriormente listados, necessários à execução dos serviços e que inclua o comissionamento, teste e colocação em operação. Serão considerados neste item as caixas, quadros de distribuição, barramentos, condutores, disjuntores, chaves, interruptores e tomadas, luminárias, reatores, lâmpadas e outros complementos para luminária.

O quadro geral de baixa tensão será pago pelo preço unitário contratual, que contempla o fornecimento e colocação de todos os seus constituintes, como disjuntores, barramento com a capacidade de corrente adequada e disjuntor geral, e toda a mão de obra de montagem, instalação, comissionamento, teste e colocação em operação.

11.4.16.3.5 Padrões de entrada de energia

Serão pagos pelo preço unitário contratual que contempla o fornecimento de todos os materiais necessários à sua instalação e que inclua o comissionamento, teste e colocação em operação seguindo as normas da CEMIG em função de sua capacidade e de acordo com as prescrições construtivas de projeto.

11.4.16.3.6 Postes

Os postes serão pagos pelo preço unitário contratual que contempla o fornecimento dos materiais e mão de obra necessários à sua instalação, observando-se os procedimentos anteriormente listados.

11.4.16.3.7 Sistemas de geração

Os sistemas de geração, geradores com acionamento mecânico por motores ou turbinas ou sistemas fotovoltaicos, serão pagos pelo preço unitário contratual que contempla o fornecimento dos materiais e mão de obra necessários à sua instalação, comissionamento, testes e colocação em operação observando-se os procedimentos anteriormente listados e após a aprovação da documentação final que incluirá todos os relatórios de testes com ART do responsável pelo teste e após a aceitação da concessionária com conexão da rede pública à entrada da edificação.

11.4.16.3.8 Exigência comum

A medição e o pagamento se dará após a realização dos ensaios e testes requeridos com a emissão dos respectivos relatórios de testes e ensaios atestando a qualidade da instalação e aprovação do relatório pela FISCALIZAÇÃO da SUDECAP.

11.5 ILUMINAÇÃO

11.5.1 Objetivo

Este item define os requisitos e padrões de projeto, construção, montagem, instalação, testes, comissionamento, partida, colocação em operação e manutenção da iluminação predial e pública.

A iluminação incluindo, mas não se limitando, ao projeto, montagem, instalação, testes, comissionamento, colocação em operação e manutenção, deve **obrigatoriamente** obedecer ao estabelecido nas recomendações que fazem parte deste documento, incluindo os demais documentos técnicos citados em referência.

11.5.2 Condições gerais

É de responsabilidade da CONTRATADA a entrega do sistema de iluminação testado, em condições de operação, conforme requisitos do projeto e da documentação exigida no contrato. Devem ser entregues os materiais sobressalentes requeridos. Quando exigido, deverá ser entregue manual de operação e realizados os treinamentos necessários para uso do sistema.

Quando houver a substituição de materiais, os mesmos deverão ser disponibilizados para decisão da FISCALIZAÇÃO quanto ao destino dos mesmos.

11.5.3 Iluminação Pública de Ruas, Praças e Parques

Em projetos que contemplem a instalação de novos pontos de iluminação pública, o setor responsável da SUDECAP deve ser acionado, para que dê suporte no direcionamento do projeto e assim, contribuir para que

se obtenha a aprovação técnica junto à concessionária, de forma a incorporar estes pontos ao parque de iluminação pública de Belo Horizonte, ao término das obras.

A concessionária disponibiliza manual de instruções, formulários e modelos de projetos para padronização e atendimento às características exigidas, assim como demais diretrizes técnicas referentes ao tema. Tais documentos poderão ser acessados pelo site da concessionária podendo também ser solicitado ao setor responsável.

Diante da necessidade de alterações, a documentação a ser emitida, produzida “conforme construído” (as *built*), deverá ser submetida à análise e aprovação de alteração, incluindo justificativa para a mudança assim como seus impactos de custo, prazo e análise comparativa de vantagens e desvantagens, em decorrência da aplicação da devida alteração.

Nas aplicações de iluminação pública ou predial se faz necessária a utilização dos dispositivos com a tecnologia LED - *Light Emitting Diode*. Alternativas para aplicações específicas deverão ser apresentadas, com respectiva justificativa, e aprovadas pela SUDECAP.

11.5.4 Critérios de levantamento, medição e pagamento

Deverá ser realizada as verificações constantes nos documentos de projetos conforme diretrizes técnicas e normativas.

11.5.4.1 Levantamento (quantitativo para projeto)

A relação de materiais (completa) será parte integrante do projeto de instalações elétricas, devendo ser elaborada pelo próprio projetista conforme constante nos documentos de projeto e indicação de emissão deste. Eventuais discrepâncias encontradas entre o levantamento da obra e do projeto deverão ser comunicadas à FISCALIZAÇÃO da SUDECAP.

11.5.4.1.1 Luminárias, holofotes, projetores e demais dispositivos

O serviço será levantado no projeto de Iluminação, por tipo de equipamento.

11.5.4.1.2 Lâmpadas

O serviço será levantado no projeto de Iluminação, por tipo e potência de lâmpada.

11.5.4.1.3 Controles

O serviço será levantado no projeto de Iluminação, por tipo de dispositivos e/ou controle utilizado.

11.5.4.1.4 Peças e acessórios

O serviço será levantado no projeto de Iluminação, por unidade efetivamente instalada incluindo todos os materiais, mão de obra e procedimentos listados, necessários à execução dos serviços. Serão considerados neste item as caixas para instalação de controles, suportes, quadros de comando e outros complementos para luminária.

11.5.4.2 Medição

Será efetuada aplicando-se o mesmo critério de levantamento, entretanto, considerando o quantitativo do serviço efetivamente realizado, apropriado na obra.

As instalações só serão medidas após serem devidamente testadas e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO assim como concretizada a entrega de toda a documentação referente a obra, inclusive o projeto “as *built*”.

11.5.4.3 Pagamento

11.5.4.3.1 Geral

A realização do pagamento se dará em todos os casos com aprovação da documentação exigida no contrato, que deverá estar completa.

Para todos os pagamentos é exigida a emissão de lista de verificação preenchida pela FISCALIZAÇÃO de forma a comprovar a realização do serviço e/ou o fornecimento do material.

11.5.4.3.2 Luminárias, holofotes, projetores e demais dispositivos

O serviço será pago pelo preço unitário contratual que contempla o equipamento a ser instalado com a(s) lâmpada(s) instaladas, todos os acessórios e todas as conexões feitas, respectivos controles instalados, ligados e funcionais, suportes, pintura, mão de obra, encargos e os procedimentos anteriormente listados e acompanhados da lista de verificação preenchida e assinada pelo Fiscal da obra.



11.5.4.3.3 Peças e acessórios

O serviço será pago pelo preço unitário contratual, da unidade efetivamente instalada, que contempla todos os materiais, mão de obra e procedimentos anteriormente listados, necessários à execução dos mesmos e que inclua o comissionamento, teste e colocação em operação. Serão considerados neste item os controles, quadros de controle, interfaces de operação – IHM (Interface Homem Máquina), sistemas temporizados e outros.

11.5.4.3.4 Exigência comum

A medição e pagamento se dará após a realização dos ensaios e testes requeridos com a emissão dos respectivos relatórios de testes e ensaios atestando a qualidade da instalação e aprovação do relatório pela FISCALIZAÇÃO da SUDECAP.

11.6 PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

11.6.1 Objetivo

Este item define os requisitos e padrões de projeto, construção, montagem, instalação, testes, comissionamento, partida, colocação em operação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA). Sistema utilizado para reduzir danos físicos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura. Um SPDA consiste em sistemas externo e interno de proteção contra descargas atmosféricas.

11.6.2 Considerações gerais

É da responsabilidade da CONTRATADA a entrega do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas - SPDA, em condições de operação conforme requisitos do projeto e da documentação exigida no contrato. Deverão ser entregues os materiais sobressalentes requeridos e também o Manual de Operação e Manutenção do SPDA, conforme especificado no Capítulo 7 - Parte 3 da norma NBR-5419.

A instalação elétrica destinada ao atendimento do SPDA deverá atender ao respectivo item deste capítulo do Caderno de Encargos, incluindo o que diz respeito a medição e pagamento.

Na obra deverá haver controle no recebimento das instalações do SPDA que inclua procedimentos de Gestão de Mudanças. Eventuais alterações em relação ao projeto somente poderão ser aceitas se aprovadas pelo FISCALIZAÇÃO DA OBRA e pelo FISCAL DE PROJETOS. A aprovação acima referida não isenta a CONTRATADA de sua responsabilidade. As alterações propostas devem ser documentadas através de emissão da documentação do projeto afetada, devidamente identificada na Lista de Documentos de Projetos, a ser elaborada. Ainda assim, as alterações citadas não podem violar as diretrizes do projeto e devem ser acompanhadas pela documentação de responsabilidade técnica ART do CREA, emitida pelo proponente da revisão, para a obra que inclua esta responsabilidade. A modificação aprovada pelo FISCAL DE PROJETOS deverá ser incluída na ART do emissor dos laudos ou prontuários exigidos para a instalação. Especial atenção deve ser dada aos itens constantes na verificação descritos na norma NBR 5419.

11.6.3 Condições específicas

Não há dispositivos ou métodos capazes de modificar os fenômenos climáticos naturais a ponto de se prevenir a ocorrência de descargas atmosféricas. As descargas atmosféricas que atingem estruturas (ou linhas elétricas e tubulações metálicas que adentram nas estruturas) ou que atingem a terra em suas proximidades são perigosas às pessoas, às próprias estruturas, seus conteúdos e instalações. Portanto, medidas de proteção contra descargas atmosféricas devem ser consideradas.

A necessidade de proteção, os benefícios econômicos da instalação de medidas de proteção e a escolha das medidas adequadas de proteção devem ser determinados em termos do gerenciamento de risco.

Devem ser observadas as prescrições propostas pela NBR 5419 que tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Princípios gerais;
- Parte 2: Gerenciamento de risco;
- Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida;
- Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.

A aplicabilidade desta Parte da NBR 5419 pode ter restrições especialmente na proteção da vida humana quando for baseada em efeitos indiretos de descargas atmosféricas.

Esta parte da NBR 5419 não se aplica a sistemas ferroviários; veículos, aviões, navios e plataformas *offshore*, tubulações subterrâneas de alta pressão, tubulações e linhas de energia e de sinal colocados fora da

estrutura. Usualmente, estes sistemas obedecem a regulamentos especiais elaborados por autoridades específicas.

Por razões práticas os critérios para projeto, instalação e manutenção das medidas de proteção são considerados em dois grupos separados:

- O primeiro grupo se refere às medidas de proteção para reduzir danos físicos e riscos à vida dentro de uma estrutura e está contido na NBR 5419-3;
- O segundo grupo se refere às medidas de proteção para reduzir falhas de sistemas elétricos e eletrônicos em uma estrutura e está contido no NBR 5419-4.

As conexões entre as partes da NBR 5419 são ilustradas na Figura 1.

Toda edificação deverá ter a análise de risco feita de acordo com a NBR 5419-2 que deverá ser registrada por meio da elaboração de um Relatório de Análise de Risco e de uma memória de cálculo, estabelecida pela norma.

No relatório deverá ter indicado um item específico que conterá a lista de recomendações de medidas de proteção necessárias e que deverão ser adotadas e instaladas.

Qualquer alteração na instalação do SPDA requer a revisão destes documentos e só podem ser feitas após a submissão e aprovação destes documentos à uma nova *análise de risco*, bem como nova *memória de cálculo*, ambos revisados e com a alteração pretendida.

Junto com os documentos deverá ser apresentada a devida Anotação de Responsabilidade Técnica - ART do responsável pela revisão. Esta ART deverá ser mantida pela Sudecap em arquivo para uso ao longo da vida da instalação.

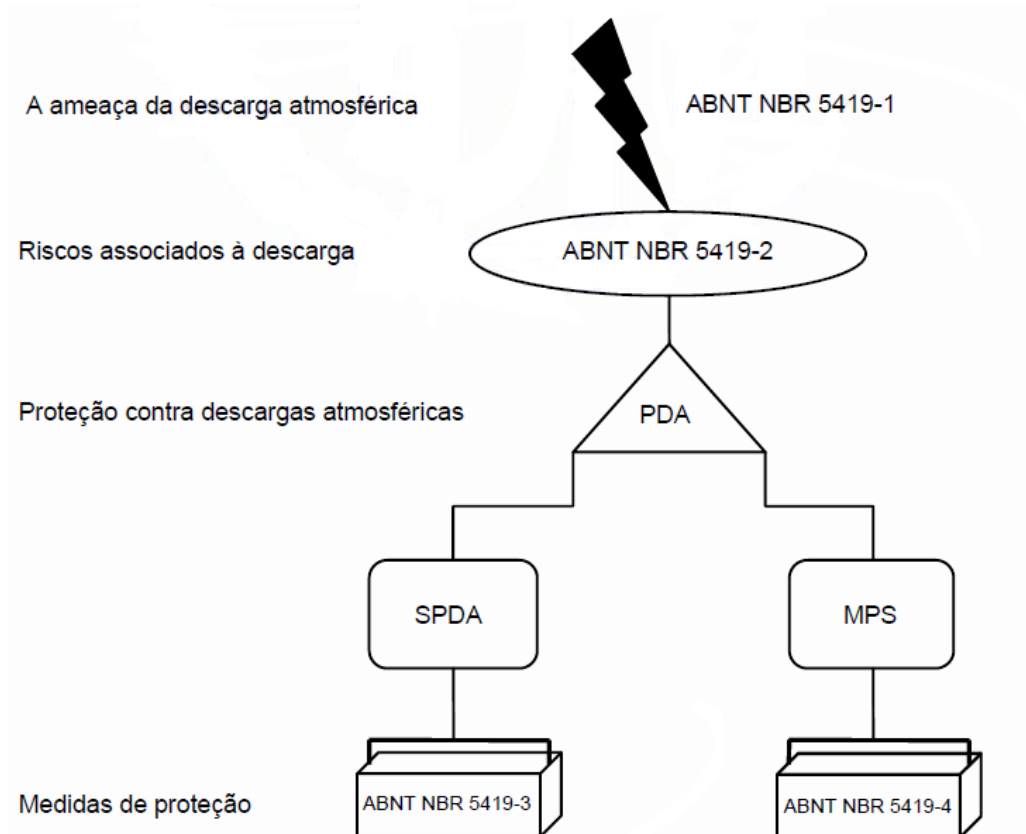


Figura 1 - Proteção completa contra descargas atmosféricas apresentada na NBR 5419. Fonte: ABNT (2015).

11.6.4 Medidas de proteção

A descarga atmosférica que atinge uma estrutura pode causar danos à própria estrutura, a seus ocupantes e mobiliários e equipamentos, incluindo falhas dos sistemas internos. Os danos e falhas podem se estender também às estruturas vizinhas e podem ainda envolver o ambiente local. A extensão dos danos e falhas na vizinhança depende das características das estruturas e das características da descarga atmosférica.

Desta forma, poderão ser adotadas medidas de proteção de modo a reduzir o risco, de acordo com o tipo de dano, conforme descrito a seguir:

11.6.4.1 Medidas de proteção para reduzir danos a pessoas devido a choque elétrico

São possíveis as seguintes medidas de proteção:

- Isolação adequada das partes condutoras expostas;
- Equipotencialização por meio de um sistema de aterramento em malha;
- Restrições físicas e avisos;
- Ligação equipotencial para descargas atmosféricas.

A equipotencialização e o aumento da resistência de contato da superfície do solo, interna ou externamente à estrutura podem reduzir o risco de vida (NBR 5419-3).

Medidas de proteção são eficientes somente em estruturas protegidas por um SPDA.

O uso de detectores de tempestades e medidas complementares podem reduzir o risco de vida.

11.6.4.2 Medidas de proteção para redução de danos físicos

A proteção é alcançada por meio de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) o qual inclui as seguintes características:

- Subsistema de captação;
- Subsistema de descida;
- Subsistema de aterramento;
- Equipotencialização para descargas atmosféricas;
- Isolação elétrica (e daí a distância de segurança).

Quando for instalado um SPDA a equipotencialização é uma medida essencial para reduzir os perigos de incêndio e de explosão e o risco de vida. Para mais detalhes ver NBR 5419-3.

A redução de danos físicos pode ser obtida por medidas que limitem o desenvolvimento e propagação de fogo, como compartimentos à prova de fogo, extintores, hidrantes, instalações de alarme de incêndio e extinção de fogo. A instalação de rotas de fuga minimiza os riscos de danos físicos.

11.6.4.3 Medidas de proteção para redução de falhas dos sistemas elétricos e eletrônicos

Medidas de proteção contra surtos (MPS) são medidas a serem tomadas para proteger os sistemas internos contra os efeitos dos LEMP (Lightning Eletromagnetic Impulse) e são parte da proteção contra descargas atmosféricas. A seguir estão alguns exemplos de MPS:

- Medidas de aterramento e equipotencialização;
- Blindagem magnética;
- Roteamento da fiação;
- Interfaces isolantes;
- Sistema de DPS coordenado.

Estas medidas podem ser usadas isoladamente ou combinadas.

O uso de detectores de tempestades e medidas complementares podem reduzir as falhas de sistemas elétricos e eletrônicos.

11.6.5 Características de um SPDA

As características de um SPDA são determinadas pelas condições da estrutura a ser protegida e pelo nível de proteção considerado, para descargas atmosféricas classificadas conforme a parte 2 da NBR-5419 (gerenciamento de riscos). Geralmente é composto por dois sistemas de proteção sendo estes o sistema externo e o sistema interno.

O SPDA externo é destinado a interceptar uma descarga atmosférica para a estrutura (por meio do subsistema de captação) conduzindo a corrente de descarga para a terra de forma segura (por meio do subsistema de descida) e assim, dispersar a corrente de descarga atmosférica na terra (por meio do subsistema de aterramento).

O SPDA interno é destinado a reduzir os riscos com centelhamentos perigosos dentro do volume de proteção criado pelo SPDA externo utilizando ligações equipotenciais ou distância de segurança (isolação elétrica) entre os componentes do SPDA externo e outros elementos eletricamente condutores internos à estrutura.

Uma vez iniciada uma construção em um determinado local, o acesso restrito ao solo e a armadura de aço das estruturas dificultam o aproveitamento desses elementos como componentes naturais do SPDA e consequentemente, o subsistema de aterramento. Por esta razão, a resistividade e o tipo do solo devem sempre ser considerados nos estágios iniciais do empreendimento, sendo estas informações fundamentais para o projeto do sistema de aterramento, que podem exigir adequações no projeto da estrutura da fundação.

As características de um SPDA são determinadas pelas características da estrutura a ser protegida e pelo nível de proteção para descargas atmosféricas definidos na Parte 1 da NBR 5419, conforme tabela a seguir.

A Tabela 7 apresenta as quatro classes de SPDA (I a IV), definidas pelo Projeto e que correspondem aos níveis de proteção para descargas atmosféricas definidos na NBR 5419-1.

Tabela 7 - Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe SPDA apresentada na NBR 5419-3. Fonte: ABNT (2015).

Classe do SPDA	Distâncias (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20
<i>NOTA: É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha no máximo 20% além dos valores acima.</i>	

11.6.5.1 Subsistema de captação

O subsistema de captação pode ser composto por qualquer combinação dos seguintes elementos: hastes (incluindo mastros), condutores suspensos e condutores em malha. Todos os tipos de elementos captadores devem cumprir na íntegra as exigências normativas. Componentes do subsistema de captação instalados devem ser posicionados nos cantos salientes, pontas expostas e nas extremidades.

Métodos aceitáveis a serem utilizados na determinação da posição deste subsistema incluem:

- Método do ângulo de proteção (Franklin);
- Método da esfera rolante;
- Método das malhas (Faraday).

Na NBR 5419 são definidos os valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondente, de acordo com a classe do SPDA e também, são estabelecidas outras prescrições para se utilizar componentes naturais e não naturais na construção do SPDA.

11.6.5.2 Subsistema de aterramento

Por se tratar da dispersão da descarga atmosférica para a terra, o método mais importante de minimizar qualquer sobretensão potencialmente perigosa é estudar e aprimorar a geometria e as dimensões deste subsistema. Deve-se obter a menor resistência de aterramento possível, compatível com o arranjo do eletrodo, a topologia e a resistividade do solo local.

Uma única infraestrutura de aterramento integrada é preferível e adequada para todos os propósitos, ou seja, o eletrodo deve ser comum para tender à proteção contra descargas atmosféricas, sistemas de energia elétrica e sinal (telecomunicações, TV a cabo, dados, segurança, etc.).

Em referência a NBR 5410, são admitidas as seguintes opções a considerar como eletrodo de aterramento para a infraestrutura de aterramento:

- Preferencialmente uso das próprias armaduras do concreto das fundações;
- Uso de fitas, barras ou cabos metálicos imersos no concreto das fundações;
- Uso das malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação;

- No mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando a edificação.

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

Para o eletrodo de aterramento em anel ou interligando a fundação descontínua, o raio médio da área abrangida pelos eletrodos não pode ser inferior ao valor 1.

11.6.5.3 Eletrodos de aterramento naturais

A eficácia de qualquer SPDA depende da sua instalação, manutenção e métodos de ensaio utilizados. Inspeções, ensaios e manutenção não podem ser realizados durante uma ameaça de chuvas e tempestades. Aplicação das inspeções tem como objetivo assegurar que:

- O SPDA esteja de acordo com a norma;
- Todos componentes do SPDA estão em boas condições e são capazes de cumprir suas funções, não apresentando corrosão e de acordo às suas respectivas normas;
- Qualquer nova construção ou reforma que altere as condições iniciais previstas em projeto além de novas tubulações metálicas, linhas de energia e sinal, que adentrem a estrutura e que estejam incorporados ao SPDA externo e interno, se enquadrem na NBR 5419.

Ordem das inspeções devem ser:

- Durante a construção da estrutura;
- Após a instalação do SPDA, no momento da emissão do documento de “*as-built*”;
- Após alterações ou reparos, ou quando houver suspeita de que a estrutura foi atingida por uma descarga atmosférica;
- Inspeção visual semestral apontando eventuais pontos deteriorados no sistema;
- Periodicamente, realizada por profissional habilitado e capacitado a exercer esta atividade, com emissão de documentação pertinente, em intervalos determinados, assim relacionados:
 - Um ano para estruturas destinadas ao armazenamento de munições ou explosivos, ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa ou ainda estruturas pertencentes a fornecedores de serviços considerados essenciais (energia, água, sinais, etc.);
 - Três anos, para as demais estruturas.

Durante as inspeções periódicas, é particularmente importante checar os seguintes itens:

- Deterioração e corrosão dos captadores, dos condutores de descida e as conexões;
- Condição das equipotencializações, através de medições de continuidade elétrica;
- Corrosão dos eletrodos de aterramento;
- Verificação da integridade física dos condutores do eletrodo de aterramento para os subsistemas de aterramento não naturais;

A regularidade das inspeções é condição fundamental para a confiabilidade de um SPDA. O responsável pela estrutura deve ser informado de todas as irregularidades observadas por meio de relatório técnico emitido após cada inspeção periódica. Cabe ao profissional emitente da documentação recomendar, baseado nos danos encontrados, o prazo de manutenção no sistema, que pode variar de imediato a item de manutenção preventiva.

11.6.6 Documentação técnica de um SPDA

A seguinte documentação técnica deverá ser mantida no local, ou em poder dos responsáveis pela manutenção do SPDA e atualizada conforme a instalação realizada:

- Documento de verificação da necessidade do SPDA (externo e interno) além da seleção do respectivo nível de proteção para a estrutura por meio de um relatório de uma análise de risco com a memória de cálculo conforme recomenda a norma NBR 5419 - Parte 2;
- Desenhos em escala mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA externo e interno;
- Especificações técnicas dos materiais que compõe o SPDA de forma a subsidiar eventuais

substituições, assim como facilitar a realização de cotações no mercado, diversificando quanto a equivalência em diversos fabricantes;

- Quando aplicável, os dados sobre a natureza e a resistividade do solo; constando detalhes relativos à estratificação do mesmo, ou seja, o número de camadas, a espessura e o valor da resistividade de cada uma, conforme a metodologia descrita na norma NBR 7117-1;
- Registro de ensaios realizados nos eletrodos de aterramento e outras medidas tomadas em relação a prevenção contra as tensões de toque e passo.
- Verificação da integridade física do eletrodo (continuidade elétrica dos condutores - Anexo F da parte 3 da NBR-5419) e se o emprego de medidas adicionais no local foi necessário para mitigar tais fenômenos (acréscimo de materiais).

11.6.7 Instalação de um SPDA

11.6.7.1 Lista de Verificação da instalação

Para a verificação do SPDA pode ser aplicada a compilação das recomendações, indicado a seguir.

CHECK-LIST DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)	
1	Requisitos para Inspeção
1.1	Verificar no formulário de segurança contra incêndio e pânico da edificação ou área de risco do projeto técnico aprovado se a exigência do SPDA consta como medida de segurança obrigatória;
1.2	Exigir, quando no item 3 do Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA estiver assinalado a opção "NÃO", o demonstrativo de isenção de cálculo para a instalação do SPDA; Nota: Para este caso o vistoriador deverá arquivar tal demonstrativo no Processo Segurança Contra Incêndio e Pânico (PSCIP) da respectiva edificação ou área de risco;
2	Tipo de SPDA
2.1	Verificar se o tipo do sistema do SPDA instalado está em concordância com o indicado no Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA. (Item 4.2 do Laudo – Tipo: Sistema Externo Isolado da Estrutura, Sistema Externo não Isolado da Estrutura ou Sistema Estrutural/Natural (não isolado)).
3	Subsistema de Captação do SPDA
3.1	Verificar se o método de captação instalado está em concordância com o indicado no Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA. (Item 4.3.1 do Laudo – Método: Ângulo de Proteção, Esfera Rolante, Malhas ou Combinação de Métodos).
3.2	Verificar se o material utilizado no subsistema de captação esta conforme Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA (cobre, aço galvanizado a quente, aço cobreado, alumínio e outros previstos na tabela 6 da ABNT NBR 5419-3:2015);
3.3	Verificar se a seção dos cabos/fitas utilizados no subsistema de captação está conforme Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA (Valores mínimos conforme Norma: - cobre: 35 mm ² ; - aço galvanizado a quente: - 50 mm ² ; - aço cobreado: 50 mm ² ; - alumínio: 70 mm ²);
3.4	Verificar se as estruturas metálicas da cobertura estão interligadas com o subsistema de captação do SPDA;
3.5	Verificar, quando o subsistema de captação for do tipo malhas, se os cabos/fitas estão instalados no perímetro de toda a cobertura, com ênfase na localização dos elementos da captação em cantos, quinas, bordas e saliências significativas;
4	Subsistema de Descida do SPDA
4.1	Verificar se o subsistema de descida do SPDA está interligado ao subsistema de captação do SPDA;
4.2	Verificar se o número de cabos/fitas de descida (sendo exigida no mínimo duas descidas) está em concordância com o indicado no Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA (Item 4.3.2 do Laudo);

4.3	Verificar se o material utilizado nos cabos/fitas no subsistema de descida está conforme Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA (cobre, aço galvanizado a quente, aço cobreado, alumínio e outros previstos na tabela 6 da NBR 5419-3:2015);
4.4	Verificar se a seção utilizada nos cabos/fitas do subsistema de descida está conforme Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA (Valores mínimo conforme Norma: - cobre: 35 mm ² ; - aço galvanizado a quente: - 50 mm ² ; - aço cobreado: 50 mm ² ; - alumínio: 70 mm ²);
4.5	Verificar se a quantidade de anéis intermediários de equipotencialização (mínimo de um anel a cada 20 metros de altura) está em concordância com o indicado no Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA (Item 4.3.2 do Laudo);
4.6	Verificar, quando possível, se os anéis intermediários estão devidamente conectados ao subsistema de descida do SPDA;
4.7	Verificar se o subsistema de descida do SPDA está interligado ao subsistema de aterramento;
5	Subsistema de Aterramento do SPDA
5.1	Verificar, quando possível, se o material utilizado no subsistema de aterramento está conforme Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA (cobre, aço galvanizado a quente, aço cobreado e outros previstos na tabela 7 da NBR 5419-3:2015);
5.2	Verificar, quando possível, se a seção dos cabos/fitas utilizados no subsistema de aterramento está conforme Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA (Valores mínimo conforme Norma: - cobre: 50 mm ² ; - aço galvanizado a quente: Fita maciça: 90 mm ² , encordado: 70 mm ² ; - aço cobreado: 70 mm ² ; - alumínio: não permitido);
5.3	Verificar, quando possível, se os eletrodos de aterramento se encontram afastado a no mínimo 1,0 metro das paredes externas da edificação;
6	Documentação
6.1	Conferir se o profissional ou empresa responsável pela emissão da ART/RRT e Laudo está cadastrada e habilitada na Gerência de Normas e Cadastro (GNC) para realizar a instalação;
	ART/RRT do SPDA
6.2	Recolher a ART/RRT de instalação do SPDA;
6.3	Conferir na ART/RRT do SPDA se os dados da edificação vistoriada conferem com os dados mencionados no documento;
6.4	Exigir que toda a ART/RRT possua no campo "Observações" a seguinte descrição: "Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) executado conforme ABNT NBR 5419:2015.
6.5	Conferir a autenticidade da ART/RRT mediante assinatura do Responsável Técnico (RT)
	Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA
6.6	Exigir o Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA devidamente preenchido com todas as informações solicitadas;
6.7	Aceitar o Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA somente quando os itens 6.1 e 6.2 da equipotencialização estiverem marcados na opção "SIM";
6.8	Aceitar Laudo de Continuidade Elétrica do SPDA somente quando o item 7.2 da continuidade elétrica estiverem marcados na opção "SIM";
	Notas Fiscais
6.9	Recolher as notas fiscais dos componentes da SPDA (captadores, cabos, fitas, conectores, etc.) e anexar no PSCIP;

11.6.7.2 Instalação dos eletrodos de aterramento

Eletrodos de aterramento devem ser instalados de tal maneira a permitir sua inspeção durante a construção.

O eletrodo de aterramento em anel deve estar enterrado na profundidade de no mínimo 0,5 m e ficar posicionado à distância aproximada de 1 m ao redor das paredes externas.

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

O material utilizado como eletrodo de aterramento deverá seguir as especificações técnicas descritas em norma e diante da impossibilidade técnica da construção do anel externo à edificação, este pode ser instalado internamente. Para isto, devem ser tomadas medidas visando minimizar os riscos causados por tensões superficiais, conforme sugestões a seguir e as orientações da NBR 5419-3, em especial ao contido no item 8:

- Aumento do número de elementos utilizados, como lançamento de mais descidas, aproveitamento de elementos de aço das armaduras, pilares de aço, etc.;
- Isolação de partes condutoras expostas com utilização de condutor isolado para tensão de impulso de 100 kV, 1,2/50µs, 3 mm de isolação em polietileno reticulado;
- Aumento da resistividade superficial do solo nas proximidades dos elementos utilizados para o SPDA, com a instalação de pelo menos 15 cm de altura de brita nº1 e uma camada de 15 cm de concreto por cima dos cabos enterrados, então fechar a vala com terra devidamente compactada e finalizar o piso conforme projeto de arquitetura;
- Barreiras físicas para afastar as pessoas dos elementos componentes do SPDA, como exemplo, construção de paredes de drywall e utilização de objetos tipo plantas para manter afastamento de segurança das descidas do SPDA.
- Uso de sinalização adequada, através de placas de sinalização para manter distância de segurança, para alta tensão gerada em caso de descarga atmosférica.

11.6.7.3 Eletrodos de aterramento naturais

As armaduras de aço interconectadas nas fundações de concreto ou outras estruturas metálicas subterrâneas disponíveis podem ser utilizadas como eletrodos de aterramento, desde que sua continuidade elétrica seja garantida. Cuidados especiais nas interconexões deverão ser tomados para prevenir rachaduras do concreto. No caso de concreto protendido, os cabos de aço (cordoalhas) não podem ser utilizados como condutores das correntes da descarga atmosférica.

Nas armaduras de aço interconectadas em fundações de concreto, ou outras estruturas metálicas subterrâneas disponíveis, poderão ser utilizadas como eletrodos de aterramentos, desde que sua continuidade elétrica seja garantida. Os métodos para garantir essa continuidade são idênticos aos utilizados para os condutores de descida. Quando as armaduras das vigas de fundação (baldrame) são utilizadas como eletrodo de aterramento, devem ser tomados cuidados especiais nas interconexões para prevenir rachaduras do concreto.

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

11.6.7.4 Componentes de um SPDA

Componentes de um SPDA devem suportar os efeitos eletromagnéticos da corrente de descarga atmosférica e esforços acidentais previsíveis sem serem danificados. Portanto, eles devem ser fabricados com os materiais listados na Tabela 8 ou com outros tipos de materiais com características de comportamento mecânico, elétrico e químico (relacionado à corrosão) equivalente.

Tabela 8 - Materiais para SPDA e condições de utilização apresentados na NBR 5419-3. Fonte: ABNT (2015).

Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No concreto ou reboco	No concreto armado	Resistência	Aumentado por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Cobre	Maciço. Encordoadado Como cobertura	Maciço. Encordoadado Como cobertura	Maciço. Encordoadado Como cobertura	Não permitido	Boa em muitos ambientes	Compostos sulfurados Materiais orgânicos Altos conteúdos de cloretos	–
Aço galvanizado à quente	Maciço. Encordoadado	Maciço. Encordoadado	Maciço. Encordoadado	Maciço. Encordoadado	Aceitável no ar, em concreto e em solos salubres	Altos conteúdos de cloretos	Cobre
Aço inoxidável	Maciço. Encordoadado	Maciço. Encordoadado	Maciço. Encordoadado	Maciço. Encordoadado	Bom em muitos ambientes	Altos conteúdos de cloretos	–
Aço revestido por cobre	Maciço. Encordoadado	Maciço. Encordoadado	Maciço. Encordoadado	Não permitido	Bom em muitos ambientes	Compostos sulfurados	–
Alumínio	Maciço. Encordoadado	Não permitido	Não permitido	Não permitido	Bom em atmosferas contendo baixas concentrações de sulfurados e cloretos	Soluções alcalinas	Cobre
NOTA: 1 Esta tabela fornece somente um guia geral. Em circunstâncias especiais, considerações de imunização de corrosão mais cuidadosas são requeridas.							
NOTA: 2 Condutores encordoadados são mais vulneráveis à corrosão.							

11.6.7.5 Fixação dos condutores do SPDA

Elementos captadores e condutores de descidas devem ser firmemente fixados de forma que as forças eletrodinâmicas ou mecânicas acidentais (por exemplo, vibrações, expansão térmica etc.) não causem afrouxamento ou quebra de condutores. A fixação dos condutores do SPDA deve ser realizada em distância máxima assim compreendida:

- Até 1,0 m para condutores flexíveis (cabos e cordoalhas) na horizontal;
- Até 1,5 m para condutores flexíveis (cabos e cordoalhas) na vertical ou inclinado;
- Até 1,0 m para condutores rígidos (fitas e barras) na horizontal;
- Até 1,5 m para condutores rígidos (fitas e barras) na vertical ou inclinado.

Para estruturas de pequenas dimensões, recomenda-se garantir o número mínimo de fixações de modo a impedir que esforços eletrodinâmicos, ou esforços mecânicos acidentais (por exemplo, vibração) possam causar a ruptura ou desconexão do sistema.

11.6.7.6 Dimensões

Configurações e áreas de seção mínima dos condutores dos subsistemas de captação e de descida, bem como do eletrodo de aterramento são dadas pela Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 9 - Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de captação, hastes captoras e condutores de descidas apresentados na NBR 5419-3. Fonte: ABNT (2015).

Material	Configuração	Área da seção mínima (mm²)	Comentários
Cobre	<i>Fita maciça</i>	35	<i>Espessura 1,75 mm</i>
	<i>Arredondado maciço^d</i>	35	<i>Diâmetro 6 mm</i>
	<i>Encordado</i>	35	<i>Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm</i>
	<i>Arredondado maciço^b</i>	200	<i>Diâmetro 16 mm</i>
Alumínio	<i>Fita maciça</i>	70	<i>Espessura 3 mm</i>
	<i>Arredondado maciço</i>	70	<i>Diâmetro 9,5 mm</i>
	<i>Encordado</i>	70	<i>Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm</i>
	<i>Arredondado maciço^b</i>	200	<i>Diâmetro 16 mm</i>
Aço cobreado IACS 30 %^e	<i>Arredondado maciço</i>	50	<i>Diâmetro 8 mm</i>
	<i>Encordado</i>	50	<i>Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm</i>
Alumínio cobreado IACS 64 %	<i>Arredondado maciço</i>	50	<i>Diâmetro 8 mm</i>
	<i>Encordado</i>	70	<i>Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm</i>
Aço galvanizado a quente^a	<i>Fita maciça</i>	50	<i>Espessura mínima 2,5 mm</i>
	<i>Arredondado maciço</i>	50	<i>Diâmetro 8 mm</i>
	<i>Encordado</i>	50	<i>Diâmetro de cada fio da cordoalha 1,7 mm</i>
	<i>Arredondado maciço^b</i>	200	<i>Diâmetro 16 mm</i>
Aço inoxidável^c	<i>Fita maciça</i>	50	<i>Espessura 2 mm</i>
	<i>Arredondado maciço</i>	50	<i>Diâmetro 8 mm</i>
	<i>Encordado</i>	70	<i>Diâmetro de cada fio da cordoalha 1,7 mm</i>
	<i>Arredondado maciço^b</i>	200	<i>Diâmetro 16 mm</i>

^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme a NBR 6323 [1].

^b Aplicável somente a mini captoras. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo: força do vento, não forem críticos é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1 m.

^c Composição mínima AISI 304 ou composto por cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.

^d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.

^e A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (International Annealed Copper Standard).

NOTA 1 Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo é importante que as prescrições da tabela 7 sejam atendidas.

NOTA 2 Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

Tabela 10 - Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento apresentado na NBR 5419-3. Fonte: ABNT (2015).

Material	Configuração	Dimensões mínimas ^f		Comentários ^f
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordado ^c	—	50 mm ²	Diâmetro de cada fio Cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço ^c	—	50 mm ²	Diâmetro 8 mm
	Fita maciça ^c	—	50 mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço ^c	15 mm	—	—
	Tubo	20 mm	—	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço ^{a b}	16 mm	Diâmetro 10 mm	—
	Tubo ^{a c}	25 mm	—	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça ^a	—	90 mm ²	Espessura 3 mm
	Encordado	—	70 mm ²	—
Aço cobreado	Arredondado maciço ^d Encordado ^g	12,7 mm	70 mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
Aço inoxidável ^e	Arredondado maciço Fita maciça	15 mm	Diâmetro 10 mm 100 mm ²	Espessura mínima 2 mm
<p>^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme a ABNT 6323 [1].</p> <p>^b Aplicável somente a mini captos. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo: força do vento, não forem críticos é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1 m.</p> <p>^c Composição mínima AISI 304 ou composto por cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.</p> <p>^d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.</p> <p>^e Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo devem atender as prescrições desta tabela.</p> <p>^f A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (International Annealed Copper Standard).</p> <p>^g Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.</p>				

11.6.7.7 Inspeção visual

Devem ser feitas inspeções visuais no local para verificar se:

- Não existem falhas de conexão em condutores. Para isto utilizar de verificação da crimpagem de cabos, preparação do cabo, aperto de conexões, existência de pontos de corrosão;
- Nenhuma parte do sistema foi comprometida devido à corrosão, principalmente ao nível do solo;
- Condutores de equipotencialização e blindagens dos cabos estão intactos e interligados;



- Não existem acréscimos ou alterações que necessitam medidas de proteção adicionais. Notar que eventuais acréscimos ou alterações demandam revisão do projeto que deve ser reverificado;
- Não existe indicação de danos nos DPS e seus fusíveis ou interruptores;
- Os roteamentos apropriados estão mantidos;
- As distâncias de segurança para as blindagens espaciais estão mantidas.

11.6.8 Critérios de levantamento, medição e pagamento

11.6.8.1 Levantamento (quantitativo para projeto)

A relação de materiais será parte integrante do projeto de instalações do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, devendo ser elaborada pelo projetista, Responsável Técnico da CONTRATADA.

Eventuais discrepâncias encontradas entre o levantamento da própria obra e do projeto devem ser comunicadas à FISCALIZAÇÃO da SUDECAP.

11.6.8.2 Medição

Os elementos de proteção contra descarga atmosférica serão medidos de acordo com a real utilização dos itens instalados na obra.

11.6.8.3 Pagamento

O serviço será realizado considerando o preço unitário contratual, contemplando todos os captos, dispositivos de proteção, condutores, peças, acessórios e mão de obra, necessários à instalação e ao perfeito funcionamento do conjunto

A realização do pagamento se dará em todos os casos com aprovação da documentação exigida no contrato, que deverá estar completa.

11.7 CABEAMENTO ESTRUTURADO E TELECOMUNICAÇÕES

11.7.1 Objetivo

Este item define os requisitos e padrões de projeto, construção, montagem, instalação, testes, comissionamento, partida, colocação em operação e manutenção nas instalações de cabeamento estruturado e telecomunicações.

A instalação do cabeamento estruturado e de telecomunicações visam a dar suporte às necessidades dos vários sistemas que demandam comunicação, dentre eles temos telefonia, rede de computadores, computação móvel, CFTV. Esta infraestrutura deve ser projetada e instalada considerando horizontes de vida superiores aos dos próprios equipamentos aos quais dará suporte, uma vez que sua substituição além de cara é complexa. A expressão “comunicação de dados” e “rede de dados” se referem a toda a infraestrutura de transporte de informação ou dados, com exceção da rede de voz.

A instalação da infraestrutura que compõe o sistema de cabeamento estruturado e telecomunicações deverá obedecer ao estabelecido neste documento e demais documentos técnicos normativos.

11.7.2 Condições gerais

No início da obra, o responsável pela execução dos serviços deverá elaborar cronograma executivo identificando os pontos de verificação necessários. O cronograma deverá ser entregue à FISCALIZAÇÃO e enviado para a PRODABEL de forma que a esta possa identificar o tipo de serviço lógico a ser implantado para a compatibilização dos cronogramas.

Toda a instalação da rede e equipamentos ficará a cargo da CONTRATADA, responsável pela execução da obra, ficando a cargo da PRODABEL somente a **interligação** dos *patch-cords* e equipamentos ativos.

A CONTRATADA deverá seguir a versão atualizada das diretrizes para a instalação de infraestrutura elétrica e de telecomunicações da PRODABEL - Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S/A, comunicando por escrito qualquer desvio encontrado entre projeto e tais diretrizes para a FISCALIZAÇÃO.

11.7.3 Condições específicas

A instalação do cabeamento estruturado e de telecomunicações visa dar suporte às necessidades dos vários sistemas que demandam comunicação, dentre eles telefonia, rede de computadores, computação móvel, CFTV. Esta infraestrutura deve ser projetada e instalada considerando horizontes de vida superiores aos dos próprios equipamentos, aos quais dará suporte uma vez que sua substituição além de cara é complexa.



Os edifícios devem oferecer infraestrutura para os sistemas de cabeamento com as facilidades de interconexão dentro e entre prédios, para um melhor e mais eficiente gerenciamento dos processos de automação e distribuição de facilidades de telecomunicações internas e externas, incluindo voz, dados e imagem. Os prédios devem ter também infraestrutura para interconexões em redes LAN e WAN e redes públicas de telefonia. Toda a rede elétrica necessária para atender os serviços da rede de telecomunicações deverá ter seus circuitos separados da rede elétrica convencional, inclusive com QDC (quadro de distribuição de circuitos) próprio.

A execução do projeto, execução das obras necessárias e testes devem seguir obrigatoriamente as diretrizes gerais para execução de serviços de instalação de telefonia e de comunicação de dados, conforme a NBR 14565, NBR 5410, procedimentos da ANATEL e diretrizes da PRODABEL, nas suas últimas revisões.

11.7.4 Instalações telefônicas e de rede de cabeamento estruturado

Este item tem como objetivo estabelecer as diretrizes gerais para execução de serviços de instalação de telefonia e de comunicação de dados, conforme a NBR 14565, NBR 5410, procedimentos da ANATEL e diretrizes da PRODABEL, nas suas últimas revisões, assim como demais documentos normativos que tratam desta matéria.

11.7.4.1.1 Cabos de entrada de telefonia

É de responsabilidade da CONTRATADA da PBH a solicitação de elaboração do projeto de rede primária (cabo de entrada) à concessionária de telefonia fixa em tempo hábil, uma vez que a execução/instalação do cabo primário de entrada é de responsabilidade da primeira.

11.7.4.1.2 Infraestrutura para conexão com o provedor do serviço de comunicação de dados

É de responsabilidade da CONTRATADA da PBH a elaboração do projeto da rede de conexão do provedor do serviço de comunicação de dados, que poderá ser o mesmo dos serviços de telefonia.

A rede e tubulação secundária, o cabeamento, a fixação e a instalação de tomadas também deverão ser executadas pela CONTRATADA, em conformidade com as normas da concessionária e com o projeto da instalação o qual deverá seguir as recomendações deste documento. As tomadas da rede de dados em instalações que utilizam cabeamento estruturado são compartilhadas com as tomadas de telefonia.

11.7.4.1.3 Tubulação secundária

Os dutos somente poderão ser cortados perpendicularmente ao seu eixo, retirando cuidadosamente as rebarbas deixadas nas operações de corte ou de abertura de novas roscas. As extremidades dos dutos, quer sejam internos ou externos, embutidos ou não, serão protegidas por buchas.

A junção dos dutos será efetuada de modo a permitir e manter, permanentemente, o alinhamento e a estanqueidade. Antes da confecção de emendas, verificar-se-á se luvas e dutos estão limpos.

No caso de dutos de PVC rígido, estes serão emendados através de luvas atarraxadas em ambas as extremidades a serem conectadas. Estas serão introduzidas na luva até se tocarem para assegurar a continuidade interna da instalação.

Os dutos embutidos nas vigas e lajes de concreto armado serão colocados sobre os vergalhões da armadura inferior. Todas as aberturas e bocas dos dutos serão fechadas para impedir a penetração de nata de cimento durante a colocação de concreto nas formas. A instalação de tubulação embutida nas peças estruturais de concreto armado será efetuada de modo que os dutos não suportem esforços não previstos, conforme disposição da NBR 5410.

Nas juntas de dilatação a tubulação será seccionada e receberá caixas de passagem, uma de cada lado das juntas. Em uma das caixas, o duto não será fixado, permanecendo livre. Outros recursos poderão ser utilizados, como por exemplo, a utilização de uma luva sem rosca do mesmo material do duto para permitir o seu livre deslizamento.

Os dutos aparentes serão instalados, sustentados por braçadeiras fixadas nas paredes, a cada 2 metros. Em todos os lances de tubulação, aparentes ou não, serão passados arames-guia que ficarão dentro das tubulações, presos nas buchas de vedação, até a sua utilização para puxamento dos cabos. Estes arames correrão livremente. Para absorver dilatação ou movimentação da estrutura pode ser utilizada a solução de eletroduto flexível. Os eletrodutos da rede de voz, dados ou de imagem podem compartilhar o mesmo encaminhamento da rede elétrica desde que as distâncias de separação dos diferentes níveis e tipos de sinal sejam respeitadas.

Cabos de fibra ótica devem ter dutos separados dos demais cabos elétricos utilizados no sistema de cabeamento estruturado.

Os dutos não poderão ter saliências maiores que a altura da arruela mais a bucha de proteção.

Na elaboração do projeto, especificação e dimensionamento do quantitativo de materiais considerar as exigências de que:

- Nas extremidades dos dutos, quer sejam internos ou externos, embutidos ou não, estes sejam protegidas por buchas;
- Nos casos em que serão utilizados dutos de PVC rígido, que estes sejam emendados através de luvas atarraxadas em ambas as extremidades;
- Que sejam assentados em linha reta;
- Que diante da necessidade de mudança de direção, sejam utilizadas curvas pré-fabricadas. Tais curvas serão de padrão comercial e escolhidas de acordo com o diâmetro do duto empregado;
- Nas juntas de dilatação, a tubulação será seccionada e receberá caixas de passagem, uma de cada lado das juntas. Em uma das caixas, o duto não será fixado, permanecendo livre. Outros recursos poderão ser utilizados, como por exemplo, a utilização de uma luva sem rosca do mesmo material do duto para permitir o seu livre deslizamento;
- Os dutos aparentes serão instalados, sustentados por braçadeiras fixadas nas paredes, no mínimo a cada 2 metros.

11.7.4.1.4 Caixas

- Caixas de saída, de passagem, de distribuição e DG

Todas as caixas deverão situar-se em recintos secos, abrigados e seguros, de fácil acesso e em áreas de uso comum da edificação. Não poderão ser localizadas nas áreas fechadas de escadas. A fixação dos dutos nas caixas será efetuada por meio de arruelas e buchas de proteção.

Quando da instalação de tubulação aparente, as caixas de passagem serão fixadas na parede.

Os dutos devem entrar por baixo das caixas de forma a prevenir a entrada de água. Entrada lateral ou superior é permitida se o duto dispuser de drenos e antes de entrar na caixa ele desça até um nível inferior ao do fundo da caixa. Os drenos devem ficar no ponto mais baixo do duto.

- Caixas subterrâneas

A entrada e saída dos dutos nas caixas de distribuição, passagem e distribuição geral, somente poderão ser efetuadas nas extremidades superior e inferior das caixas. A entrada dos dutos nos cubículos do poço de elevação somente poderá ser efetuada no piso.

- Caixas de saída

As caixas de saída para telefones de mesa e de parede serão instaladas nas alturas (em relação ao piso) recomendadas pela concessionária de telefonia fixa.

Dutos retangulares de piso e caixas de saída de derivação

Os dutos retangulares somente serão cortados perpendiculares a seu eixo, retirando cuidadosamente todas as rebarbas deixadas na operação de corte.

O projeto deverá ser elaborado de acordo com a concessionária ou prestadora dos serviços de telefonia fixa e do provedor do serviço de comunicação de dados. Deverá ser dada preferência à utilização de cabos subterrâneos. As interligações entre edificações, colocadas no mesmo sítio, deverão ser feitas por fibra ótica ou através de link de comunicação sem fio dedicado à interligação.

11.7.4.1.5 Padrão de entrada aérea e subterrâneo

É de responsabilidade da CONTRATADA solicitar a vistoria da concessionária de telefonia fixa e do provedor do serviço de comunicação de dados ao padrão executado, em tempo hábil de se corrigir possíveis falhas bem como solicitar desta concessionária ou do provedor o projeto do cabo primário de entrada.

A concessionária de telefonia fixa ou o provedor do serviço de comunicação de dados poderá vistoriar a rede secundária e caso verifique irregularidades, estas deverão ser sanadas pela CONTRATADA para possibilitar a posterior ligação da rede primária.

11.7.4.1.6 Dutos retangulares de piso e caixas de saída de derivação

Os dutos retangulares serão emendados utilizando junções niveladoras de forma a garantir uma resistência mecânica equivalente à dos dutos sem emendas, e com uma vedação adequada para impedir a entrada de

argamassa ou nata de concreto e também, manter a continuidade e regularidade da superfície interna.

Quando interligados às caixas de distribuição, os dutos serão terminados nestas por meio de luvas de acabamento. Os dutos retangulares serão instalados de tal modo que as tampas a serem colocadas nos orifícios dos dutos, não conectados às caixas de saída, sejam niveladas com o piso.

As caixas de derivação serão instaladas também de modo que sua parte superior seja nivelada com o piso. Os finais dos dutos retangulares do piso, como também as terminações das caixas de derivação não utilizadas, serão vedados com terminais de fechamento, de forma a impedir a entrada de argamassa ou nata de concreto.

11.7.4.1.7 Rede de cabos e fios

Em instalações aparentes verticais a fixação dos cabos será efetuada por braçadeiras espaçadas de 50 cm. As emendas em cabos e fios de telefonia somente poderão ser efetuadas em caixas de passagem não sendo permitidas emendas no interior de dutos. Tais emendas serão executadas somente quando estritamente necessário, onde o comprimento da ligação for superior ao lance máximo de acondicionamento fornecido pelo FABRICANTE.

Cabos de comunicação de dados, elétricos ou óticos, não devem ter emendas.

Cabos de comunicação de dados elétricos e demais acessórios de interligação devem atender as especificações mínimas CAT6 conforme norma TIA / EIA 568A, EN 50173 e NBR 14703.

Cabos de comunicação de dados óticos de interconexão interna à edificação devem ser especificados utilizando fibra multimodo de 62,5/125µm

Cabos de comunicação de dados óticos de interconexão entre edificações devem ser especificados utilizando fibra monomodo.

11.7.4.1.8 Blocos terminais

Os blocos terminais serão fixados diretamente sobre a prancha de madeira no fundo da caixa de distribuição geral ou de derivação quando a capacidade do cabo de entrada e de saída for de dez ou vinte pares. Quando a capacidade do cabo de entrada e de saída for superior a vinte pares, os blocos terminais serão instalados por meio de canaletas-suporte.

Nas caixas de distribuição geral os blocos terminais para ligação dos cabos de entrada serão fixados na sua parte superior, e os de saída, na parte inferior e também serão instalados anéis-guia com rosca soberba, ao lado de cada fileira de blocos. Nas caixas de distribuição as canaletas serão instaladas com blocos BLI-10 em seu centro.

11.7.4.1.9 Cabeamento estruturado - Testes

As instalações de cabeamento estruturado demandam a realização de testes após sua construção de forma a assegurar o desempenho esperado deste tipo de infraestrutura.

O projeto deve estabelecer a realização de testes para a certificação da instalação devendo estes ser realizados após a conclusão da montagem. Deverão ser emitidos os certificados de testes, com todos os parâmetros medidos, instrumento utilizado com validade do certificado de calibração e assinado pelo profissional responsável pelo teste devendo ser anexada a ART do serviço realizado. Os testes devem ser realizados em conformidade com a NBR 14565, e no mínimo:

- Mapeamento das cores dos condutores, curto-circuito, circuito aberto e continuidade elétrica;
- NEXT - atenuação de Paradiafonia, em dB (decibéis);
- Relação de atenuação, em dB;
- Comprimento do enlace do cabo em metros;
- Relação sinal/ ruído, dentre outros.

Os ensaios de cabos para cabeamento balanceado devem ser conduzidos conforme especificado na NBR 14703.

Os ensaios de cabos de fibras para cabeamento óptico devem ser conduzidos conforme especificado na IEC 60794-2 para cabos de uso interno e na IEC 60794-3 para cabos de uso externo. Os ensaios de conectores para cabeamento estruturado óptico devem ser conduzidos conforme especificado na NBR 14433.

Para manter conexões consistentes e corretas, providências devem ser tomadas para assegurar que as terminações sejam localizadas de forma adequada, em relação às posições do conector e aos elementos



correspondentes do cabo. Tais providências podem incluir o uso de cores, identificadores alfanuméricos ou outros meios projetados para assegurar que os cabos sejam conectados de forma consistente ao longo do sistema.

Deve ser realizado o planejamento dos caminhos e a seleção da estrutura de caminhos mais adequada considerando-se cada subsistema do cabeamento. Para a conformidade com a NBR 14565, os seguintes subsistemas devem ser considerados:

- Backbone de campus;
- Backbone de edifício;
- Cabeamento horizontal (Consiste na malha de cabos que interligam às tomadas de telecomunicações (TO) aos armários de telecomunicações).

Os caminhos devem estar de acordo com as especificações das instalações, e o cronograma deve estar disponível. O instalador deve se certificar de que:

- Os caminhos suportem a quantidade, volume e massa de cabos a serem instalados;
- Os acessórios estejam devidamente instalados;
- Toda instalação esteja em conformidade com a NBR 16415.

Deve-se atentar ao planejamento e infraestruturas de cabeamento, incluindo cabeamento, caminhos espaços, aterramento e equipotencialização em suporte Normas de cabeamento estruturado entre outros documentos.

11.7.4.1.10 Rede de cabos e fios

11.7.4.1.10.1 Instalação de cabos e fios

No puxamento de cabos e fios em dutos, não serão permitidos lubrificantes orgânicos; poderão ser usados talco industrial neutro e vaselina industrial neutra. O serviço será efetuado manualmente, utilizando alça de guia e roldanas, com diâmetro pelo menos três vezes superior ao diâmetro do cabo ou grupo de cabos, ou pela amarração do cabo ou fio em pedaço de tubo. Deverá ser utilizada medição de esforço durante puxamento dos cabos quando indicado pela fiscalização da SUDECAP.

Os cabos e fios serão puxados, continua e lentamente, evitando esforços que possam danificá-los ou soltá-los. A amarração do cabo à alça-guia e roldanas será efetuada na seguinte sequência:

- Remover aproximadamente 25 cm de capa e enfaixamento da extremidade do cabo, deixando os condutores livres;
- Passar cada grupo de condutores pela alça-guia e roldana e dobrá-los numa distância conveniente a que as pontas dos condutores sobrepassem a parte encapada do cabo;
- Juntar os grupos de condutores em torno do cabo e fazer uma amarração com arame de aço.

11.7.4.1.10.2 Fixação dos cabos

Em instalações aparentes verticais a fixação dos cabos será efetuada por braçadeiras espaçadas de 50 cm. Em trechos curvos as braçadeiras serão fixadas no início e no fim de cada curva, sendo adotados os raios mínimos de curvatura recomendados pelo fabricante do cabo, elétrico ou óptico, ou pelas normas da TELEBRÁS ou da concessionária de telefonia fixa. Deverá ser adotado o raio de curvatura maior entre as recomendações existentes.

11.7.5 Critério de levantamento, medição e pagamento

11.7.5.1 Levantamento (quantitativo para projeto)

11.7.5.1.1 Tubulações

O serviço será levantado no projeto de instalação telefônica ou de comunicação de dados e de telefonia, por metro linear de tubulação a ser instalada, incluindo conexões.

11.7.5.1.2 Fiação e cabeamento

O serviço será levantado no projeto de instalação telefônica ou de comunicação de dados e telefonia, por metro linear de fiação e/ou cabeamento, a ser instalado, com sobra estimada de 20 cm em cada caixa de passagem.

11.7.5.1.3 Peças e acessórios

O serviço será levantado no projeto de instalação telefônica ou de comunicação de dados e telefonia, por



unidade efetivamente instalada incluindo todos os materiais, mão de obra e procedimentos anteriormente listados, necessários à execução dos serviços. Serão considerados neste item as caixas, quadros de distribuição, conduletes, tomadas, caixas de emenda de fibra óptica e outros acessórios para a instalação telefônica e de comunicação de dados e telefonia a serem listados separadamente, conforme abrangência.

11.7.5.1.4 Painéis e racks de equipamentos

O serviço será levantado no projeto de instalação telefônica ou de comunicação de dados e telefonia, por unidade efetivamente instalada incluindo todos os materiais, mão de obra e procedimentos anteriormente listados, necessários à execução dos serviços. Serão considerados neste item os painéis de equipamentos de rede, CFTV, telefonia e outros necessários e indicados no projeto e incluem os equipamentos internos aos painéis tais como “patch panels”, caixas de conectorização de fibras óticas internas aos painéis, tomadas de energia, iluminação, sensores de fumaça.

11.7.5.2 Medição

Será efetuada aplicando o mesmo critério de levantamento, entretanto, considerando o quantitativo do serviço efetivamente realizado, apropriado na obra.

Em hipótese nenhuma será medido em separado qualquer tipo de conexão.

As instalações só serão medidas após serem devidamente testadas, com relatórios de certificação dos cabos emitidos devidamente assinados por profissional e ART emitida, certificado de calibração dos instrumentos de medição utilizados e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO. Deve ser seguido no teste o estabelecido nos Procedimentos de Projetos: Telecomunicações em seu item 3.3 e o conjunto de ensaios preconizados pela NBR 14565.

11.7.5.3 Pagamento

11.7.5.3.1 Tubulações

O serviço será pago pelo preço unitário contratual, contemplando a tubulação a ser instalada, o fornecimento de todo o material, conexões, buchas, arruelas, demais acessórios, a instalação dos suportes, a pintura, a mão de obra e os procedimentos anteriormente listados.

11.7.5.3.2 Fiação e cabeamento

O serviço será pago pelo preço unitário contratual, contemplando a fiação e/ou cabeamento a ser instalado, o fornecimento de todos os materiais, mão de obra, encargos e procedimentos anteriormente listados.

11.7.5.3.3 Peças e acessórios

O serviço será pago pelo preço unitário contratual da unidade efetivamente instalada, contemplando o fornecimento de todos os materiais, mão de obra e procedimentos anteriormente listados, necessários à execução dos serviços. Serão considerados neste item as caixas, quadros de distribuição, tomadas e outros acessórios e complementos para instalação telefônica, conforme descritos na planilha contratual.

11.7.5.3.4 Painéis e racks de equipamentos

O serviço será pago pelo preço unitário contratual da unidade efetivamente instalada, contemplando o fornecimento de todos os materiais, mão de obra e procedimentos anteriormente listados, necessários à execução dos serviços.

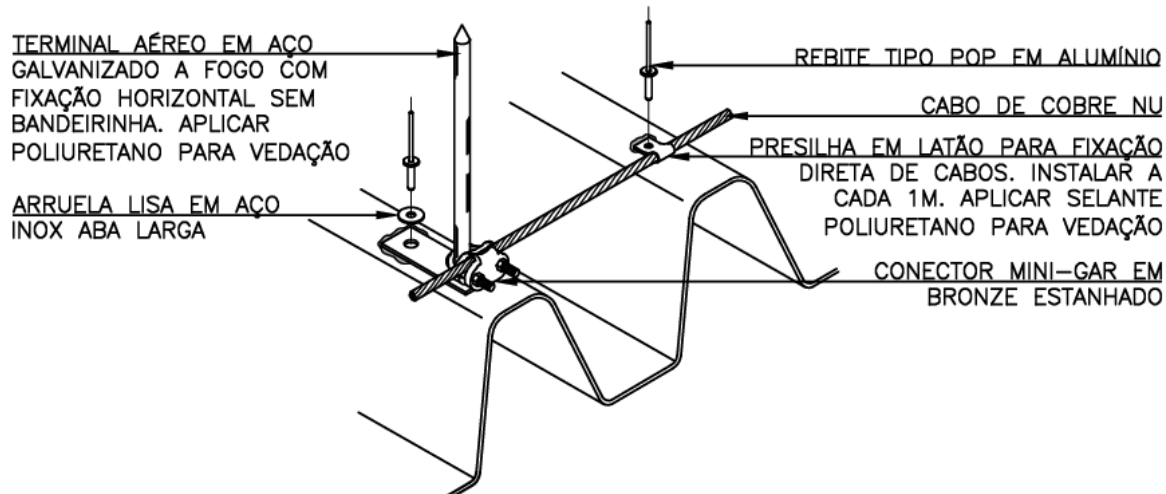
11.7.5.3.5 Geral

A medição e pagamento se dará após a realização dos ensaios e testes requeridos com a emissão dos respectivos relatórios de testes e ensaios atestando a qualidade da instalação e aprovação do relatório pela fiscalização da SUDECAP.

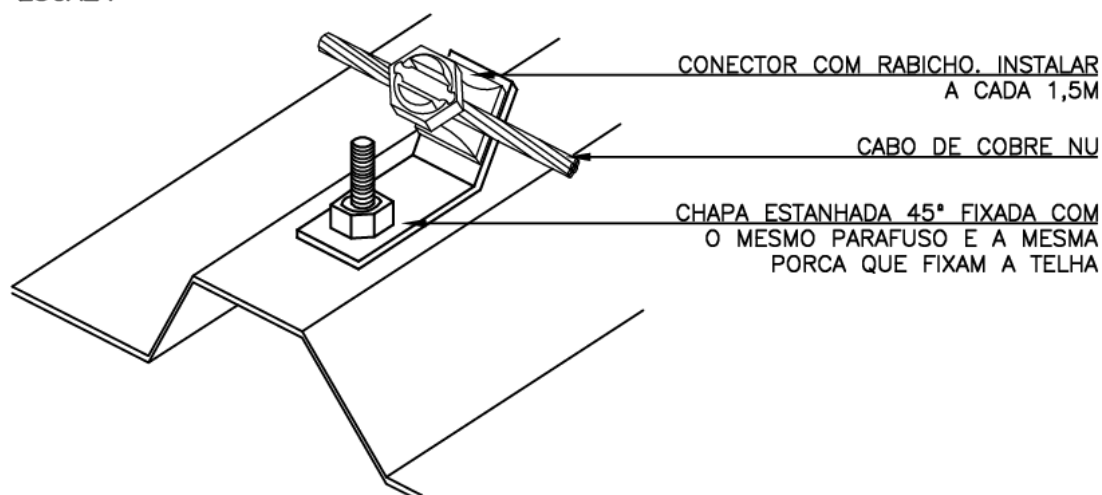
Também é necessária a emissão de lista de verificação preenchida pela fiscalização de forma a comprovar a realização do serviço e/ou o fornecimento do material, emissão e aprovação dos relatórios de teste de forma a assegurar a adequação da instalação para prover as funcionalidades necessárias.

11.8 DETALHES CONSTRUTIVOS SPDA

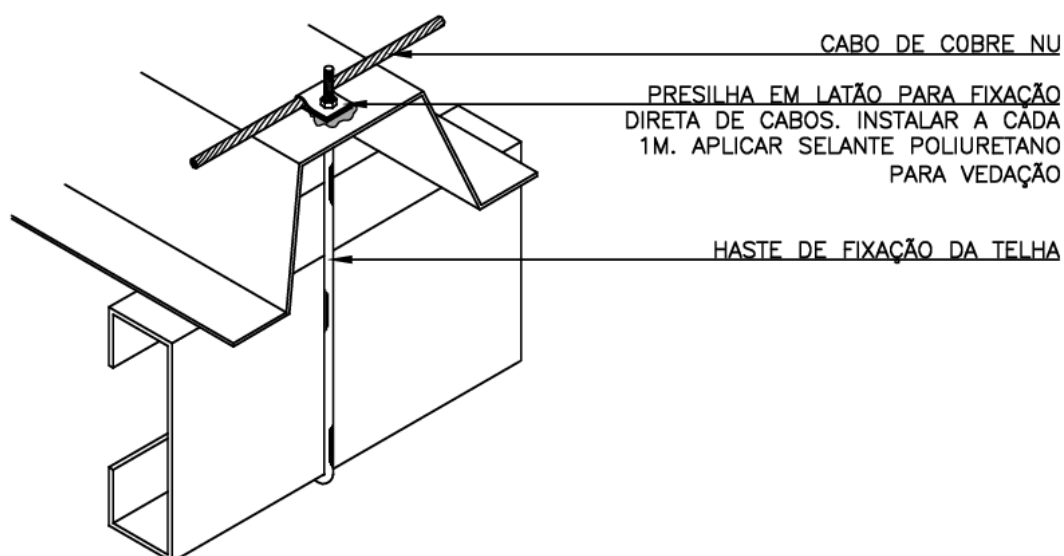
As figuras a seguir (Figura 2 a Figura 5) mostram exemplos de elementos do SPDA que devem ser apresentados em cada projeto para facilitar a execução da obra.



DETALHE 1 – FIXAÇÃO DA CAPTAÇÃO EM TELHA DE FIBROCIMENTO SEM ESCALA

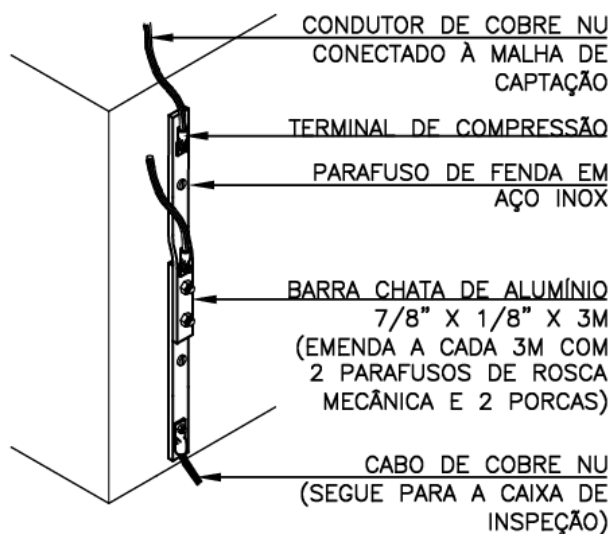


DETALHE 2 – FIXAÇÃO DOS CONDUTORES EM TELHA/CUMEEIRA METÁLICA SEM ESCALA

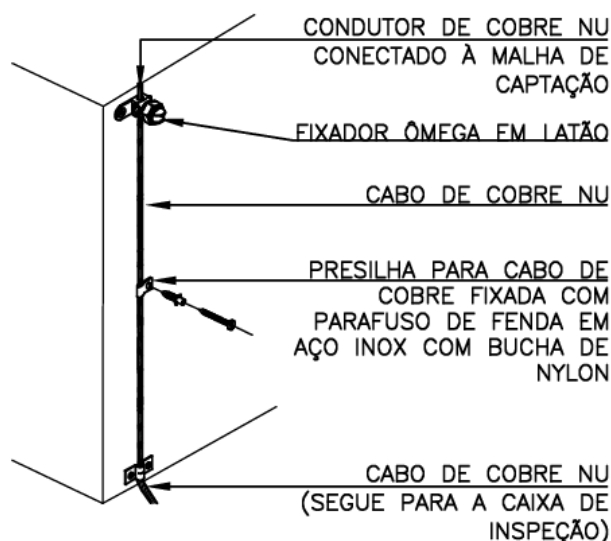


DETALHE 3 – FIXAÇÃO DOS CONDUTORES EM TELHA METÁLICA SEM ESCALA

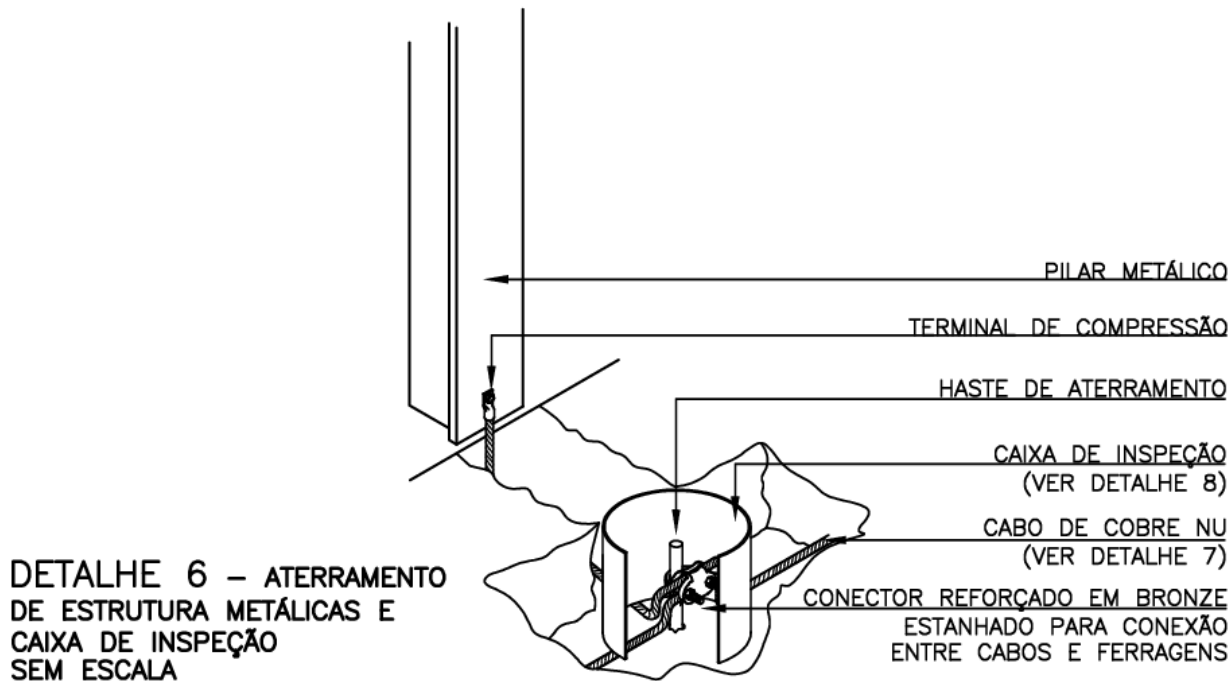
Figura 2 - Detalhe da fixação em coberturas. Fonte: Elaboração própria. Nota: Desenho elaborado em 10/09/2019.



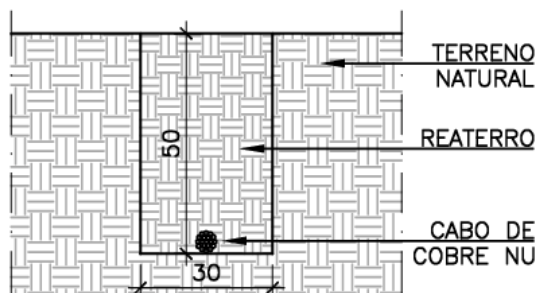
**DETALHE 4 – CONEXÃO DA DESCIDA
EM BARRA CHATA DE ALUMÍNIO
SEM ESCALA**



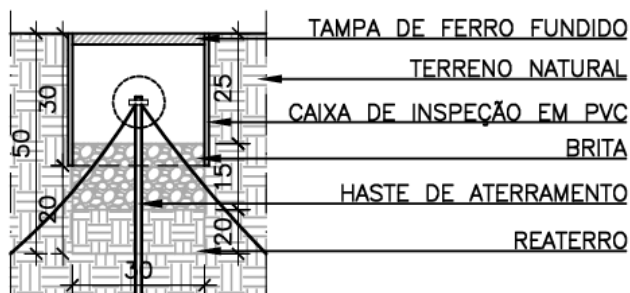
**DETALHE 5 – FIXAÇÃO DO CABO DE
DESCIDA NA ALVENARIA
SEM ESCALA**



**DETALHE 6 – ATERRAMENTO
DE ESTRUTURA METÁLICAS E
CAIXA DE INSPEÇÃO
SEM ESCALA**

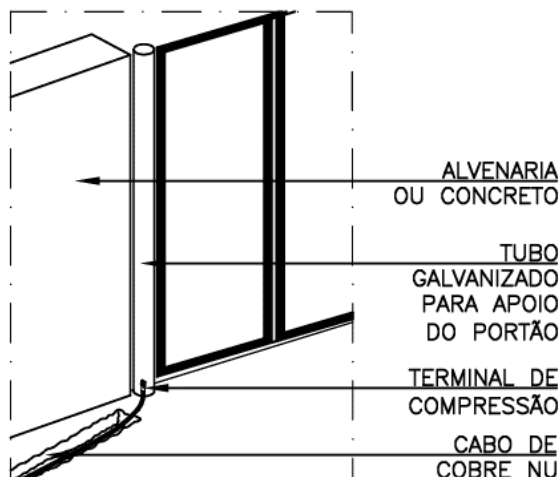


**DETALHE 7 – INSTALAÇÃO
DO CABO DE ATERRAMENTO
SEM ESCALA**

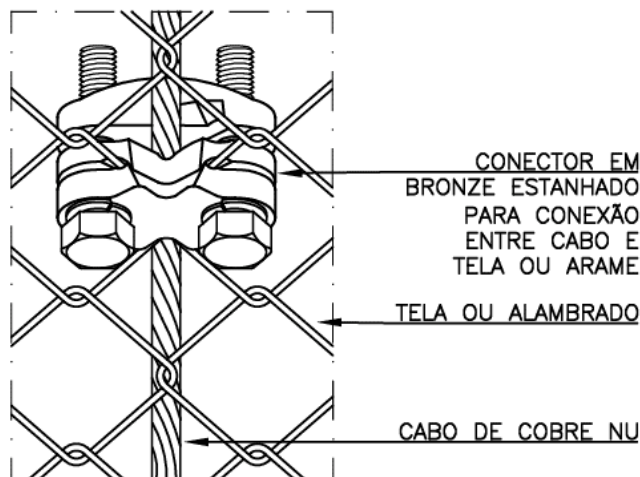


**DETALHE 8 – CAIXA DE INSPEÇÃO DE
ATERRAMENTO
SEM ESCALA**

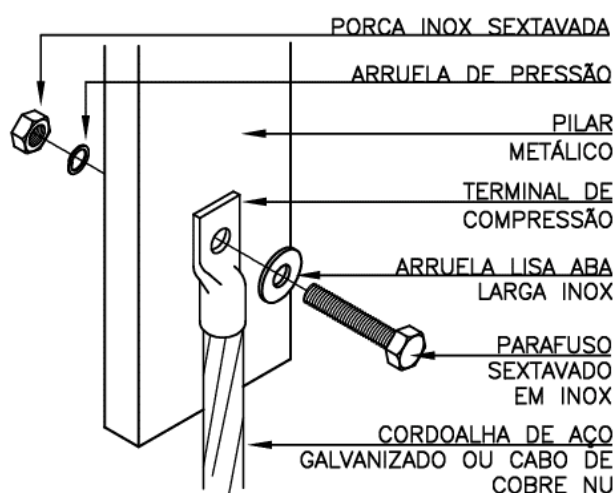
Figura 3 - Detalhes da caixa de inspeção e cabo de descida. Fonte: Elaboração própria. Nota: Desenho elaborado em 10/09/2019.



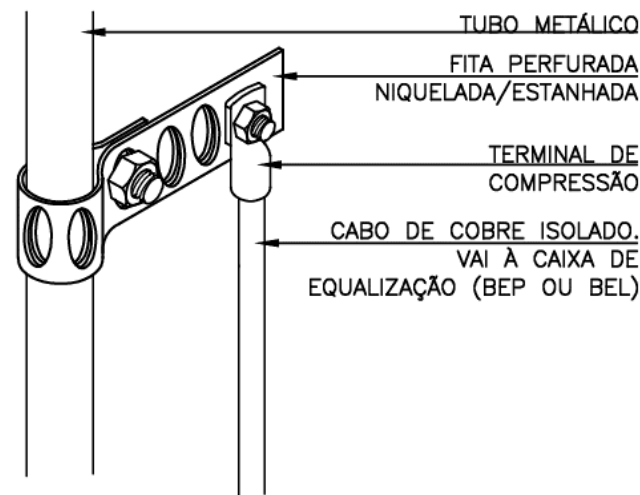
**DETALHE 9 – ATERRAMENTO DE
PORTÕES
SEM ESCALA**



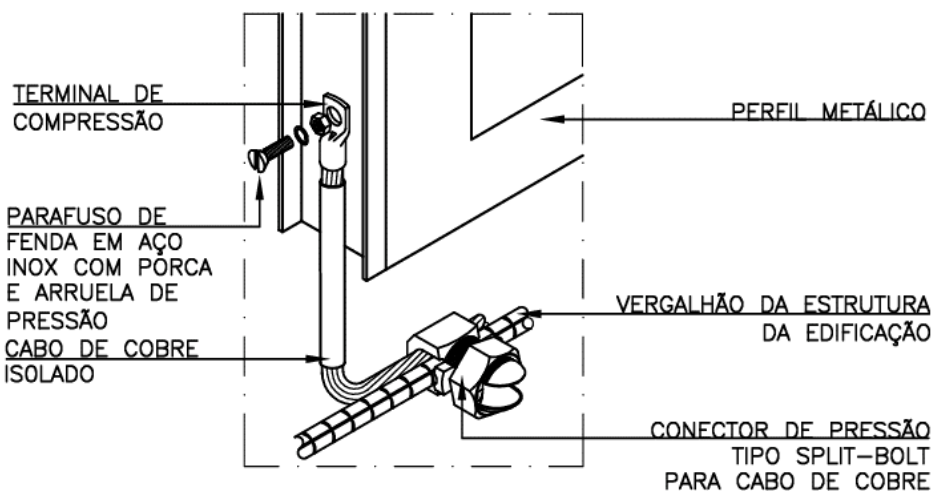
**DETALHE 10 – ATERRAMENTO DE
ALAMBRADO
SEM ESCALA**



**DETALHE 11 – EQUALIZAÇÃO DE
ESTRUTURAS METÁLICAS
SEM ESCALA**

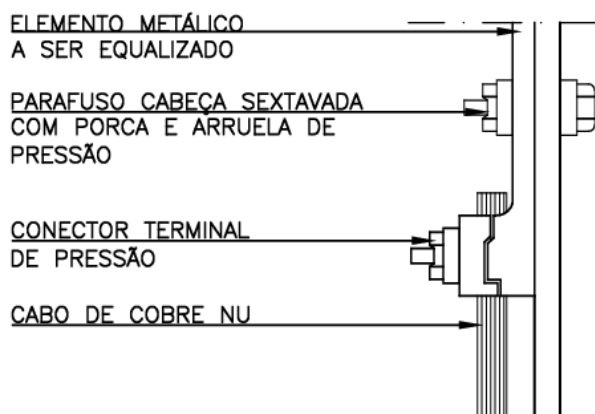


**DETALHE 12 – EQUALIZAÇÃO DE TUBOS
METÁLICOS
SEM ESCALA**

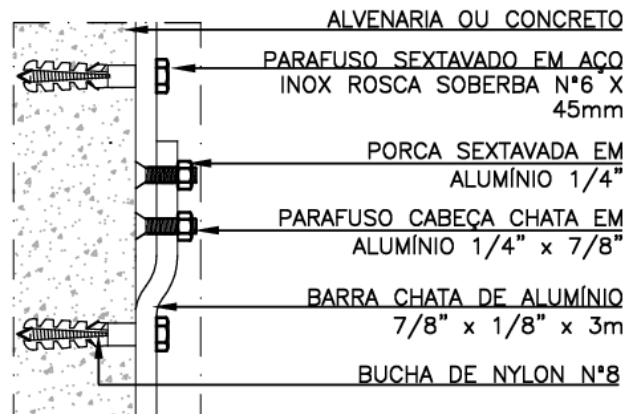


**DETALHE 13 – EQUALIZAÇÃO DAS ESQUADRIAS
SEM ESCALA**

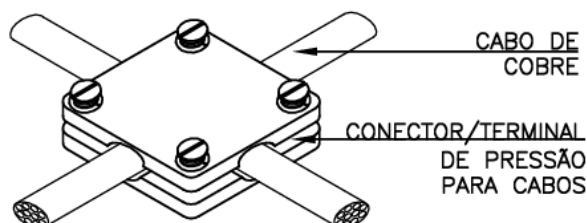
Figura 4 - Detalhes das equalizações e aterramentos. Fonte: Elaboração própria. Nota: Desenho elaborado em 10/09/2019.



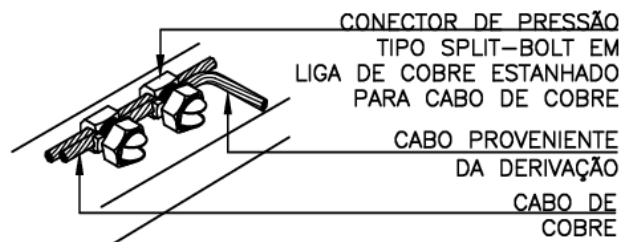
**DETALHE 14 – EQUALIZAÇÃO
DE PARTES METÁLICAS
SEM ESCALA**



**DETALHE 15 – FIXAÇÃO E CONEXÃO DE
BARRAS CHATAS DE ALUMÍNIO
SEM ESCALA**



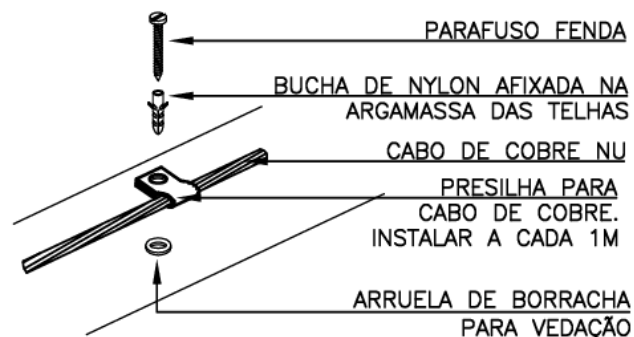
**DETALHE 16 – EMENDA COM
TERMINAL DE PRESSÃO
SEM ESCALA**



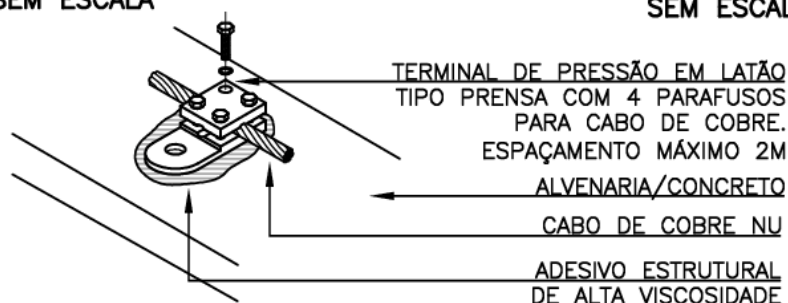
**DETALHE 17 – DERIVAÇÃO DE CABO
SEM ESCALA**



**DETALHE 18 – EMENDA COM SOLDA
EXOTÉRMICA
SEM ESCALA**



**DETALHE 19 – FIXAÇÃO DO CABO SOBRE
LAJES/PLATIBANDAS
SEM ESCALA**



**DETALHE 20 – FIXAÇÃO DO CABO E TERMINAL AÉREO EM ALVENARIA OU CONCRETO
SEM ESCALA**

Figura 5 - Detalhes das emendas e fixações. Fonte: Elaboração própria. Nota: Desenho elaborado em 10/09/2019.

11.9 DETALHES CONSTRUTIVOS CABEAMENTO ESTRUTURADO E TELECOMUNICAÇÕES

As figuras a seguir (Figura 6 a Figura 8) mostram elementos funcionais normatizados.

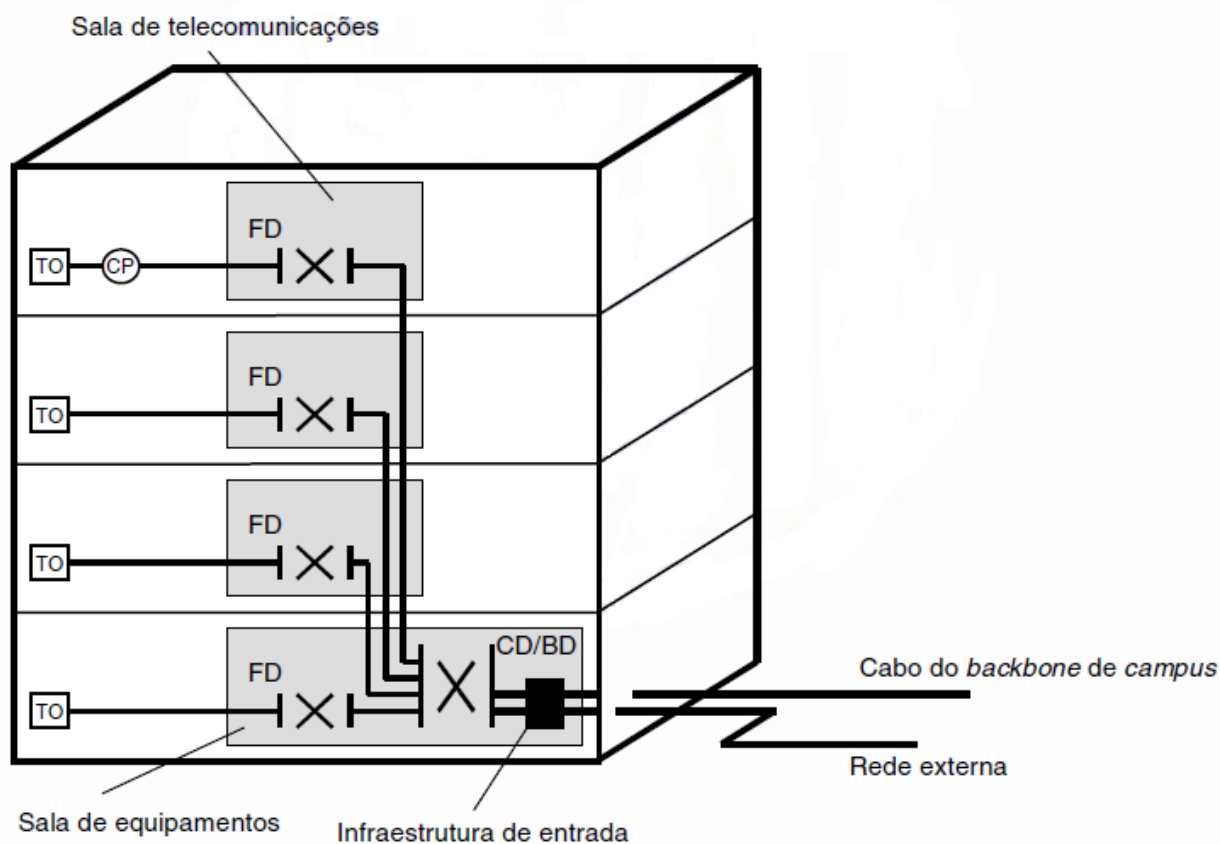


Figura 6 - Localização dos elementos funcionais do cabeamento apresentados na NBR 14565. Fonte: ABNT (2019).

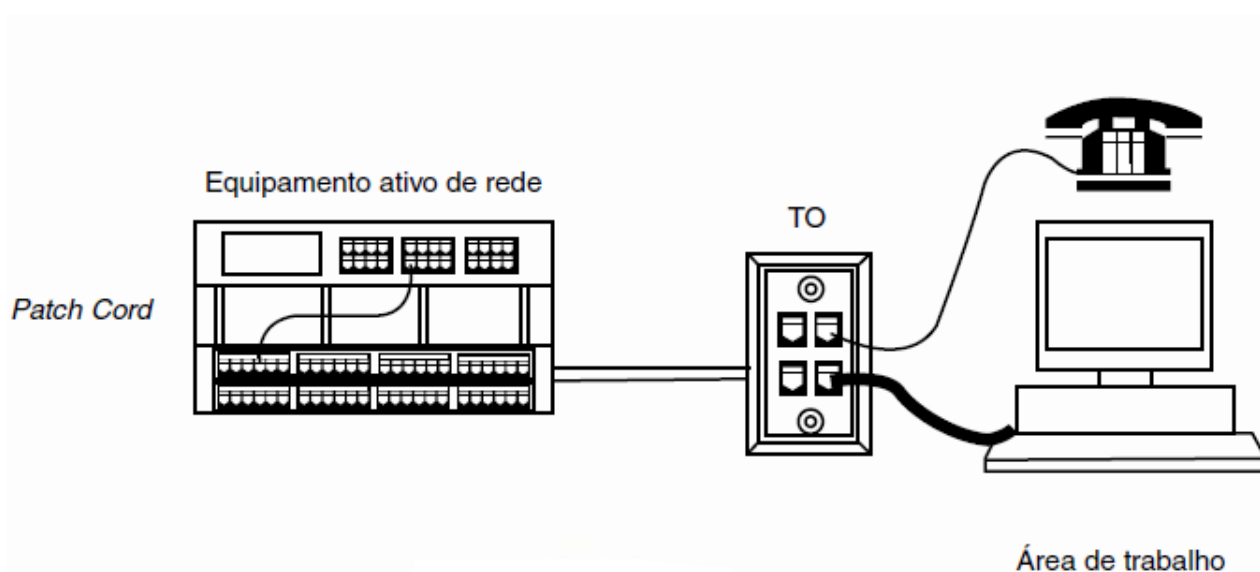


Figura 7 - Modelo de interconexão apresentado na NBR 14565. Fonte: ABNT (2019).

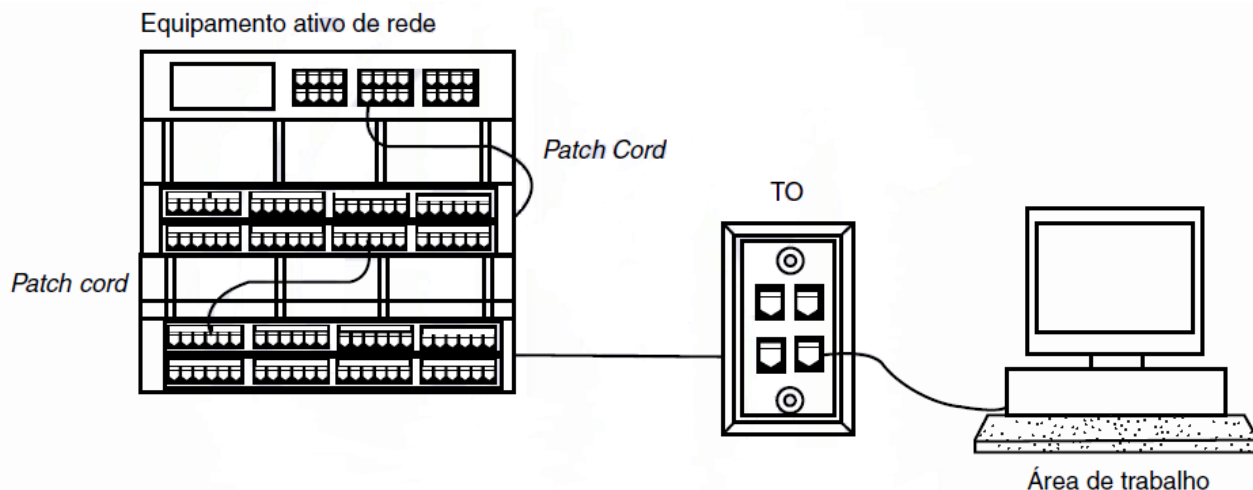


Figura 8 - Modelo de conexão cruzada apresentado na NBR 14565. Fonte: ABNT (2019).

11.10 REFERÊNCIAS

Diretrizes para instalação de infraestrutura elétrica e de telecomunicações - PRODABEL - Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S/A. 2019

Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas - IBRAOP. PROC IBR EDIF 044/2015 - Verificar a qualidade e a quantidade dos serviços na execução de instalações elétricas em baixa tensão, 2015.

NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão.

NBR 5419:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 3 - Danos físicos a estruturas e perigos à vida

NBR 5597:2013 - Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca NPT - Requisitos

NBR 5624:2011 - Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca - Requisitos

NBR 14565:2019 - Cabeamento de telecomunicações para edifícios comerciais

NBR 15465:2020 - Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão Requisitos de desempenho

Padrão de luminárias LED para iluminação pública de BH - BHIP. Disponível em: <http://www.bhip.com.br/informacoes-tecnicas/Bhip_001-17_PADRÃO_DE_LUMINÁRIAS_LED_PARA_ILUMINAÇÃO_PÚBLICA_DE_BH_rev04_051118> Acesso em: 2 ago. 2019.

U.S. DOE – U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. *Using LEDs to their Best Advantage*, 2012a. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/led_advantage.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2015.