



DIRETORIA DE ATIVIDADES TÉCNICAS

INSTRUÇÃO TÉCNICA N. 30

2ª edição

**INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS
ELÉTRICOS: SUBESTAÇÕES,
PAINÉIS FOTOVOLTAICOS E
GRUPOS GERADORES DE ENERGIA**

Aprovada pela portaria n. 69, de 25ago2022, publicada no DOEMG n. 184, ano 130, p.05.

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Aplicação
- 3 Referências
- 4 Definições
- 5 Subestações
- 6 Instalações fotovoltaicas
- 7 Grupos geradores
- 8 Prescrições diversas

ANEXOS

- A – Aspectos da Análise de Risco de Incêndio da Subestação

1 OBJETIVO

Estabelecer medidas de segurança contra incêndio para subestações elétricas, instalações com painéis fotovoltaicos e grupos geradores de energia, atendendo ao Regulamento de Segurança Contra Incêndio das edificações e espaços destinados ao uso coletivo do Estado de Minas Gerais.

2 APLICAÇÃO

2.1 Esta Instrução Técnica se aplica:

- a) às subestações elétricas, conforme seu tipo;
- b) às edificações e espaços destinados ao uso coletivo onde haja a instalação de painel fotovoltaico;
- c) às edificações e espaços destinados ao uso coletivo onde haja a instalação de grupo gerador de energia abastecido por óleo diesel.

2.1.1 Esta norma se aplica de forma recomendativa às residências unifamiliares (A-1), no que diz respeito ao item **6 Instalações Fotovoltaicas**.

2.2 Para subestações pertencentes aos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia, deve-se adotar a **NBR 13231** de forma complementar, naquilo que não contrariar esta IT.

2.3 Esta Instrução Técnica **não** se aplica a:

- a) Transformadores aéreos (em postes), seja em via pública ou interno à propriedade;
- b) Câmaras subterrâneas pertencentes à concessionária (estas devem seguir os critérios técnicos da concessionária);
- c) Torres de geração eólica;
- d) Painéis, equipamentos e transformadores pertencentes às concessionárias de fornecimento de energia e de acesso restrito a elas, instalados em vias públicas.



Transformador em pedestal

Fonte:

https://www.ibipora.pr.gov.br/noticiasView/28110_Samae-readequa-sistema-eletrico-de-alta-tensao-em-sua-sede.html



Rede de Distribuição Subterrânea

Fonte: ENCEL Engenharia de Construções Elétricas Ltda.

REFERÊNCIAS

Para compreensão desta Instrução Técnica, é necessário consultar as seguintes normas, levando em consideração todas as suas atualizações e outras que vierem substituí-las:

3.1 Legislação

Lei Estadual nº 14.130/2001 – Dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado de Minas Gerais.

Decreto Estadual n. 47.998/2020 – Regulamenta a Lei n. 14.130/2001.

3.2 Normas

Instrução Técnica n. 01 – Procedimentos Administrativos, CBMMG;

Instrução Técnica n. 02 – Terminologia de Proteção contra Incêndio e Pânico, CBMMG.

Instrução Técnica n. 03 – Composição do Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico (PSCIP), CBMMG.

Instrução Técnica n. 06 – Segurança Estrutural das Edificações, CBMMG.

Instrução Técnica n. 07 – Compartimentação Horizontal e Compartimentação Vertical, CBMMG.

Instrução Técnica n. 10 – Pressurização de Escada de Segurança, CBMMG.

Instrução Técnica n. 14 – Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio, CBMMG.

Instrução Técnica n. 15 – Sinalização de Emergência, CBMMG.

Instrução Técnica n. 18 – Sistema de Chuveiros Automáticos, CBMMG.

Instrução Técnica n. 21 – Sistema Fixo de Gases para Combate a Incêndio, CBMMG.

Instrução Técnica n. 23 – Manipulação, Armazenamento, Comercialização e Utilização de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), CBMMG.

Instrução Técnica n. 24 – Comercialização, Distribuição e Utilização de Gás Natural, CBMMG.

Instrução Técnica n. 33 – Eventos Temporários, CBMMG.

Instrução Técnica n. 37 – Subestação Elétrica, CB-PMESP.

Instrução Técnica n. 41 – Controle de fumaça, CBMMG.

NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

NBR 5419 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

NBR 5460 – Sistemas Elétricos de Potência.

NBR 7821 – Tanques soldados para armazenamento de petróleo e derivados – procedimento.

NBR 10897 – Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos.

NBR 10898 – Sistema de iluminação de emergência.

NBR 10899 – Energia Solar Fotovoltáica – Terminologia.

NBR 11341 – Derivados de petróleo – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland.

NBR 12232 – Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com gás carbônico (CO₂) em transformadores e reatores de potência contendo óleo isolante.

NBR 12615 – Sistema de combate a incêndio por espuma – Espuma de baixa expansão.

NBR 13231 – Proteção contra incêndio em subestações elétricas.

NBR 14039 – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kv a 36,2 kv.

NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.

NBR 16149 – Sistemas Fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.

NBR 16150 – Sistemas Fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade.

NBR 16274 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.

NBR 16557 – Espaço confinado – Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção.

NBR 16684 - 1 – Tanque de consumo aéreo para grupos geradores alimentados por diesel ou biodiesel Parte 1: Requisitos de instalação e segurança em edificações.

NBR 16690 – Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto.

NBR 17505 – Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis.

NBR IEC 60079-14 – Atmosferas explosivas – Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas.

NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

NR 23 – Proteção Contra Incêndios.

NR 33 – Medidas de Segurança em Espaços Confinados.

Portaria Inmetro nº 140, de 21 de março de 2022.

Resolução Normativa ANEEL n. 482, de 17 de abril de 2012.

Resolução Normativa ANEEL n. 674, de 11 de agosto de 2015.

ANSI/IEEE 979 – *Guide for substation fire protection.*

ISO 1182 – *Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test.*

NFPA 12 – *Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems.*

NFPA 13 – *Standard for the Installation of Sprinkler Systems.*

NFPA 15 – *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.*

NFPA 30 – *Flammable and Combustible Liquids Code.*

NFPA 37 – *Standard for the Installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas Turbines.*

NFPA 50A – *Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites.*

NFPA 70 – *National Electrical Code (NEC).*

NFPA 70E – *Standard for Electrical Safety in the Workplace.*

NFPA 110 – *Standard for Emergency and Standby Power Systems.*

NFPA 111 – *Standard on Stored Electrical Energy Emergency and Standby Power Systems.*

NFPA 750 – *Standard on Water Mist Fire Protection Systems.*

NFPA – 850 *Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations.*

NFPA 2001 – *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.*

4 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Instrução Técnica, aplicam-se as definições constantes da **IT 02** (Terminologia de Proteção contra Incêndio e Pânico), além das seguintes:

4.1 Arco elétrico: Circulação de corrente através do ar, provocada por qualquer descontinuidade nos condutores ou falhas de isolamento em condutores adjacentes que transportam corrente.

4.2 Bacia coletora: Dispositivo ou sistema com finalidade de coletar e drenar para a bacia ou caixa de contenção o óleo do equipamento em eventual vazamento.

4.3 Bacia de contenção: Região delimitada por uma depressão do terreno ou diques destinada a conter integralmente o vazamento de produtos líquidos dos tanques.

4.4 Caixa de contenção: Dispositivo ou sistema fechado com tampa, com a mesma finalidade da bacia de contenção.

4.5 Compensadores síncronos: Equipamento que compensa reativos do sistema, trabalhando como carga quando o sistema está com a tensão alta, e trabalhando como gerador quando o sistema está com a tensão baixa.

4.6 Desligamento rápido: é um requisito de segurança elétrica (sigla em inglês RSD) definido para sistemas de painéis solares pelo Código Elétrico Nacional Americano (NEC 2017 - *National Electrical Code*) incorporado pela Associação Nacional de Proteção contra Incêndios americana

(NFPA - *National Fire Protection Association*). Ele fornece uma maneira de desenergizar rapidamente um sistema de painel solar no telhado reduzindo a tensão da ligação em série de painéis fotovoltaicos para níveis seguros (próximo ou igual a zero volts - 0V).

4.7 Dique de contenção de líquidos: Construção de concreto, alvenaria ou outro material quimicamente compatível com os produtos armazenados nos tanques/equipamentos, com a finalidade de represar o líquido oriundo de eventuais vazamentos.

4.8 Dispositivo ou caixa de separação água-óleo: Dispositivo ou sistema com a finalidade de separar e drenar a água do óleo emulsionado proveniente das bacias coletoras ou de contenção.

4.9 Distância elétrica: Distância mínima em linha reta entre partes energizadas expostas de um equipamento e partes metálicas da instalação.

4.10 Edificação incombustível: Edificação composta por materiais incombustíveis.

4.11 Edificação ou material resistente ao fogo: Material de construção com propriedades de resistir à ação do fogo por determinado período, mantendo sua segurança estrutural, estanqueidade e isolamento, onde aplicável.

4.12 Equipamento de proteção de falha de arco elétrico: Combinação de funcionalidades de detecção (sigla em inglês AFD) e interrupção de falhas de arco elétrico (sigla em inglês AFI), em inglês representado pela sigla AFPE (*arc fault protection equipment*) que consiste em um dispositivo que interrompe o fluxo de corrente em caso de detecção de arco elétrico.

4.13 Fluidos de alto ponto de combustão ou classe K: Líquidos isolantes para uso em transformadores ou outros equipamentos, que possuem ponto de combustão mínimo de 300 °C pelo método de ensaio “vaso aberto Cleveland”. Anteriormente eram denominados “fluidos resistentes ao fogo”. Exemplos: óleo vegetal isolante (éster natural), éster sintético, hidrocarbonetos de alto peso molecular, silicone.

4.14 Geração distribuída: centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou por meio de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada e despachadas – ou não – pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

4.15 Grupo gerador: Equipamento cuja força provém da explosão do combustível misturado ao ar, com a finalidade de gerar energia elétrica.

4.16 Grupo gerador aberto: grupo gerador que não possui invólucro, geralmente instalado em um ambiente fechado ou coberto, não sendo exposto a intempéries.

4.17 Grupo gerador cabinado ou carenado: grupo gerador coberto por invólucro, com a finalidade de proteger contra os efeitos das intempéries, podendo possuir ou não tratamento acústico. Geralmente instalado nas áreas externas das edificações.

4.18 Grupo gerador móvel: configuração aplicável aos grupos geradores que são transportáveis ou móveis, ou seja, que ficam instalados por um período não maior que seis meses, como, por exemplo, grupo gerador para locação.

4.19 Instalação fotovoltaica: instalação composta por equipamentos de geração, condicionamento e armazenamento de energia elétrica em sistemas fotovoltaicos.

4.20 Inversores: inversores com potência nominal até 75 kW (setenta e cinco quilowatts), de uso em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica; com ou sem armazenamento de energia.

4.21 Material incombustível: Todo material de construção, incluindo revestimento, forros, coberturas, subcoberturas e isolantes termoacústicos que, nas condições esperadas de uso, não auxiliam a combustão nem adicionam calor a um ambiente em caso de sinistro e que, quando ensaiado conforme a ISO 1182, é considerado não combustível.

4.22 Microgeração distribuída de energia: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW (setenta e cinco quilowatts) conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras.

4.23 Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW (setenta e cinco quilowatts) e menor ou igual a 5MW (cinco megawatts) conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

4.24 Óleo mineral: Líquido isolante de uso predominante em transformadores e outros equipamentos elétricos, que constitui um dos principais riscos de incêndio em uma subestação. Com base na massa e potencial de liberação de energia, um equipamento isolado em óleo mineral é normalmente a maior fonte de combustível presente na maioria das subestações. O óleo mineral isolante possui ponto de fulgor de 145 °C e ponto de combustão de 160 °C.

4.25 Óleo vegetal isolante: Éster natural. Líquido isolante de alto ponto de combustão, formulado a partir de óleo extraído de sementes/grãos e aditivos para melhoria de desempenho.

4.26 Painel corta-fogo: Sistema de placas de aço galvanizado permitindo a asfixia do fogo dentro do sistema de contenção de óleo isolante.

4.27 Painel fotovoltaico: módulo fotovoltaico com potência nominal igual ou superior a 5 Wp (cinco watt-pico), de células de silício, de camadas semicondutoras de filmes finos ou híbridas (heterojunção); de tipos com ou sem moldura; de tipos monofacial ou bifacial; de tipos rígido, flexível ou semiflexível; de tipos independente, aplicado ou integrado a edificações.

4.28 Sala Elétrica: Instalação cujos equipamentos são utilizados no Sistema Elétrico de Consumo e não possui transformador, a não ser em casos específicos.

4.29 Sala de gerador: Ambiente onde estão instalados os geradores e os tanques ou recipientes de óleo diesel empregados no consumo diário dos geradores da edificação ou espaço destinado ao uso coletivo.

4.30 Sistema de contenção de líquido isolante: Sistema capaz de prover, em um eventual vazamento, a coleta do óleo de cada equipamento, a drenagem do óleo e/ou água, a separação água-óleo, a contenção de todo óleo derramado e drenagem da água separada para fora do Sistema.

4.31 Sistema Elétrico: Circuito ou circuitos elétricos inter-relacionados destinados a atingir um determinado objetivo.

4.32 Sistema Elétrico de Consumo (SEC): Conjunto das instalações e equipamentos destinados ao consumo de energia elétrica que se inicia após a medição de energia ou ponto de entrega, feita pela concessionária de energia.

4.33 Sistema Elétrico de Potência (SEP): Conjunto das instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição, inclusive.

4.34 Sistema de Distribuição de Média Tensão (SDMT): Conjunto de linhas de distribuição e de equipamentos associados em tensões típicas superiores a 1 kV e inferiores a 69 kV, na maioria das vezes com função primordial de atendimento a Unidades consumidoras, podendo conter geração distribuída

4.35 Sistema de Distribuição de Alta Tensão (SDAT): Conjunto de linhas e subestações que conectam as barras da rede básica ou de centrais geradoras às subestações de distribuição em tensões típicas iguais ou superiores a 69 kV e inferiores a 230 kV, ou instalações em tensão igual ou superior a 230 kV quando especificamente definidas pela ANEEL.

4.36 Subestação assistida ou atendida: Instalação operada localmente e que dispõe de pessoas permanentes ou estacionadas.

4.37 Subestação compacta blindada: Instalação isolada a gás cujos equipamentos são montados em compartimentos metálicos blindados.

4.38 Subestação compacta convencional: Instalação isolada a ar cujos equipamentos são montados em compartimentos metálicos (como por exemplo, eletrocentro).

4.39 Subestação consumidora: Subestação para atendimento à unidade consumidora atendida em média ou alta tensão de distribuição.

4.40 Subestação convencional: Instalação de pátio, isolada a ar (ao ar livre), cujos equipamentos estão distantes de qualquer construção limítrofe, podendo os transformadores permanecer ou não enclausurados.

4.41 Subestação de distribuição: Subestação conectada ao sistema de distribuição de alta tensão, interligando as redes de distribuição, contendo transformadores de força. Tem como função reduzir a tensão no sistema de distribuição.

4.42 Subestação elétrica: Parte do sistema de potência que compreende os dispositivos de manobra, controle, proteção, transformação e demais equipamentos, condutores e acessórios, abrangendo as obras civis e estruturas de montagem.

4.43 Subestação externa: Instalação cujos equipamentos estão expostos ao tempo e sujeitos à ação das intempéries.

4.44 Subestação interna, abrigada ou subterrânea: Instalação cujos equipamentos estão ao abrigo das intempéries, podendo tal abrigo consistir em uma edificação ou câmara subterrânea (abaixo do nível do solo).

4.45 Subestação não-atendida: Instalação tele controlada ou operada localmente por pessoas não permanentes ou não estacionadas.

4.46 Subestação teleassistida: Instalação supervisionada e operada a distância, a partir de um centro de operação ou por outra instalação, independentemente de contar com pessoas habilitadas para a operação local.

4.47 Tanque de armazenamento: Qualquer vaso destinado ao armazenamento de líquidos combustíveis no exterior da edificação, excluídos os tanques de consumo.

4.48 Tanque de consumo diário: Tanque diretamente ligado ao equipamento ou às suas proximidades, visando a sua alimentação imediata ou por curto espaço de tempo.

4.49 Transformador: Equipamento com função de transformar a energia elétrica (alterar o nível de tensão ou corrente). São classificados em função do líquido isolante em contato com o enrolamento e o método de refrigeração utilizado.

4.50 Transformador a óleo: Transformador que possui óleo isolante (mineral ou classe K).

4.51 Transformador a seco: Transformador isolado por resina. Não utiliza óleo isolante.

5 SUBESTAÇÕES

5.1 Análise de Risco de Incêndio da Subestação

5.1.1 A aplicação da presente instrução técnica deve ser precedida de uma análise de risco de incêndio da subestação, a fim de se verificar os principais riscos envolvidos e eventuais providências necessárias para se controlar ou eliminar fontes de ignição, prevenir incêndios, extinguir incêndios, proteger contra exposição e controlar a propagação e danos do incêndio.

5.1.2 O Anexo A traz aspectos a serem considerados quando da análise de risco de incêndio da subestação.

5.1.3 O processo de análise e identificação dos riscos de incêndio deve ser usado em subestações novas e existentes para determinar o nível apropriado de proteção contra incêndio para mitigar as consequências do incêndio. A análise dos riscos de incêndio deve ser realizada por profissionais ligados à subestação, (projetistas da subestação, especialistas na proteção contra incêndio e pessoal de operação), de forma que todas as perspectivas estejam incluídas no processo.

5.1.4 Em função da análise de risco de incêndio e da importância da subestação no sistema de energia elétrica, estas podem ter sistemas de proteção contra incêndios complementares para a sua proteção, de acordo com as exigências das normas referenciadas na **seção 3**.

5.1.5 A análise de risco de incêndio da subestação será de inteira responsabilidade do RT, não sendo objeto de análise e vistoria pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG).

5.2 Requisitos gerais de proteção contra incêndio em subestações elétricas

5.2.1 Arranjo físico

5.2.1.1 Deve ser prevista separação física entre equipamentos e edificações, e entre equipamentos que apresentam considerável risco de incêndio e explosão, atendendo às condições de isolamento e compartimentação previstas nesta instrução técnica.

5.2.1.2 Os ambientes da casa de controle e das edificações de apoio operacional devem ser protegidos contra risco de incêndio de acordo com sua área e altura, atendendo à legislação de Segurança contra Incêndio do CBMMG.

5.2.1.3 Para subestações pertencentes aos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia, todas as edificações de apoio operacional devem ser previstas em áreas separadas fisicamente da casa de controle e das instalações de pátio ou de instalações que apresentem risco de explosão ou incêndio.

5.2.1.4 Quando exigida a medida de segurança de Acesso de Viaturas, além de atender ao disposto na IT 04, as vias de acesso devem ser projetadas de forma a permitir a manobra de

veículos de emergência.

5.2.2 Requisitos construtivos

5.2.2.1 As edificações devem ser construídas em materiais incombustíveis.

5.2.2.2 As instalações elétricas, cabos, eletrodutos, bandejas, canaletas e aberturas para passagem dos cabos, além das galerias, salas e túneis de cabos deverão atender ao disposto na **NBR 13231** (Figuras 1, 2 e 3).

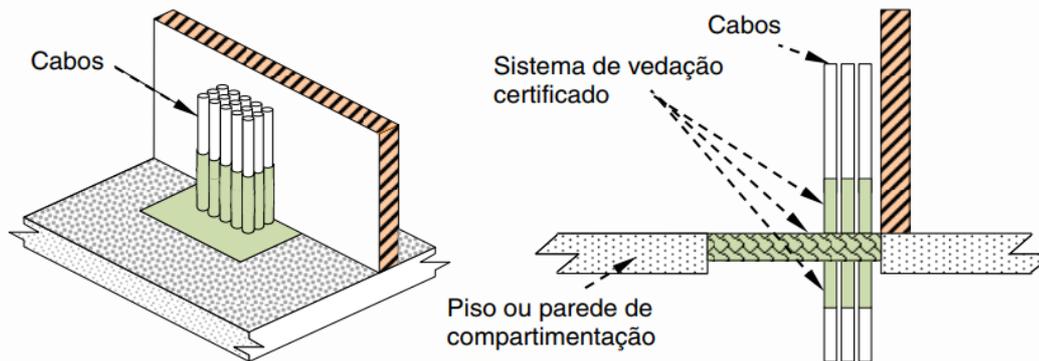


Figura 1: Exemplo de vedação de abertura para passagem de cabos entre ambientes compartimentados.

Fonte: ABNT NBR 13231

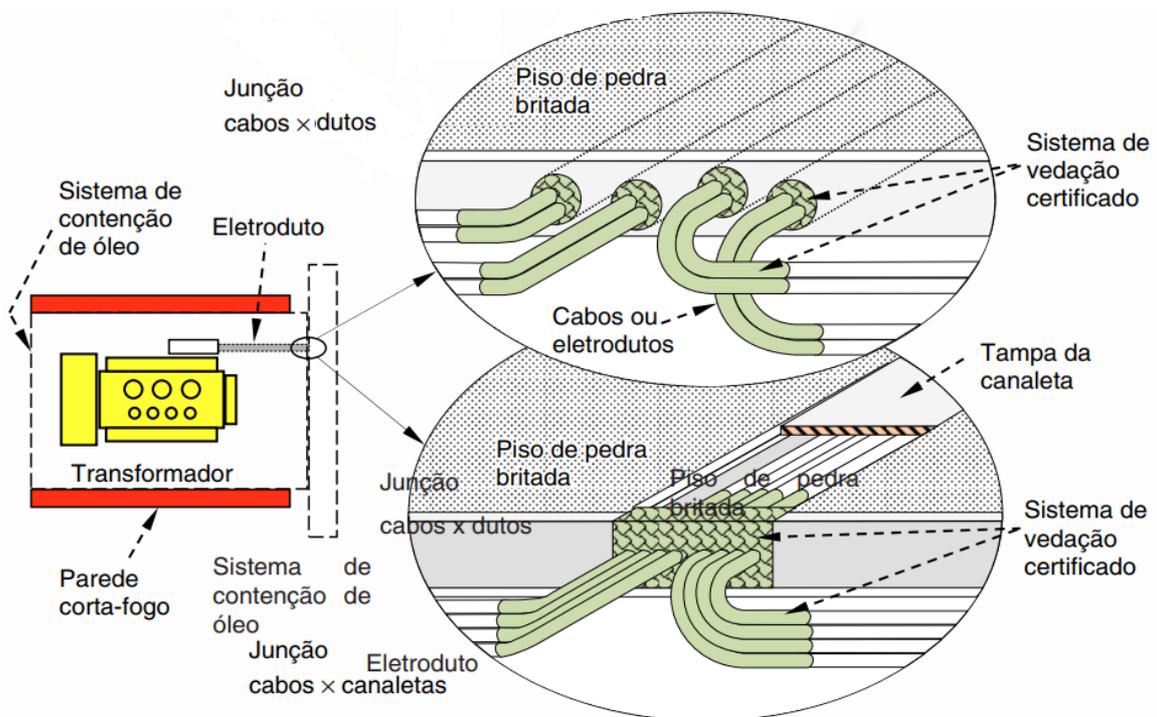


Figura 2: Exemplo de vedação em canaletas de cabos.

Fonte: ABNT NBR 13231

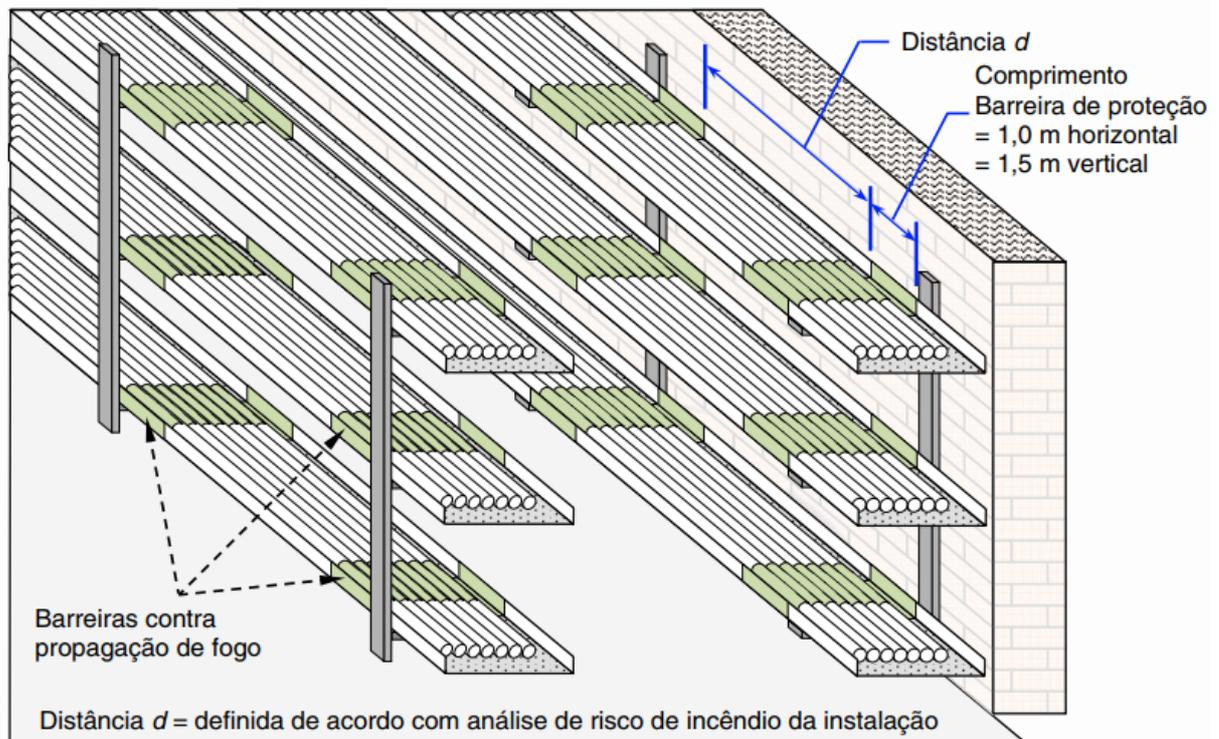


Figura 3: Exemplo de barreira de cabos posicionados em bandejas dentro de galerias, salas ou túneis.

Fonte: ABNT NBR 13231

5.2.2.3 As aberturas em paredes, pisos e tetos que sejam de compartimentação devem ser devidamente protegidas por elementos corta-fogo, conforme **IT 07**, de forma a não comprometer suas características de resistência ao fogo.

5.2.2.3.1 Portas podem apresentar tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) 30 min menor que a resistência das paredes, porém nunca inferior a 60 min.

5.2.2.4 Em salas elétricas, devem ser empregados móveis e utensílios fabricados com materiais incombustíveis ou, no mínimo, auto extingüíveis.

5.2.2.5 O projeto dos sistemas de climatização (ar-condicionado, ventilação, aquecimento e exaustão) deve levar em consideração os riscos de incêndio nas áreas específicas servidas pelos sistemas de climatização.

5.2.2.6 A área de instalação de baterias deve ser construída de forma a limitar o acúmulo de hidrogênio a menos de 1 % do volume total da área, levando em consideração o tipo de bateria utilizada. O ar transportado da área de instalação das baterias deve ser emitido para a parte externa do edifício ao ar livre. Quando o ambiente for considerado uma atmosfera explosiva, a instalação elétrica deve atender aos requisitos da **NBR IEC 60079-14**.

5.2.2.7 A casa de bombas, contendo bombas de incêndio acionadas por motores de combustão interna, deve possuir características semelhantes àquelas destinadas a geradores.

5.2.2.8 O arranjo físico da casa de compensadores síncronos deve prever as possibilidades de entrada de um homem equipado com aparelho de respiração autônoma, a desocupação

imediate e a extinção de incêndio com a utilização de extintores portáteis.

5.2.2.9 Quando os compensadores síncronos forem do tipo resfriamento a hidrogênio (H₂), os ambientes onde estiverem instalados os recipientes de H₂ e aqueles onde existem equipamentos ou passagem de tubulações de gás devem ser providos de meios de detecção de vazamentos. As instalações devem atender aos requisitos da **NFPA 50A**.

5.2.2.10 O local de armazenamento de cilindros de hidrogênio deve ser protegido contra intempéries, ventilado adequadamente e sinalizado, alertando-se sobre o risco de explosão.

5.2.2.11 Os quadros de supervisão e comando dos sistemas fixos de proteção contra incêndio da subestação devem estar localizados na sala de controle ou em área de supervisão contínua. A sinalização, luminosa e sonora, de funcionamento dos quadros deve ser diferente de outras existentes no local.

5.2.2.12 Quando o risco de incêndio existente na casa de controle orientar para a necessidade da utilização de sistema fixo de proteção por gases, este sistema deve estar dimensionado conforme a **NBR 12232**, quando da utilização de CO₂, observando-se ainda a **IT 21**. Poderão ainda ser utilizadas normas internacionais, enquanto não existirem normas nacionais específicas para outros gases.

5.2.3 Extintores de incêndio em subestações e equipamentos de subestações

5.2.3.1 Os conjuntos de equipamentos que utilizam óleo isolante, como transformadores, reatores de potência e reguladores de tensão, bem como unidades individuais destes equipamentos, deverão ser protegidos por extintores de incêndio conforme **Tabela 1**.

5.2.3.2 Os extintores de incêndio devem ser instalados a uma distância mínima de 5 metros e máxima de 15 metros da borda interna da bacia de contenção dos transformadores a óleo. Quando o transformador não possuir bacia de contenção, essa distância deve ser cotada a partir do equipamento.

5.2.3.3 Para bacias de contenção à distância, é prevista proteção por extintores, levando-se em conta a proporção de 20-B de capacidade extintora para cada 4,65 m² de superfície da bacia de contenção.

5.2.3.4 Em transformadores, reatores de potência, reguladores de tensão, bem como unidades individuais destes equipamentos, todos em áreas externas, admite-se a proteção por extintores por meio de bateria de unidades extintoras, com distância máxima a ser percorrida de 50 metros.

Tabela 1 - Proteção por extintores de incêndio para subestações

Capacidade de armazenagem	Quantidade e capacidade extintora mínima
Até 500 L	02 extintores de pó 20-B:C.
Acima de 500 até 2.500 L	02 extintores de pó 40-B:C.
Acima de 2.500 até 5.000 L	01 extintor de pó 40-B:C; e 01 extintor de sobrerrodas de pó 80-B:C.

Acima de 5.000 até 10.000 L	02 extintores de pó 40-B:C; e 01 extintor de sobrerrodas de pó 80-B:C.
Acima de 10.000 até 20.000 L	01 extintor de pó 80-B:C; e 01 extintor de sobrerrodas de pó 80-B:C. ou 04 extintores de pó 40-B:C; e 01 extintor de sobrerrodas de pó 80-B:C.
Acima de 20.000 até 100.000 L	02 extintores de pó 80-B:C; e 02 extintores de sobrerrodas de pó 80-B:C. ou 01 extintor de pó 80-B:C; e 03 extintores sobrerrodas de pó 80-B:C.
Superior a 100.000 L	02 extintores de pó 80-B:C; e 04 extintores sobrerrodas de pó 80-B:C.
Notas	
1) O dimensionamento dos extintores deve considerar o volume de óleo de cada transformador isolado ou o somatório dos volumes de óleo dos transformadores envolvidos no risco.	

5.2.3.5 Os extintores sobre rodas devem ser equipados com rodas especiais para o deslocamento sobre superfícies irregulares, por exemplo, locais com brita, possuindo diâmetro e largura dimensionados para esta finalidade.

5.2.3.6 Transformadores à seco podem ser protegidos por extintores de incêndio portáteis de capacidade extintora mínima de 20-B:C. A quantidade de extintores a serem instalados ficará a critério do RT, em função do risco existente.

5.2.4 Parede tipo corta-fogo

5.2.4.1 A interposição de parede corta-fogo é necessária quando a distância livre de separação física não atender as **Tabelas 2 e 3**.

5.2.4.2 As distâncias contidas nas **Tabelas 2 e 3** e a utilização de parede corta-fogo devem ser consideradas como fatores de isolamento de risco.

5.2.4.3 A parede tipo corta-fogo deve ser resistente ao fogo por 2 h e apresentar as seguintes dimensões e características para transformadores, reatores de potência, reguladores de tensão e outros equipamentos, onde aplicável (ver **Figura 5**):

a) dimensão estendida em 0,3 m (altura) e 0,6 m (comprimento) além dos componentes do transformador que podem ser pressurizados devido a uma falha elétrica, incluindo buchas, tanque conservador do líquido isolante, válvulas de alívio de pressão, radiadores e tanque do comutador;

b) distância livre mínima de separação física, entre a parede e o equipamento protegido, deve ser de 0,5 m;

c) ser executada de forma que a parede, sofrendo colapso estrutural e caindo, parcial ou totalmente, não atinja equipamentos, edificações ou bloqueie rotas de fuga;

d) ser executada de forma que a parede não permita a passagem de calor e chamas para locais próximos.

Tabela 2 - Distâncias mínimas de separação entre transformadores e edificações
(Ver Figura 4)

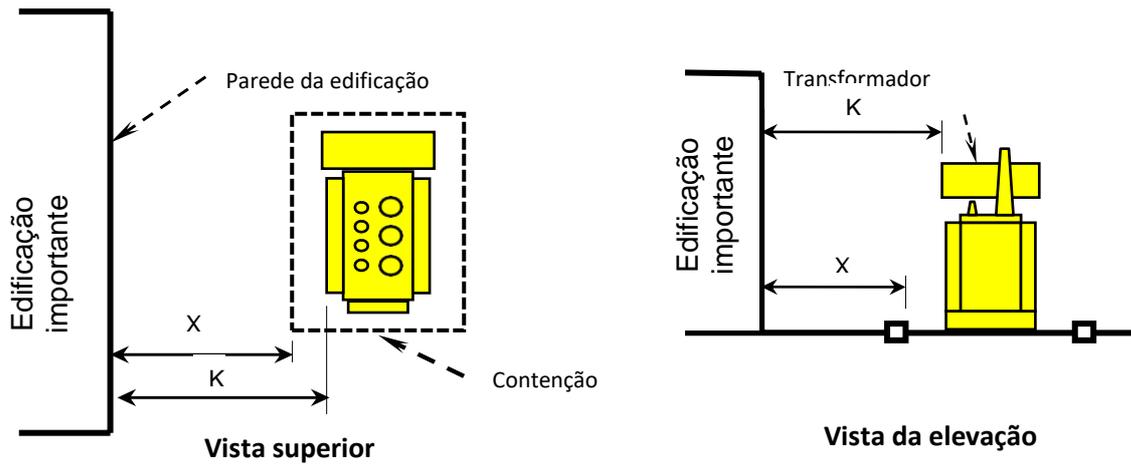
Tipo do líquido isolante do transformador	Volume de líquido isolante (L)	Distância horizontal mínima (Dimensão X ou K da Figura 4)		
		Edificação resistente ao fogo por 2 h (m)	Edificação incombustível (m)	Edificação combustível (m)
Óleo mineral	Até 2.000	1,5	4,6	7,6
	Acima de 2.000 até 20.000	4,6	7,6	15,2
	Acima de 20.000	7,6	15,2	30,5
Fluido de alto ponto de combustão (classe K)	Até 38.000	1,5		7,6
	Acima de 38.000	4,6		15,2

NOTA:
1) Detalhes construtivos sobre edificação resistente ao fogo ou incombustível são apresentados na ABNT NBR 14432 e IT 06

Tabela 3 - Distâncias mínimas de separação entre transformadores e equipamentos adjacentes

(Ver Figura 4)

Tipo do líquido isolante do transformador	Volume de líquido isolante (L)	Distância (m)
Óleo mineral	Até 2.000	1,5
	Acima de 2.000 até 20.000	7,6
	Acima de 20.000	15,2
Fluido de alto ponto de combustão (classe K)	Até 38.000	1,5
	Acima de 38.000	7,6

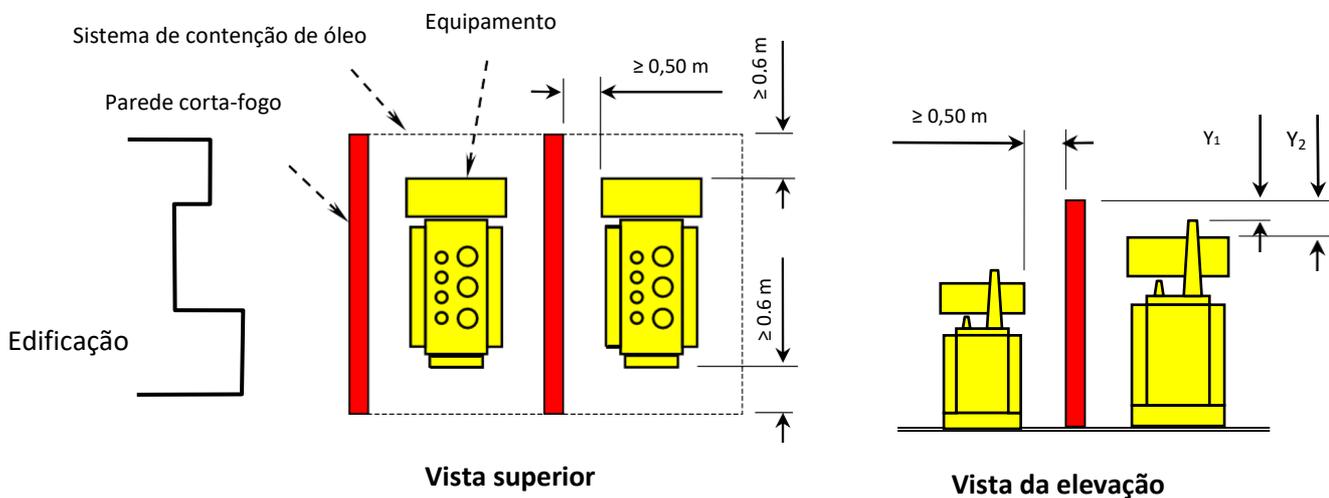


Distância de separação mínima (ver Tabela 2)

X = Óleo mineral => distância a partir da borda interna do sistema de contenção

K = Fluido de alto ponto de combustão (classe K) => distância a partir dos componentes do transformador que podem ser pressurizados devido a uma falha elétrica, incluindo buchas, tanque conservador do líquido isolante, válvulas de alívio de pressão, radiadores e tanque do comutador.

Figura 4: Distância de separação mínima entre transformador imerso em líquido isolante instalado externamente a edificação
Fonte: ABNT NBR 13231



$Y_1 \geq 0,3 \text{ m}$ => Bucha em porcelana => distância a partir do topo da bucha do transformador
 $Y_2 \geq 0,3 \text{ m}$ => Bucha polimérica => distância a partir do conservador de óleo

Figura 5: Separação por parede tipo corta-fogo entre equipamentos e edificação
Fonte: ABNT NBR 13231

5.2.5 Sistema de contenção de líquido isolante

5.2.5.1 Deverá ser conforme previsto nos **itens 5.3.2.3** ou **5.3.3.2**, dependendo do tipo de instalação do transformador (interna ou externa).

5.2.6 Sistemas fixos automáticos para proteção contra incêndios

5.2.6.1 Áreas específicas devem ser previstas para instalação dos dispositivos de comando e acionamento dos sistemas fixos de proteção contra incêndios. A supervisão do sistema de controle deve estar disponível preferencialmente na sala de controle ou em área supervisionada.

5.2.6.1.1 Sistemas fixos automáticos são apresentados nos **itens 5.2.6.2, 5.2.6.3, 5.2.6.4, 5.2.6.5** e **5.2.6.6**. Outros sistemas não apresentados podem ser utilizados, desde que estejam em conformidade com suas respectivas normas específicas.

5.2.6.2 Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos (sprinklers).

5.2.6.2.1 Quando projetado, deve atender a **IT 18** e **NBR 10897**.

5.2.6.3 Sistema fixo automático por água nebulizada.

5.2.6.3.1 Quando projetado, deve ser de acordo com a **NFPA 15**.

5.2.6.4 Sistema fixo automático por água nebulizada sob alta pressão (*water mist*).

5.2.6.4.1 Quando projetado, deve ser de acordo com a **NFPA 750**.

5.2.6.5 Sistema fixo automático por gás pelo método de inundação total.

5.2.6.5.1 Quando projetado com CO₂, deve ser de acordo com a **NBR 12232** e **NFPA 12**, conforme aplicável.

5.2.6.5.2 Quando projetado com gases limpos, deve ser de acordo com a **NFPA 2001**, pelo método de inundação total.

5.2.6.6 Conjunto hidrante e líquido gerador de espuma sintética.

5.2.6.6.1 Quando projetado, deve ser de acordo com a **NBR 12615**.

5.2.6.7 O sistema fixo à base de água que possa gerar algum dano a equipamentos elétricos energizados, quando do seu acionamento precoce, deverá ser substituído por sistema fixo de gases.

5.2.6.7.1 Alternativamente, o sistema fixo à base de água instalado em compartimentos ocupados exclusivamente com equipamentos elétricos energizados e que possuam área máxima de 200 m², a critério do RT, poderá ser substituído por detectores de incêndio ligados ao sistema de alarme do empreendimento, desde que sejam atendidas as questões de resistência ao fogo da edificação.

5.2.6.7.1.1 O RT deverá registrar, por meio de nota em planta, os parâmetros adotados para a substituição da medida de segurança, de acordo com sua responsabilidade técnica.

5.2.7 Sistema manual de resfriamento

5.2.7.1 Quando projetado sistema de resfriamento por linhas manuais, os esguichos devem ser do tipo regulável, e deve-se atender aos parâmetros de linhas de resfriamento da **Tabela 4**.

Tabela 4 - Linhas de resfriamento

		Volume de líquidos combustíveis e inflamáveis (m ³)	
		Acima de 20 até 60	Acima de 60 até 120
Exigências mínimas	Vazão por linha (L/min)	250	700
	Pressão (mca)	35,0	35,0
	Nº de linhas	2	2
	Tempo (min)	60	60

5.3 Transformadores

5.3.1 Considerações gerais para transformadores

5.3.1.1 O termo transformadores se refere a transformadores, reatores, reguladores de tensão e outros equipamentos, onde aplicável.

5.3.1.2 Os transformadores imersos em fluidos isolantes devem ser instalados, de preferência, externamente às edificações, sobre sistemas de contenção, quando aplicável, atendendo às condições de separação de riscos de incêndio às edificações ou equipamentos adjacentes, conforme **Tabelas 2 e 3**.

5.3.1.3 Não há necessidade de separação física, por isolamento ou paredes corta-fogo, em instalações com transformadores a seco.

5.3.2 Transformadores – Instalação externa

5.3.2.1 Os seguintes meios de proteção contra incêndio devem ser considerados nas instalações externas de transformadores que utilizam líquido isolante:

a) Distâncias de separação mínimas entre transformadores e edificações (**Tabela 2**) ou outros equipamentos (**Tabela 3**), como exemplificado na **Figura 4**;

b) Caso não seja possível aplicar as distâncias de separação mínimas, deve ser providenciado o uso de paredes tipo corta-fogo, nos termos do **item 5.2.4**;

c) para transformadores imersos em líquido isolante onde o tanque ou o conjunto de tanques, de cada transformador, possua capacidade volumétrica de até 20 m³ de óleo mineral ou até 38 m³ de classe K, se indicado como necessário pela análise de risco de incêndio, deve ainda ser

providenciada a proteção adicional por linhas manuais (de acordo com a **Tabela 4**) ou sistemas fixos automáticos, instalados conforme item **5.2.6**;

d) para transformadores imersos em líquido isolante onde o tanque ou o conjunto de tanques, de cada transformador, possua capacidade volumétrica superior a 20 m³ de óleo mineral ou maior que 38 m³ de classe K, deverá ser projetado sistema de resfriamento, no mínimo, por linhas manuais (de acordo com a **Tabela 4**);

d.1) Caso se trate de subestação não-atendida (sem população fixa permanente), o RT poderá, com base na análise de risco de incêndio, projetar proteção por sistema fixo automático que independa de ação local para o combate ao incêndio, instalado conforme **item 5.2.6**;

d.2) Na hipótese de a análise de risco de incêndio indicar como necessário sistema diverso daquele mencionado na **alínea d)**, poderá, em substituição, ser providenciada a proteção por sistema(s) fixo(s) automático(s) listado(s) no **item 5.2.6**.

5.3.2.2 Material de recobrimento do pátio da subestação:

5.3.2.2.1 O tipo de material a ser utilizado no recobrimento do pátio da subestação pode impactar o risco de incêndio criado pelo nivelamento do terreno. O uso de materiais duros ou asfaltos (superfície impermeável) pode permitir que a chama de óleo mineral se alastre por grandes distâncias. O uso de uma camada de pedra britada como recobrimento é uma prática comum e pode ajudar a suprimir ou minimizar um incêndio (ver **item 5.3.4**).

5.3.2.2.2 A pedra britada utilizada no pátio da subestação deve ter diâmetro entre 18 mm e 38 mm. A profundidade típica da camada de brita usada no pátio da subestação varia entre 100 mm e 150 mm, e os seguintes fatores devem ser considerados no uso de pedras britadas como recobrimento do pátio da subestação:

a) A camada de brita deve atender aos requisitos do sistema de aterramento da subestação quanto à tensão de passo e de toque, conforme normas aplicáveis;

b) A camada de brita deve receber manutenção periódica para remoção de materiais estranhos que reduzam sua efetividade, como materiais orgânicos, ervas daninhas etc.

5.3.2.2.3 Outros materiais podem ser utilizados, desde que comprovada sua efetividade e seja devidamente justificado pelo Responsável Técnico.

5.3.2.3 Sistema de contenção de líquido isolante

Sistemas de contenção para equipamentos imersos em líquido isolante, instalados externamente, devem ser providenciados para todos os equipamentos com volume de líquido isolante igual ou maior que 2 500 L para um único equipamento, ou quando o volume total de conjuntos de equipamentos for maior que 5 000 L.

5.3.2.3.1 O sistema de contenção para equipamentos imersos em óleo mineral isolante, instalados externamente, deve atender aos seguintes requisitos:

a) Ser impermeável (incluindo tubulação, dutos, interligações e caixas);

b) Ser projetado de forma que o fogo de um equipamento não se alastre para outro;

c) Ser constituído de materiais que suportem as altas temperaturas de ignição de óleos minerais em chamas, mantendo sua estanqueidade e segurança estrutural;

d) A bacia de contenção exemplificada nas **Figuras 6 e 7**, seja no transformador, seja a distância, deve estar dimensionada para conter no mínimo 110% do volume de óleo do transformador a que é dedicada ou do volume total de óleo do maior equipamento e drenar eventual contribuição das águas de chuva, de sistemas de supressão de incêndio ou de atividades manuais de combate a incêndio, conforme aplicável;

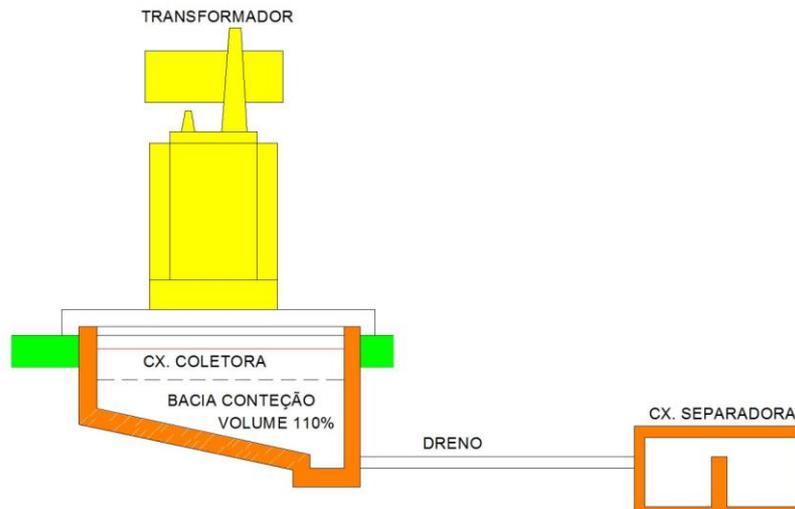


Figura 6: Exemplo da contenção do óleo do transformador, com bacia no transformador

Fonte: Adaptação da ABNT NBR 13231



Figura 7: Exemplo de contenção do óleo do transformador, com bacia a distância

Fonte: Adaptação da ABNT NBR 13231

e) O arranjo físico do sistema de contenção deve conter no mínimo as seguintes funções, podendo essas funções estar integradas em um único dispositivo ou separadas fisicamente para atender aos critérios específicos de uma instalação:

e.1) Coleta do óleo derramado através de bacias coletoras, integradas ou múltiplas, com largura e comprimento cujas dimensões excedam em 0,5 m no mínimo a projeção do equipamento. Dimensionadas com volume útil mínimo para atender 20% do volume de líquido isolante do equipamento e adequadas para coletar e drenar para a bacia ou caixa de contenção o volume total de óleo do equipamento;

e.2) Drenagem do óleo derramado, das águas que aportam no sistema, da mistura água mais óleo e da água separada do óleo;

e.3) Contenção do óleo derramado em bacia ou caixa de contenção, integrada à bacia coletora ou interligada a uma ou mais bacias coletoras, com possibilidade de inspeção interna. Em caso de espaços confinados, o projeto deve considerar os requisitos da **NR 33**;

e.4) Separação do óleo da água em dispositivo ou caixa separadora água-óleo com resistência à corrosão pela água ou líquido isolante, com possibilidade de inspeção interna. Em caso de espaços confinados, o projeto deve considerar os requisitos da **NR 33**;

e.5) Dispositivos de supressão de chamas.

5.3.2.3.2 O sistema de contenção para equipamentos imersos em fluidos de alto ponto de combustão (classe K), instalados externamente, deve atender aos seguintes requisitos:

a) Ser impermeável (incluindo tubulação, dutos, interligações e caixas);

b) Ser constituído de materiais que suportem as temperaturas de trabalho de óleos vegetais, mantendo sua estanqueidade e segurança estrutural;

c) Ter coleta e contenção do óleo derramado através de diques ou bacia de contenção com capacidade suficiente para o volume de líquido isolante do maior transformador, mais água de chuva e mais 50 mm de altura, porém não menor que 100 mm de altura ou profundidade total;

c.1) Nos casos em que for previsto sistema de supressão/combate a incêndio que envolva a utilização de água, o conjunto deve ser dimensionado para conter no mínimo 110% do volume total de óleo do maior equipamento e drenar eventual contribuição das águas de chuva além daquela oriunda dos sistemas preventivos instalados.

d) Ter sistema de drenagem para retirada da água através de válvulas manuais ou drenagem automática, com disposição em caixa separadora água-óleo ou outros dispositivos que atendam à legislação local, observando-se o disposto para equipamentos imersos em óleo mineral isolante.

5.3.3 Transformadores – Instalação interna

5.3.3.1 Os seguintes meios de proteção contra incêndio devem ser previstos na instalação de transformadores internos à edificação:

a) Projetar edificação ou sala dedicada somente para transformadores, com meios de proteção contra incêndio conforme **Tabela 5**;

b) O arranjo da sala ou edificação deve considerar aberturas normalmente fechadas e com mesmo TRRF do restante da edificação;

c) Quando a edificação for exclusiva para transformadores ou quando se tratar de transformadores instalados em compartimentos anexos à edificação, com acessos independentes e pelo lado externo, os portões de acesso não precisam ser resistentes ao fogo, podendo ser de telas ou grades vazadas, desde que a parede compartilhada com a edificação anexa não possua abertura e seja resistente ao fogo pelo tempo determinado na **Tabela 5**. Neste caso, a distância entre as telas ou grades vazadas e qualquer abertura da edificação anexa deverá ser de, no mínimo, dois metros (2 m).

c.1) Na hipótese de se trabalhar com separação entre edificações, deve-se levar em consideração a tabela de isolamento para transformadores externos (**Tabela 2**) e o cálculo de isolamento de risco estabelecido pela IT 05, sendo o isolamento definido pela maior distância dentre as duas encontradas.

d) Quando a edificação for exclusiva para transformadores ou quando se tratar de transformadores instalados em compartimentos anexos à edificação, com acessos independentes e pelo lado externo, a cobertura não precisa ser resistente ao fogo, desde que a parede compartilhada com a edificação anexa não possua abertura e seja resistente ao fogo pelo tempo determinado na **Tabela 5**.

Tabela 5 - Exigências mínimas para transformadores em instalações internas (ver nota 1)

Tipo de transformador ou do líquido isolante	Volume de líquido isolante do maior transformador (L)	Meios de proteção contra incêndio
Óleo mineral	Até 400	Edificação resistente ao fogo por 1 h
	Acima de 400 até 20.000 (ver nota 2)	Transformador único: edificação resistente ao fogo por 1 h e sistema fixo de combate ao incêndio por água ou gases conforme item 5.2.6 ou edificação resistente ao fogo por 3 h
		Transformadores múltiplos: - edificação resistente ao fogo por 3 h, subdivida para cada transformador, ou - edificação resistente ao fogo por 3 h e sistema fixo de combate ao incêndio por água ou gases, conforme item 5.2.6 .
Acima de 20.000 (ver nota 2)	- edificação resistente ao fogo por 3 h e sistema fixo de combate ao incêndio por água ou gases conforme item 5.2.6 .	
Fluido de alto ponto de combustão (classe K)	Até 38.000	-edificação resistente ao fogo por 1 h, ou - edificação incombustível e sistema fixo de combate ao incêndio por água ou gases, conforme item 5.2.6 .
	Acima de 38.000	-edificação resistente ao fogo por 1 h e sistema fixo de combate ao incêndio por água ou gases, conforme item 5.2.6 .
Tipo seco (sem qualquer acessório imerso em óleo como: buchas, comutadores, etc.)	N/A	- edificação Incombustível

Tipo de transformador ou do líquido isolante	Volume de líquido isolante do maior transformador (L)	Meios de proteção contra incêndio
<p>NOTA</p> <p>1) Detalhes construtivos sobre edificação resistente ao fogo ou incombustível são apresentados na ABNT NBR 14432 e IT 06.</p> <p>2) Onde recomendada construção resistente ao fogo por 3 h para transformadores imersos em óleo mineral, também proteger o aço estrutural exposto com proteção resistente ao fogo por 3 h.</p>		

e) Edificações exclusivas para baias de transformadores não necessitam possuir medidas de proteção estabelecidas pela **Tabela 5**, devendo, contudo, possuir as distâncias mínimas de separação previstas na **Tabela 2**.

f) Transformadores que possuam apenas coberturas contra intempéries deverão atender as exigências para instalações externas (**item 5.3.2**).

g) Distâncias de separação mínima de 0,9 m das paredes.

5.3.3.2 Sistema de contenção de líquido isolante

5.3.3.2.1 Sistemas de contenção para equipamentos imersos em líquido isolante, instalados internamente, devem ser providenciados para todos os equipamentos com volume de líquido isolante igual ou maior a 400 L.

5.3.3.2.2 Sistema de contenção para equipamentos imersos em óleo mineral isolante, instalados internamente, devem atender aos seguintes requisitos:

a) Ser impermeável (incluindo paredes, pisos, tubulação, dutos, interligações e caixas);

b) Ser constituído de materiais que suportem as altas temperaturas de ignição de óleos minerais em chamas, mantendo sua estanqueidade e segurança estrutural;

c) Ter coleta do óleo derramado através de diques ou bacias coletoras individuais, projetados de forma que o fogo de um equipamento não se alastre para outro, dimensionados com volume útil mínimo para atender a 20% do volume de líquido isolante do equipamento e adequados para coletar e drenar para a bacia ou caixa de contenção o volume total de óleo do equipamento;

d) Ter drenagem do óleo derramado e água do sistema de proteção fixo automáticos, se providos, para contenção fora da edificação, em uma área reservada, sem colocar em risco outras áreas da edificação;

e) Ter contenção de todo líquido derramado em bacia ou caixa de contenção, ou drenado para um dispositivo ou caixa separadora água-óleo, instalados fora da edificação;

f) O conjunto contenção + separadora água-óleo, exemplificado nas **Figuras A.7 e A.8**, seja com bacia junto ao transformador, seja a distância, deve estar dimensionado para conter no mínimo 110 % do volume do transformador a que é dedicado ou do volume total de óleo do maior equipamento e drenar eventual contribuição das águas de sistemas de supressão de incêndio ou de atividades manuais de combate a incêndio, conforme aplicável;

g) Ter separação do óleo da água em dispositivo ou caixa separadora água-óleo com resistência à corrosão pela água ou líquido isolante, com possibilidade de inspeção interna. Em caso de espaços confinados, o projeto deve considerar os requisitos da **NR 33**;

h) Ter dispositivos de supressão de chamas.

5.3.3.2.3 O sistema de contenção para equipamentos imersos em fluidos de alto ponto de combustão (classe K), instalados internamente, devem atender aos seguintes requisitos:

a) O líquido isolante pode ser retido diretamente no interior do dique ou bacia de coleta (individuais ou não), com capacidade para 110% do volume de óleo do maior equipamento e eventual contribuição das águas de sistemas de supressão de incêndio ou atividades manuais de combate ao incêndio, conforme aplicável;

b) Pode dispensar o dispositivo de supressão de chamas e a drenagem para fora da edificação;

c) Respeitar demais requisitos exigidos para equipamentos imersos em óleo mineral isolante.

5.3.4 Dispositivos de supressão de chama

5.3.4.1 A pedra britada pode ser usada como dispositivo de supressão de chama nos sistemas de contenção de óleo. Testes referenciados na IEEE 979 demonstram que uma camada de pedra britada com 150 mm de profundidade, utilizando britas de 18 mm de diâmetro, pode suprimir a chama do óleo mineral pela diminuição da temperatura da chama e controle do ar de combustão. A combustão da chama pode ocorrer quando o nível de óleo mineral estiver a 40 mm do topo da camada de brita. A **Figura 8** exemplifica o sistema de supressão de chamas. O sistema deve atender às seguintes condições:

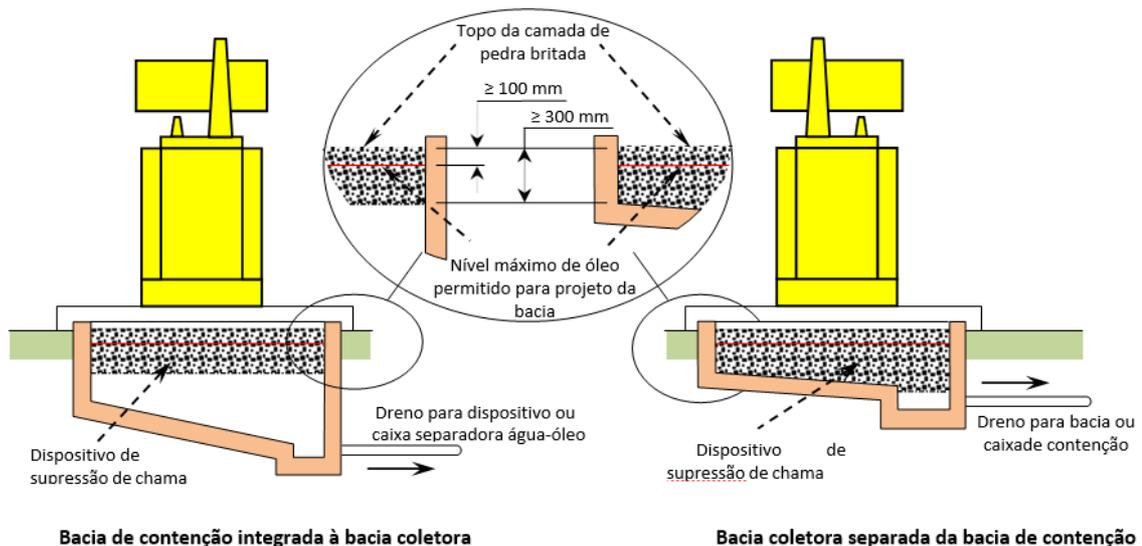


Figura 8: Exemplos de bacia coletora e de contenção

Fonte: ABNT NBR 13231

a) A pedra britada utilizada nos sistemas de contenção deve ter diâmetro entre 25 mm e 50 mm;

b) As bacias coletoras devem ser projetadas de forma que o nível máximo de óleo (assumindo uma descarga total) fique no mínimo 100 mm abaixo do topo da camada de pedra britada, e a profundidade da camada de pedra britada deve ser no mínimo de 300 mm.

c) A camada de pedra britada deve ser instalada sobre um sistema de grelha;

d) O índice de vazios da pedra britada deve ser considerado na determinação do volume de contenção (incluindo óleo, água de chuva, etc.).

5.3.4.2 Como alternativa para dispositivo de supressão de chama, podem ser utilizados painéis corta-fogo ou outra solução ativa ou passiva, a ser avaliada por CT.

5.3.4.3 Em locais sujeitos a incidência de pó de qualquer natureza, que possam vir a se acumular sobre os dispositivos de supressão de chamas, as instalações devem ser periodicamente inspecionadas e limpas.

6 INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

6.1 Requisitos gerais

6.1.1 Para instalação e manutenção dos equipamentos e acessórios que compõem as instalações fotovoltaicas, deverão ser observadas as NBRs de referência, em especial a **NBR 16690** e **NBR 5410** ou outras que vierem a substituí-las, ou, na sua falta, normas internacionais consagradas.

6.1.2 As instalações fotovoltaicas de geração distribuída de energia deverão ser compostas por painéis fotovoltaicos, inversores e demais aparelhos/equipamentos, componentes e acessórios necessários à geração de energia elétrica, que atendam aos requisitos do INMETRO.

6.1.2.1 Deverão também ser instalados equipamento de proteção de falha de arco elétrico e dispositivo de desligamento rápido. Enquanto não houver regulamentação pelo INMETRO para os referidos equipamentos, poderá ser seguida norma internacional consagrada ou especificação do fabricante.

6.1.3 Todos os cuidados adotados em relação à instalação dos painéis fotovoltaicos previstos nas normas de referência terão o seu dimensionamento e execução de inteira responsabilidade do RT, não sendo objeto de análise e vistoria pelo CBMMG.

6.1.4 Na solicitação da vistoria, deverá ser apresentado o documento de responsabilidade técnica das instalações fotovoltaicas.

6.2 Painéis Fotovoltaicos

6.2.1 Os painéis fotovoltaicos não devem ser instalados sobre telhados/coberturas combustíveis.

6.2.1.1 Alternativamente, caso o telhado/cobertura onde o painel será instalado seja de material combustível, poderá ser aceita a aplicação de produtos retardantes e/ou intumescentes, mediante apresentação de laudo do responsável técnico pela aplicação do produto e do respectivo documento de responsabilidade técnica.

6.2.2 Nas edificações e espaços destinados ao uso coletivo que possuam painéis fotovoltaicos instalados, deverão ser atendidos os seguintes requisitos:

a) deverão ser projetados dispositivos de desligamento rápido, os quais devem ser instalados em local seguro da edificação e que permita fácil acesso. O dispositivo deve vir acompanhado de sinalização complementar por meio de mensagem escrita com os seguintes dizeres: “DISPOSITIVO DE DESLIGAMENTO RÁPIDO PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO”. A sinalização deve ser reflexiva, com todas as letras maiúsculas e com altura mínima de 10 mm (dez milímetros), na cor branca sobre fundo vermelho (**Figura 9**);

b) caso seja obrigatória a projeção de medida de segurança de Brigada de Incêndio, os brigadistas devem conhecer o local de instalação dos painéis, de baterias e do dispositivo de desligamento rápido dos painéis fotovoltaicos;

b.1) caso não haja Brigada de Incêndio, recomenda-se que a população tenha conhecimento do local de instalação dos painéis, de baterias e do dispositivo de desligamento rápido dos painéis fotovoltaicos;



Figura 9: Exemplo de dispositivo de desligamento rápido
Fonte: Article 690 Solar Photovoltaic (PV) Systems – NFPA 70

c) em local de fácil acesso, como portaria, por exemplo, devem ser fornecidas para as equipes de resgate, informações que constem o leiaute do local, com a localização dos painéis fotovoltaicos e de seu dispositivo de desligamento rápido, inclusive com informações de como procedê-lo, além de detalhes de contato do responsável pelo sistema;

c.1) além dos locais já especificados na **NBR 16690**, deverá ser instalada, junto à placa M1, sinalização para a identificação da existência de sistema fotovoltaico na edificação, nos moldes do previsto na **Figura 10**, devendo ser acompanhada ainda de sinalização complementar por meio de mensagem escrita com os seguintes dizeres: “ESTA EDIFICAÇÃO POSSUI INSTALADO SISTEMA FOTOVOLTAICO”. A sinalização ilustrada na **Figura 10** deverá possuir dimensão mínima de 100 mm de largura e 150 mm de altura, na cor preta sobre fundo amarelo, e a sinalização com a mensagem escrita deve ser reflexiva, com todas as letras maiúsculas e com altura mínima de 10 mm (dez milímetros), na cor branca sobre fundo vermelho. Em todos os locais em que haja risco de choque elétrico deverá ser alocada sinalização de alerta A5, conforme estabelece a **IT 15**;

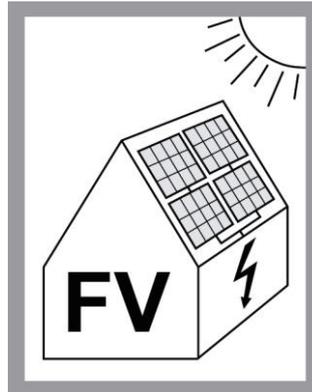


Figura 10: Exemplo de sinalização para a identificação da existência de sistema fotovoltaico em uma edificação
Fonte: ABNT NBR 16690

c.2) Junto às sinalizações descritas em **c.1**, deverá ser instalada ainda sinalização que indique claramente a existência do dispositivo de desligamento rápido na edificação, nos moldes da **Figura 11**. O título “SISTEMA FOTOVOLTAICO EQUIPADO COM DISPOSITIVO DE DESLIGAMENTO RÁPIDO” deve utilizar letras maiúsculas, com altura mínima de 10 mm (dez milímetros) em preto sobre fundo amarelo, e o texto “AJUSTE O INTERRUPTOR DE DESLIGAMENTO RÁPIDO PARA A POSIÇÃO ‘DESLIGADO’ (‘OFF’) PARA DESLIGAR O SISTEMA FOTOVOLTAICO E REDUZIR O RISCO DE CHOQUE” deve ser em letras maiúsculas, com altura mínima de 5 mm (cinco milímetros) em preto sobre fundo branco.

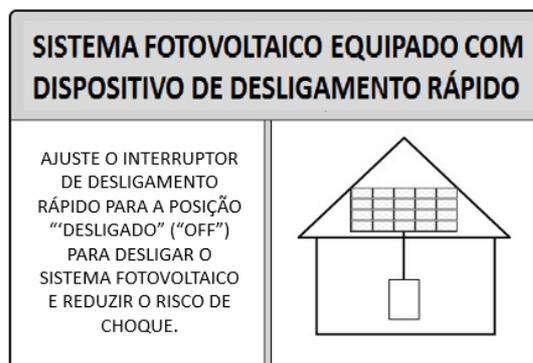


Figura 11: Exemplo de sinalização de indicação de existência do dispositivo de desligamento rápido na edificação.

Fonte: Adaptação de *Article 690 Solar Photovoltaic (PV) Systems – NFPA 70*

d) o Plano de Intervenção, caso seja medida de segurança obrigatória para a edificação/ espaço destinado ao uso coletivo, deve prever as ações a serem tomadas junto aos painéis e seus equipamentos, antes do início do combate ao incêndio propriamente dito;

e) para painéis instalados sobre telhados/coberturas, para inversores e salas de baterias poderão ser utilizados os extintores de incêndio previstos para a edificação, desde que contemplem o incêndio Classe C, respeitadas as distâncias de caminhamento previstas na IT 16.

e.1) Quando não for possível a instalação de extintor ao nível dos painéis, poderá ser instalado em nível diverso, a uma distância máxima de 5 m (cinco metros) da escada (ou outro meio) de acesso ao telhado/cobertura. A quantidade de extintores a serem instalados ficará a critério do RT, em função da quantidade de painéis existentes.

e.2) no caso de painéis instalados diretamente sobre o solo, onde o risco é eminentemente patrimonial, como no caso das fazendas solares, não há necessidade de instalação de extintores de incêndio para a proteção da área destinada aos painéis, ficando esta a critério do proprietário ou responsável técnico;

6.2.3 As áreas de instalação de painéis fotovoltaicos deverão ser devidamente representadas em planta, não sendo, contudo, computadas como áreas construídas para fins de:

- a)** definição da área total do PSCIP;
- b)** definição de medidas de segurança;
- c)** definição do tipo de PSCIP;
- d)** cálculo de cobrança da TSP, para fins de análise e vistoria;
- e)** área a ser informada no AVCB.

6.2.3.1 Nas áreas de instalação de baterias, devem ser projetadas as medidas de segurança previstas para a edificação/espaço destinado ao uso coletivo, devendo ser avaliada, a critério do RT, a pertinência de atendimento ao disposto no **item 6.10.2** da **NBR 13231** ou outro que vier a substituí-lo.

6.2.4 A proteção dos transformadores destinados ao sistema de painéis fotovoltaicos deverá observar as exigências do **item 5.3** desta instrução técnica.

7 GRUPOS GERADORES

7.1 Requisitos gerais

7.1.1 Deve-se realizar uma avaliação do risco de incêndio para cada instalação de gerador, incluindo seus equipamentos auxiliares, em relação ao seguinte:

- a)** Projeto;
- b)** Layout;
- c)** Requisitos de operação.

7.1.2 Os parâmetros trazidos por esta IT se aplicam a todo grupo gerador.

7.1.2.1 Os grupos geradores destinados ao suprimento de energia para sistemas preventivos (elevadores de emergência, iluminação de emergência, etc.) deverão atender às características específicas de suas respectivas normas, naquilo que forem mais exigentes que o previsto nesta IT.

7.1.3 As salas de geradores destinados ao suprimento de energia para sistemas preventivos localizados no interior da edificação deverão, preferencialmente, estar posicionadas no pavimento térreo ou próximo deste, e atender aos seguintes critérios:

- a)** serem constituídas por paredes com requisitos de tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) de no mínimo 2 (duas) horas;
- b)** possuir acesso através de porta corta fogo (PCF) com resistência de no mínimo 90 (noventa) minutos ao fogo;

c) possuir instalações elétricas a prova de explosão e fiação elétrica feita em eletrodutos;

d) possuir ventilação forçada ou natural, garantindo que a tomada de ar frio seja realizada próxima ao pavimento térreo e sem o risco de se captar a fumaça oriunda de um incêndio, de forma a ser evitada a concentração explosiva;

d.1) quando a tomada de ar externa for realizada por meio de duto, este deve ser construído ou protegido por material resistente ao fogo por 2 (duas) horas;

d.2) cuidados especiais, quanto ao isolamento térmico e/ou de resistência ao fogo, devem ser tomados para os dutos de saída do ar aquecido e dutos de escape de gases da combustão, também com resistência ao fogo de, no mínimo, 2 (duas) horas.

7.1.3.1 Os geradores destinados a suprimento de energia para sistemas preventivos (elevadores de emergência, iluminação de emergência, etc.), mesmo que instalados em edificação diversa da principal, deverão atender às características previstas em **7.1.3**.

7.1.3.1.2 Os geradores destinados a suprimento de energia para sistemas preventivos que forem instalados em ambiente externo deverão possuir proteção contra intempéries, caso não sejam cabinados, além do disposto no **item 7.1.12**.

7.1.4 Os ambientes onde se encontram os geradores destinados a suprimento de energia para sistemas preventivos não devem ser usados para fins de armazenamento, nem poderão abrigar qualquer outro tipo de máquina ou motor diferente de geradores.

7.1.5 Em todos os recipientes e dutos deverão ser afixados rótulos ou placas, em locais visíveis, indicando a natureza do produto contido.

7.1.6 A localização e o volume do tanque de consumo diário empregado para a alimentação de cada gerador deverão ser representados no projeto.

7.1.7 Quando o grupo gerador se encontrar no interior da edificação, o tanque de consumo diário deverá estar localizado dentro da sala do gerador e possuir um volume máximo de 2.500 (dois mil e quinhentos) litros.

7.1.7.1 Poderá haver mais de um gerador na mesma sala, desde que o volume máximo acondicionado em seus respectivos tanques de consumo diário não ultrapasse 2.500 (dois mil e quinhentos) litros.

7.1.8 Caso o(s) grupo(s) gerador(es) se encontre(m) instalado(s) em prédio independente, exclusivo para acondicionar os equipamentos, com isolamento de risco (conforme IT 05) para as demais edificações no entorno, poderá ser aceito volume total máximo de 5.000 litros de combustível nos tanques de consumo diário.

7.1.9 Qualquer volume de combustível superior àqueles especificados em **7.1.7** e **7.1.8** deverá ser acondicionado por meio de tanques de armazenamento, os quais devem ser instalados sempre no exterior das edificações, conforme NBR 17505 ou outra norma que vier substituí-la.

7.1.9.1 A critério do Responsável Técnico, poderá ser adotada a NFPA 30, ocasião em que as medidas de segurança serão analisadas por Corpo Técnico, conforme prevê a IT 01 (Procedimentos Administrativos).

7.1.10 Deve ser prevista distância de separação das paredes em relação aos geradores e aos tanques, com, no mínimo, 1 m (um metro) de largura.

7.1.11 Para os tanques de consumo aéreo, deve-se adotar a **NBR 16684-1** de forma complementar, naquilo que não contrariar esta IT.

7.1.12 Os geradores instalados externamente e os sistemas de bombeamento de óleo diesel deverão atender às seguintes características:

a) isolamento por gradil ou elemento construtivo e placas de restrição de acesso a pessoas não autorizadas, instaladas em locais de fácil visualização;

b) quando localizada junto à passagem de veículos, deve possuir obstáculo de proteção mecânica com altura mínima de 0,6 m situado à distância não inferior a 1,0 m.;

7.1.13 Para geradores instalados em eventos temporários ou construções provisórias, devem ser observados os critérios da IT 33, podendo ser complementados pelas exigências desta IT, naquilo que for aplicável, a critério do RT.

7.1.14 Para evitar os riscos da eletricidade estática, os tanques metálicos deverão estar aterrados de acordo com a ABNT NBR 5419, sendo o seu dimensionamento e execução de inteira responsabilidade do respectivo RT, não sendo objeto de análise e vistoria pelo CBMMG.

7.2 Sistema de contenção de líquido combustível

7.2.1 Os tanques de consumo deverão possuir sistema de contenção com as seguintes características:

a) deve haver uma distância mínima entre a parede da bacia de contenção e o costado do tanque (em todos os lados), para evitar que, em caso de derramamento de líquido, este escorra para fora da bacia de contenção;

b) os diques ou muros de contenção deverão comportar volume no mínimo igual ao volume do tanque que contiverem, acrescida de 10% da capacidade do tanque, para conter as movimentações do líquido e água de combate a incêndio;

c) se houver mais de um tanque numa área, o sistema de contenção poderá ser único, desde que a sua capacidade seja no mínimo igual a capacidade do maior tanque, acrescida de 10% da soma das capacidades dos demais tanques inseridos no sistema;

d) a área interna dos diques deverá permanecer livre e desimpedida, não se admitindo a existência de qualquer material estranho à mesma;

e) aspectos construtivos devem seguir o disposto no Anexo A da NBR 16684-1.

7.2.2 Para os geradores cabinados ou carenados que não possuam sistema de contenção acoplados em sua estrutura, deve-se atender o previsto em **7.2.1**.

7.3 Sistema de proteção e combate a incêndio para os grupos geradores

7.3.1 Nas salas de armazenamento de combustível e salas de geradores, deverá haver placas com os dizeres PERIGO - PROIBIDO FUMAR, além das placas de alerta e proibição pertinentes, em quantidade tal que possam ser visualizados de qualquer direção, de acordo com o que prescreve a IT 15 – Sinalização de Emergência.

7.3.2 Nas edificações e nos espaços destinados a uso coletivo em que for necessária a projeção do Sistema de detecção e Alarme de incêndios, deverão ser instalados sistemas de botoeiras de

emergência e alarmes sonoros, conforme a IT 14, nos acessos próximos às portas das salas que abrigam os geradores.

7.3.3 Nas edificações e nos espaços destinados a uso coletivo dotados de sistema de hidrantes, deverão ser instalados pontos de hidrante afastados no mínimo 15 m (quinze metros) das paredes dos diques ou da bacia de contenção, da porta do cômodo do gerador ou do gerador cabinado, respeitando-se os parâmetros previstos na IT 17.

7.3.4 Deverão ser instalados aparelhos extintores em conformidade com a **Tabela 6**, observando-se os critérios previstos na IT 16.

7.3.5 Os tanques enterrados devem ter a proteção de no mínimo dois extintores de incêndio portáteis, com capacidade extintora 20-B, próximos do local de enchimento e/ou saída (bomba).

7.3.6 Para bacias de contenção à distância, é prevista proteção por extintores, levando-se em conta a proporção de 20-B de capacidade extintora para cada 4,65 m² de superfície da bacia de contenção.

Tabela 6 - Proteção por extintores de incêndio para grupos geradores de energia

Capacidade de armazenagem	Quantidade e capacidade extintora mínima
Até 500 L	02 extintores de pó 20-B:C
Acima de 500 até 5.000 L	02 extintores de pó 40-B:C; 01 extintor de espuma mecânica 10-B.
Acima de 5.000 até 10.000 L	02 extintores de pó 80-B:C; 02 extintores de espuma mecânica 10-B. ou 01 extintor de pó 40-B:C; 01 extintor de sobrerrodas de pó 80-B:C; 02 extintores de espuma mecânica 10-B.
Acima de 10.000 até 20.000 L	01 extintor de pó 80-B:C; 01 extintor de sobrerrodas de pó 80-B:C; 01 extintor de espuma mecânica 10-B; 01 extintor de espuma mecânica sobrerrodas 40-B. ou 04 extintores de pó 40-B:C; 01 extintor de sobrerrodas de pó 80-B:C; 01 extintor de espuma mecânica 10-B; 01 extintor de espuma mecânica sobrerrodas 40-B.
Acima de 20.000 até 100.000 L	02 extintores de pó 80-B:C; 02 extintores de sobrerrodas de pó 80-B:C; 02 extintores de espuma mecânica 10-B; 02 extintores de espuma mecânica sobrerrodas 40-B.

	ou 01 extintor de pó 80-B:C; 03 extintores sobrerrodas de pó 80-B:C; 02 extintores de espuma mecânica 10-B; 02 extintores sobrerrodas de espuma mecânica 40-B.
Superior a 100.000 L	02 extintores de pó 80-B:C; 04 extintores sobrerrodas de pó 80-B:C; 03 extintores sobrerrodas de espuma mecânica 40-B.

Notas

1) O dimensionamento dos extintores deve considerar o volume de óleo diesel presente nos tanques de armazenamento e nos tanques de consumo diário (integrado ou separado do grupo gerador) isolados ou o somatório dos volumes de óleo diesel dos tanques envolvidos no risco.

8 PRESCRIÇÕES DIVERSAS

8.1 O proprietário e/ou responsável pelo uso deve promover a manutenção e a proteção proativa das máquinas e equipamentos presentes na edificação ou instalação, a fim de reduzir a probabilidade de incêndios e explosões.

8.2 Para geradores e painéis fotovoltaicos, deverão ser observadas as instruções do fabricante, quando da instalação, manutenção e operação.

8.3 Os casos omissos serão solucionados pelo Diretor de Atividades Técnicas.

ANEXO A

ASPECTOS DA ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO DA SUBESTAÇÃO

A.1 A análise dos riscos de incêndio deve levar em consideração:

A.1.1 Riscos de incêndio - Óleo mineral.

A.1.1.1 Com base na massa e potencial de liberação de energia, um equipamento isolado em óleo mineral é normalmente a maior fonte de combustível presente na maioria das subestações, incluindo:

- a) transformadores e reatores: tanques principais, buchas, radiadores, conservadores, comutadores de derivação em carga e bombas de resfriamento;
- b) transformadores de instrumentos;
- c) reguladores de tensão;
- d) disjuntores;
- e) cabos: isolados a óleo, tubulares, caixas e juntas de transição;
- f) capacitores;
- g) sistemas de óleo lubrificantes (por exemplo, para compensadores síncronos);
- h) casas de bomba e plantas processadoras de óleo.

A.1.1.2 Redução de risco de incêndios – Líquidos isolantes alternativos (alto ponto de combustão ou classe K).

A.1.1.2.1 Existem vários líquidos isolantes alternativos com melhores propriedades de segurança contra incêndio, desenvolvidos com pontos de fulgor e combustão mais altos, que são reconhecidos como fluidos dielétricos que reduzem os riscos de incêndios em relação ao óleo mineral. Esses fluidos são classificados como fluidos de alto ponto de combustão ou classe K, e são um meio eficaz de reduzir o risco de incêndio em uma subestação.

A.1.1.2.2 Fluidos de alto ponto de combustão ou classe K são líquidos isolantes para uso em transformadores ou outros equipamentos, que possuem ponto de combustão mínimo de 300 °C (método de ensaio “vaso aberto Cleveland”, conforme **NBR 11341**).

A.1.2 Riscos de incêndio – Líquidos e gases inflamáveis e combustíveis.

A.1.2.1 Outras fontes de combustível que podem ser encontradas em subestações incluem:

- a) compensadores síncronos refrigerados a hidrogênio;
- b) oxiacetileno para fins de manutenção e construção;
- c) casa de baterias;
- d) gás hidrogênio gerado no carregamento de baterias;
- e) aquecimento gerado por curtos-circuitos ou avalanches térmicas;

- f) geradores a diesel ou gás, e células combustíveis para energia elétrica de emergência;
- g) células de aquecimento a gás;
- h) armazenamento, manuseio e distribuição de líquidos inflamáveis e combustíveis.

A.1.3 Riscos de exposição ao fogo.

A.1.3.1 Equipamentos de subestação e outros ativos críticos também podem ficar comprometidos devido à exposição ao fogo proveniente de outras fontes, como, por exemplo:

- a) estruturas auxiliares: áreas de escritório, armazenamento, lojas, edificações para grupos geradores, área de armazenamento de materiais perigosos;
- b) qualquer edificação, sala ou estrutura de suporte de construção combustível;
- c) armazenamento de materiais combustíveis;
- d) vegetação (florestas, cercas vivas e arbustos próximos).

A.1.4 Riscos em subestação interna.

A.1.4.1 Subestações internas apresentam um conjunto único de riscos que requerem um nível maior de proteção ao fogo devido às seguintes razões:

- a) qualquer fumaça e outros subprodutos de combustão encerrados na edificação podem criar um risco de exposição aos ocupantes do edifício, pessoal de emergência e possivelmente uma exposição corrosiva aos equipamentos críticos da subestação;
- b) calor (incidência de chama, exposições radiativas e convectivas) e rajadas de pressão provenientes de fogo e explosões contidos dentro da estrutura podem expor ao dano a estrutura e/ou o equipamento;
- c) a saída dos ocupantes da edificação, acesso ao pessoal de emergência para combate manual ao incêndio e operações de resgate podem ficar comprometidos devido à fumaça, calor, dano estrutural e distâncias de percurso.

A.1.5 Perda de ativos críticos.

A.1.5.1 Os seguintes componentes são elementos críticos que, se destruídos ou danificados, podem impactar o funcionamento da subestação:

- a) salas e equipamentos de controle, proteção, comunicação, automação e chaveamento;
- b) áreas de distribuição de cabos, canaletas, galerias e túneis;
- c) geradores a diesel ou gás, e células combustíveis para energia elétrica de emergência;
- d) baterias e sistemas de carregamento;
- e) estações de serviço de transformadores (seco e a óleo);
- f) transformadores e reatores de potência;
- g) disjuntores;

h) compensadores;

i) estruturas de barramento e equipamento auxiliar.

A.1.6 Manutenção e construção.

A.1.6.1 Atividades de manutenção e construção podem criar condições adicionais de risco em uma subestação. Os seguintes equipamentos e atividades podem apresentar condições e alto risco:

a) equipamentos de processamento de óleo;

b) transformadores e subestação móveis;

c) obras e reformas da subestação e/ou equipamentos;

d) pintura, trabalho a quente (operações de corte e solda);

e) atividades de manutenção;

f) maior exposição ao fogo e a cargas de combustível como: construção temporária ou permanente, cargas combustíveis e inflamáveis provisórias (tambores de combustível, trapos, madeiras), armazenamento de materiais e equipamentos, escritórios móveis e veículos estacionados.