

PROJETO DE SUBESTAÇÕES

Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Toda esta Norma foi alterada em relação à revisão anterior.

Cabe à CONTEC – Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

Requisito Mandatório: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada (não-mandatária): Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o aprimoramento da mesma, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

CONTEC

Comissão de Normas
Técnicas

SC – 06

Eletricidade

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições mínimas exigidas para o projeto de subestações ao tempo ou abrigadas, para a PETROBRAS.

1.2 Esta Norma não se aplica a instalações em plataformas marítimas.

1.3 Esta Norma se aplica a projetos iniciados a partir da data de sua edição.

1.4 Esta Norma contém Requisitos Mandatórios e Práticas Recomendadas.

2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contêm prescrições válidas para a presente Norma.

PETROBRAS N-274	- Cerca de Proteção para Subestação de Unidade Industrial;
PETROBRAS N-300	- Detalhes de Aterramento Empregando-se Conectores Mecânicos;
PETROBRAS N-302	- Detalhes de Aterramento de Estruturas, Equipamentos, Cercas e Portões Empregando-se Conectores Mecânicos;
PETROBRAS N-1190	- Cercas e Portões;
PETROBRAS N-1996	- Projeto de Redes Elétricas em Envelopes de Concreto e com Cabos Diretamente no Solo;
PETROBRAS N-2006	- Projeto de Sistemas de Iluminação;
PETROBRAS N-2040	- Apresentação de Projetos de Eletricidade;
ABNT NBR 5419	- Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas;
IEEE Std 80	- Guide for Safety in Substation Grounding.

3 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições indicadas nos itens 3.1 a 3.3.

3.1 Subestação Externa de Alta Tensão

Subestação de alta tensão (acima de 15 kV), ao tempo, alimentada por linhas de concessionária.

3.2 Subestação Externa em Caixas Moduladas

Subestação com tensão até 15 kV, ao tempo, constituída por transformador e painel de caixas moduladas montadas em estrutura metálica.

3.3 Subestação Interna

Subestação contendo painéis de média e baixa tensão, de entrada ou não, tendo os painéis e o sistema de corrente contínua abrigados em casa de alvenaria e os transformadores de força e chaves seccionadoras também abrigados ou dentro de área cercada, anexa à casa.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 O arranjo da subestação deve ser simples, funcional, compacto e, de preferência, semelhante a um dos arranjos orientativos apresentados no ANEXO A, FIGURA A-1 à FIGURA A-6.2, para subestação externa de alta tensão, e FIGURA A-7 à FIGURA A-10, para subestação interna. **[Prática Recomendada]**

4.2 Deve ser previsto espaço necessário para movimentação e retirada dos equipamentos e para ampliação futura.

4.3 Os transformadores de força e outros equipamentos contendo óleo devem ser separados entre si e de outros equipamentos por paredes corta-fogo, admitindo-se a colocação do resistor de aterramento na mesma cela do respectivo transformador. Estas celas devem ser construídas de alvenaria com espessura de 25 cm e projetando-se 30 cm acima e 60 cm para os lados das maiores dimensões do maior transformador.

4.4 O sistema de iluminação da subestação deve ser projetado conforme a norma PETROBRAS [N-2006](#).

4.5 As subestações internas e externas devem possuir malha de aterramento com valor máximo da resistência à terra de 1 ohm para subestação de 69 kV, 138 kV e 230 kV, 5 ohms para subestações de 34,5 kV e 25 kV e de 10 ohms para subestação de 15 kV.

4.6 Deve ser seguida a norma PETROBRAS [N-302](#) no detalhamento do aterramento de estruturas, equipamentos, cercas e portões.

4.7 A malha de terra da subestação deve ser projetada conforme a norma IEEE Std 80.

4.8 Para subestações externas de alta tensão, devem ser obedecidas, adicionalmente, as exigências da concessionária local. Deve prevalecer a exigência mais rigorosa quando houver conflito desta Norma com qualquer exigência da concessionária.

4.9 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) deve atender requisitos da norma ABNT NBR 5419.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Subestações Externas de Alta Tensão

5.1.1 A linha de transmissão deve entrar na subestação, sempre que possível, perpendicularmente ao pórtico de entrada. O ângulo máximo entre a entrada das linhas de transmissão e a perpendicular ao pórtico de entrada deve seguir a recomendação da concessionária. Caso a concessionária não possua tal recomendação, deve ser adotado ângulo máximo de 7,5 graus.

5.1.2 A última torre ou torre de derivação da concessionária deve ser localizada a uma distância do pórtico de entrada tal que permita as derivações para os pára-raios, a instalação de equipamentos especiais tais como equipamentos do sistema de onda portadora (“Carrier”) e também permita manter as distâncias mínimas normalizadas entre fases e entre fase-neutro. Caso contrário, deve ser prevista a instalação de uma estrutura intermediária de modo que as distâncias mínimas nas derivações sejam obedecidas.

5.1.3 O pórtico de entrada deve ser dimensionado para as cargas recomendadas pela concessionária. Na falta de tais recomendações, o pórtico de entrada deve ser dimensionado para resistir à tração de 10 kN por fase e 5 kN por cabo pára-raios. Os demais pórticos da subestação e os de sustentação do barramento devem ser calculados em função de fatores específicos e locais tais como comprimento do vão, flecha máxima, variação da temperatura, velocidade máxima do vento e outros.

5.1.4 Os pórticos da subestação e os de sustentação do barramento devem ser constituídos por elementos pré-moldados e padronizados de concreto.

5.1.5 A subestação deve ser circundada por uma cerca e possuir um portão para acesso de pessoas e pelo menos um portão para acesso de equipamentos. A cerca deve ser do tipo III e o portão para equipamentos do tipo I, conforme a norma PETROBRAS N-1190.

5.1.6 O barramento aéreo e as derivações devem ser projetadas conforme os seguintes critérios:

- a) devem ser constituídos, preferencialmente, por cabos nus, sem alma de aço, de mesmo material e bitola que os cabos da linha de transmissão que chega à subestação, para o caso dos cabos da linha serem do tipo ACSR;
- b) em subestações de 34,5 kV, onde é necessário reduzir as dimensões do barramento aéreo e das derivações, ou por exigência da concessionária, devem ser de tubo ou vergalhão de cobre;
- c) as distâncias mínimas da TABELA B-1 do ANEXO B devem ser obedecidas, devendo ser atendidas também as exigências da concessionária local;
- d) devem ser calculados e dimensionados para, no mínimo, uma pressão vento nos condutores de 500 N/m²;
- e) quando necessário, devem ser usados isoladores de pedestal para fixar e manter as distâncias mínimas nas derivações do barramento aos equipamentos.

5.1.7 Todas as conexões aéreas (dos barramentos, das derivações e das linhas) devem ser feitas com conectores de parafusos.

5.1.8 Grupos de pára-raios devem ser instalados sob o pórtico de entrada e saída de todas as linhas aéreas. Se a distância entre os pára-raios de entrada e os transformadores for superior àquela indicada na TABELA B-2 do ANEXO B, outro grupo de pára-raios deve ser instalado em um dos extremos do barramento, fisicamente debaixo do pórtico que sustenta aquele lado do barramento, ou no transformador, conforme indicado no projeto básico.

5.1.9 Nas tensões de 69 kV, 138 kV e 230 kV, deve ser mantida uma distância mínima livre de equipamentos ou bases, no sentido do circuito, de:

- a) 2,0 m para chaves seccionadoras, transformadores de corrente e de potencial;
- b) 2,5 m para disjuntores.

5.1.10 Deve ser considerado um afastamento mínimo de 1,0 m entre o transformador e a parede corta-fogo. O mesmo afastamento deve ser mantido entre o transformador e qualquer equipamento.

5.1.11 A alavanca de operação da chave seccionadora deve ser localizada a 1,2 m do solo e com espaço livre ao seu redor, possibilitando uma operação simples e segura.

5.1.12 As lâminas das chaves seccionadoras, quando estas forem de abertura simples, devem ficar no lado da carga e/ou do disjuntor de tal modo que fiquem sem tensão quando abertas. Se a chave for de montagem vertical simples, a articulação da lâmina deve ser localizada na parte inferior da chave de tal modo que o peso próprio da lâmina tenda a abrir a chave quando esta já estiver aberta.

5.1.13 O mecanismo de operação do disjuntor deve se situar, de preferência, a 1,5 m do piso. Deve ser prevista a instalação de botoeiras de comando nesta altura, quando o mecanismo de operação estiver instalado em nível superior.

5.1.14 No projeto de subestação deve ser observada a localização dos pinos de entrada e saída de energia do disjuntor, visto que os pinos podem se situar em níveis diferentes.

5.1.15 As caixas de terminais de força, de controle e auxiliares dos transformadores não devem ser colocadas na face correspondente ao sentido do deslocamento dos transformadores.

5.1.16 A ligação da bucha do neutro do transformador ao resistor de aterramento, a menos que indicado em contrário, deve ser aérea, por intermédio de tubo de cobre nu de diâmetro 1/2" IPS. Neste caso, a base da bucha do resistor e a do neutro do transformador devem estar a uma altura mínima de 2,5 m. Se a ligação for subterrânea, esta deve se efetuar por intermédio de cabo isolado.

5.1.17 A ligação à malha de terra da carcaça do resistor deve ser independente da ligação à terra do resistor propriamente dito.

5.1.18 Os transformadores devem ser montados sobre trilhos engastados em bases de concreto, não sendo permitido o uso de dormentes de madeira para fixação dos trilhos.

5.1.19 Os trilhos devem se estender até as proximidades do portão de entrada de equipamentos, devendo ser previstos, nos pontos de mudança de direção, reforços para o apoio de "macacos". Devem ser locados pontos para a fixação de "tirfor", para facilitar o deslocamento dos transformadores.

5.1.20 As estruturas suportes dos equipamentos da subestação indicados abaixo devem ser de concreto e projetadas conforme os seguintes critérios:

- a) estruturas individuais para cada pára-raios, transformador de corrente, transformador de potencial e resistor de aterramento;
- b) estrutura única para os três pólos e para o mecanismo de operação do disjuntor, calculada levando-se em consideração não só o seu peso e o efeito do vento como também o esforço dinâmico momentâneo transmitido pelo impacto da abertura e fechamento do disjuntor;
- c) bases dos equipamentos a serem fornecidos pela concessionária dimensionadas para suportar 20 000 N, quando a concessionária não fornecer o peso real dos equipamentos e for garantido que este valor é conservativo.

5.1.21 A menos que indicado em contrário, o sistema de medição da concessionária deve ser conforme se segue:

- a) painel dos medidores da concessionária abrigado em uma casa de alvenaria com dimensões internas de 3,0 m x 3,0 m x 2,5 m (alt.), preferencialmente localizada em um dos vértices da subestação;
- b) a casa citada acima deve possuir porta abrindo para o lado de fora da subestação e tendo uma ou mais janelas do tipo basculante com vidro fosco;

- c) caminhamento dos cabos de medição dentro da casa em eletrodutos metálicos embutidos no piso;
- d) sistema de iluminação no interior da casa provido de tomadas, sendo do tipo aparente;
- e) painel dos medidores especificado, construído e instalado de acordo com a orientação da concessionária;
- f) distância máxima de 60 m entre os transformadores de instrumentos de medição e o painel de medidores da concessionária.

5.1.22 A subestação deve possuir um painel de luz atendendo aos seguintes critérios:

- a) o painel deve alimentar, em princípio, as seguintes cargas:
 - iluminação da subestação;
 - iluminação e tomada da casa de abrigo do painel de medidores;
 - tomadas de conveniência (mínimo de duas);
 - resistores de aquecimento de equipamentos;
- b) quando instalado ao tempo, o painel de luz deve ser fixado em estrutura de sustentação formada por perfis metálicos e a chegada de cabos ao painel deve se efetuar por intermédio de eletrodutos.

5.1.23 O sistema de proteção contra descargas atmosféricas deve atender, no mínimo, aos seguintes critérios:

- a) todos os equipamentos devem estar situados no interior da área protegida pelas hastes pára-raios e cabos guardas;
- b) as hastes pára-raios devem ser instaladas no topo dos postes;
- c) o cabo guarda deve ser de aço galvanizado tipo SM com diâmetro de 5/16";
- d) os cabos guarda da subestação devem ser interligados aos cabos guarda da linha de transmissão e a todas as hastes pára-raios;
- e) todas as hastes pára-raios devem ser interligadas à malha de terra em pontos com hastes de aterramento;
- f) todo material auxiliar para fixação e derivação do sistema de cabos guarda deve ser galvanizado, exceto os conectores.

5.1.24 O caminhamento dos cabos dentro da subestação deve ser através de rede subterrânea em envelope de concreto, a menos que indicado em contrário. Deve respeitar os seguintes critérios:

- a) os eletrodutos devem ser metálicos sendo que os de ligação entre o resistor de aterramento e o neutro do transformador, devem ser de material não magnético;
- b) os envelopes devem partir de uma caixa de passagem em concreto armado a ser projetada no limite da área da subestação; os envelopes e a caixa de passagem fazem parte do projeto de detalhamento da subestação;
- c) o detalhamento e dimensionamento de eletrodutos, envelopes e caixas de passagem devem seguir o disposto na norma PETROBRAS [N-1996](#).

5.1.25 Todas as partes metálicas sem tensão de equipamentos e materiais, neutros do sistema elétrico, cercas, portões, trilhos e cabos guarda devem ser ligados à malha de terra.

5.1.26 No local onde o operador da chave seccionadora se posiciona para operá-la deve ser prevista malha equipotencial ou placa metálica ligada à haste de operação e à malha de terra.

5.1.27 Nas ligações aéreas devem ser utilizados conectores aparafusados e a descida para a malha de terra deve ser por intermédio de cabo de cobre nu 70 mm². No ponto onde o cabo de aterramento penetra no solo, o cabo deve ser protegido por um pedaço de eletroduto de PVC, para efeito de proteção mecânica do cabo. Na descida para a malha, o cabo de aterramento deve ser fixado à estrutura por intermédio de conectores adequados.

5.1.28 O projeto do sistema de aterramento da subestação deve atender aos seguintes critérios:

- a) a fim de evitar tensões de toque perigosas na cerca, do lado de fora da subestação, a malha de terra deve se estender, pelo menos, 1,0 m além da cerca da subestação;
- b) toda a área da subestação deve ser coberta por uma camada de 10 cm de pedra britada nº 2; e esta camada deve se estender por toda a área externa à subestação, em seu contorno, distante até 2,0 m da cerca da subestação;
- c) no ponto onde os aterramentos dos pára-raios são conectados à malha de terra devem ser previstas hastes de aterramento;
- d) devem ser previstos poços de aterramento em pontos onde existam hastes de terra localizadas na periferia da subestação; e estes poços de aterramento devem ser conforme a norma PETROBRAS N-300;
- e) as conexões e ligações enterradas bem como a conexão dos trilhos dos transformadores devem ser feitas com solda exotérmica (conexão “Cadweld”) à malha de terra.

5.1.29 Deve ser previsto um sistema de drenagem de águas pluviais na área da subestação. Este sistema deve ser interligado ao sistema de drenagem da unidade, devendo ser composto basicamente de drenos e caixas de passagem de concreto com tampas metálicas facilmente removíveis.

5.1.30 Sob os transformadores de grande porte devem ser previstos meios que permitam a coleta de óleo derramado. O poço de contenção, coletivo, deve possuir dreno lateral e válvula instalada externamente ou outros meios que permitam o esgotamento de água de chuvas e ter capacidade para 30 % do óleo do maior transformador.