

Projeto de Infraestrutura de Redes Elétricas Subterrâneas

Procedimento

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. A Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma é a responsável pela adoção e aplicação das suas seções, subseções e enumerações.

Requisito Técnico: 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 pela Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada: 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 pela Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma. É caracterizada por 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 seu aprimoramento, 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, a seção, subseção e enumeração a ser revisada, 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 aplicação interna na PETROBRAS e Subsidiárias, devendo ser usada pelos seus fornecedores de bens e serviços, conveniados ou similares conforme as condições estabelecidas em Licitação, Contrato, Convênio ou similar.

A utilização desta Norma por outras empresas/entidades/órgãos governamentais e pessoas físicas é de responsabilidade exclusiva dos próprios usuários."

CONTEC

Comissão de Normalização
Técnica

SC – 06

Eletricidade

Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GT (formados por Técnicos Colaboradores especialistas da Companhia e de suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e por suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SC (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as Subsidiárias) e homologadas pelo Núcleo Executivo (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a Norma Técnica PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para projeto de infraestrutura de redes elétricas subterrâneas tais como, envelope de concreto, canaletas, dutos espiralados corrugados flexíveis em PEAD (Polietileno de Alta Densidade) e cabos lançados diretamente no solo, para instalações da PETROBRAS.

1.2 Esta Norma se aplica a serviços iniciados a partir da data de sua edição.

1.3 Esta Norma contém Requisitos Técnicos e Práticas Recomendadas.

2 Referências Normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes dos referidos documentos.

PETROBRAS [N-1711](#) - Detalhes de Caixa de Enfição (Manholes-EMH) para Uso em Rede Elétrica Subterrânea;

ABNT [NBR 5410](#) - Instalações Elétricas de Baixa Tensão;

ABNT [NBR 14039](#) - Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV até 36,2 kV;

ABNT [NBR 15715](#) - Sistemas de Dutos Corrugados de Polietileno (PE) para Infraestrutura de Cabos de Energia e Telecomunicações – Requisitos.

API [RP 552](#) - Transmission Systems;

IEC [60287-1-1](#) - Electric cables - Calculation of the Current Rating - Part 1-1: Current Rating Equations (100 % load factor) and Calculation of Losses;

NFPA [70](#) - National Electrical Code (NEC) Softbound.

3 Termos e Definições

Para os efeitos deste documento aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

rede elétrica subterrânea principal

conjunto de instalações destinado a efetuar a interligação entre as diversas subestações, com nível de tensão acima de 1 kV, que compõem o sistema elétrico de distribuição e a central de geração e/ou de recebimento de energia elétrica. As instalações compreendem todo o sistema de controle, sinalização, dados, medição e proteção, referentes a estes alimentadores

3.2

rede elétrica subterrânea secundária

conjunto de instalações elétricas não abrangido em 3.1

3.3**duto de PEAD**

é um duto em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), na cor preta, de seção circular, com corrugação helicoidal, impermeável e destinado à proteção de cabos subterrâneos

3.4**caixa do tipo manhole (EMH)**

caixa de enfição para cabos de força e controle de elétrica conforme PETROBRAS [N-1711](#)

3.5**caixa do tipo Handhole (EHH)**

caixa de passagem de pequeno porte para cabos força, instrumentação, controle e telecomunicação conforme PETROBRAS [N-1711](#)

3.6**pontos de puxamento**

locais onde são realizados os puxamentos dos cabos da instalação

3.7**envelopes - banco de dutos**

instalação de eletrodutos com invólucro em concreto para a passagem de cabos de força, controle e telecomunicações subterrâneo de forma a proteger os cabos

4 Condições Gerais**4.1 Tipos de Infraestrutura para Redes Subterrâneas****4.1.1 Cabos Lançados Diretamente no Solo**

Este tipo de instalação é aplicável em situações tais como:

- a) solo sem contaminação química capaz de afetar o cabo;
- b) disponibilidade de área para instalação;
- c) instalação externa às áreas de processo;
- d) prevenção de furtos de cabos.

4.1.2 Cabos em Eletrodutos Embutidos em Envelopes de Concreto

Este tipo de instalação é aplicável em situações tais como:

- a) travessias e arruamentos;
- b) interior de unidade de processo;
- c) locais sujeitos à exposição de fenômenos atmosféricos e impactos mecânicos;
- d) interferência nas instalações de superfície.

4.1.3 Cabos em Canaletas Enterradas

Este tipo de instalação é aplicável em situações tais como:

- a) locais não sujeitos a tráfego;
- b) áreas não classificadas;
- c) pátios de subestações;

- d) subestações sem sala de cabos.

4.1.4 Cabos em Dutos Corrugados Flexíveis em PEAD Diretamente no Solo

Este tipo de instalação é aplicável em situações tais como:

- a) solo sem contaminação química capaz de afetar o duto;
- b) áreas não classificadas;
- c) locais sujeitos a impactos mecânicos;
- d) interferência nas instalações de superfície;
- e) iluminação viária.

4.1.5 Cabos em Eletrodutos de PVC

Este tipo de instalação é aplicável em situações tais como iluminação viária.

4.2 Interferências com Sistemas e Estruturas

4.2.1 Para a escolha do caminhamento das redes principais, considerar os seguintes critérios:
[Prática Recomendada]:

- a) evitar passagem em:
 - áreas destinadas a futuras instalações;
 - unidades de processo;
 - interior de diques de tanques;
 - casas de bombas;
 - áreas destinadas à instalação de equipamentos externos das subestações;
 - áreas pavimentadas;
- b) evitar a construção de redes paralelas (abaixo ou acima) de tubulações subterrâneas;
- c) evitar a construção de redes paralelas abaixo de tubulações aparentes;
- d) minimizar o comprimento da rede;
- e) permitir ampliações da rede;
- f) minimizar as mudanças de direção;
- g) reduzir o volume de escavação e os serviços de recomposição do terreno;
- h) facilitar o lançamento e a manutenção dos cabos e redes.

4.2.2 Para a escolha do caminhamento das redes secundárias, considerar os seguintes critérios:

- a) idem a), d), e), f), g), h) do 4.2.1;
- b) manter espaçamento adequado de linhas ou equipamentos que operam com temperatura externa acima do ambiente;
- c) manter espaçamento adequado entre cabos do sistema de instrumentação e os outros sistemas;
- d) não passar por bases de equipamentos.

4.3 Detalhamento

4.3.1 O projeto deve prever a identificação através da pigmentação vermelha (vermelhão) na face superior dos envelopes. Quando utilizadas lajotas para proteção dos cabos diretamente enterrados e cabos em dutos corrugados flexíveis em PEAD diretamente no solo conforme Figura A.2, a identificação também é necessária.

4.3.2 Devem ser instaladas luvas nos pontos de afloramento de eletrodutos embutidas no concreto, a 50 mm da superfície de afloramento, de forma a permitir uma fácil substituição de partes corroídas dos eletrodutos.

NOTA Caso a continuação da rede após o afloramento (instalação aparente) seja em eletrodutos de alumínio, a transição entre o eletroduto de aço e o eletroduto de alumínio deve ocorrer na luva embutida no concreto.

4.3.3 A alocação do afloramento dos eletrodutos de alimentação, controle e aterramento de motores deve ser posicionada em plantas ou desenhos de detalhes.

4.3.4 A extremidade livre do eletroduto aflorado deve se situar a 300 mm acima do piso acabado e ser dotada de luva roscada.

4.3.5 A profundidade da rede nos pontos de afloramento deve permitir a execução do raio mínimo de curvatura para os eletrodutos de proteção dos cabos, de forma que a curva se inicie e termine abaixo do nível do solo.

4.3.6 O raio de curvatura dos eletrodutos deve ser estabelecido em função do raio mínimo de curvatura dos cabos. As curvas oriundas de dobramento de eletrodutos devem garantir o diâmetro mínimo dos dutos.

4.3.7 O diâmetro mínimo para eletroduto de aço galvanizado deve ser 25 mm (1") e para duto corrugado em PEAD deve ser 50 mm (2").

4.3.8 A taxa de ocupação dos eletrodutos por cabos de baixa tensão deve seguir as recomendações da ABNT [NBR 5410](#) e para cabos de média tensão deve seguir as recomendações da ABNT [NBR 14039](#).

4.3.9 A capacidade de condução de corrente dos cabos instalados em redes subterrâneas deve seguir as recomendações da IEC [60287-1-1](#).

5 Condições Específicas

5.1 Cabos Lançados Diretamente no Solo

5.1.1 Na escolha do caminhamento da rede deve ser considerado os seguintes raios de curvatura dos cabos:

- a) cabos não armados: 8 vezes o diâmetro externo;
- b) cabos armados ou blindados: 12 vezes o diâmetro externo.

5.1.2 O espaçamento mínimo entre os cabos de uma rede e entre cruzamento de redes deve atender aos valores indicados nas ABNT [NBR 5410](#) e [NBR 14039](#).

5.1.3 A profundidade mínima do topo dos cabos deve atender os valores indicados nas ABNT [NBR 5410](#) e [NBR 14039](#).

5.1.4 Devem ser consideradas as interferências eletromagnéticas no espaçamento entre cabos de rede de força e controle conforme as recomendações da API [RP 552](#).

5.1.5 A disposição dos cabos na rede deve atender as Figuras A.1 e A.2.

5.1.6 O caminhamento das redes com cabos diretamente enterrados deve ser identificado através de marcos, de acordo com a Figura A.3, localizados da seguinte maneira:

- a) nos pontos onde os cabos sofram mudança de direção;
- b) em pontos regularmente espaçados com distância não superiores a 30 m.

NOTA 1 Cada marco deve conter, no mínimo, um número de identificação e informações sobre o tipo e tensão dos cabos sinalizados pelo marco.

NOTA 2 Em área pavimentada a sinalização deve ser feita no concreto com pigmentação em vermelhão (Óxido de ferro vermelho), conforme Figura A.2.

5.1.7 Os cruzamentos das redes com rodovias, ferrovias ou outros tipos de vias de trânsito devem ser utilizados envelopes de concreto projetados de acordo com os esforços a que são submetidos.

5.1.8 Os cruzamentos entre cabos de força, força com controle e/ou instrumentação devem seguir as recomendações contidas nas Figuras A.4 e A.5.

5.1.9 Os cabos devem ser cobertos conforme Figura A.2, com misturas de areias naturais com granulometrias escolhidas a fim de se obter um alto grau de compactação do solo com elevada densidade a seco e, protegidos ainda por placas de concreto (lajotas). Acima das placas de concreto pode-se utilizar material original do solo até o nível do piso.

5.1.10 Cabos de aterramento com função específica de interligação à malha de terra podem correr na mesma vala dos cabos isolados, dispostos nos cantos inferiores conforme Figura A.2.

5.2 Redes Elétricas em Envelopes de Concreto

5.2.1 Devem ser utilizados eletrodutos de aço galvanizado do tipo pesado. O uso de eletrodutos de PVC é aceito para circuitos de iluminação viária desde que o envelope seja específico para esta finalidade.

5.2.2 Nas travessias de ruas e em locais de movimentação de veículos a rede deve ser projetada para absorver os esforços provenientes das sobrecargas que porventura existirem durante a fase de construção e/ou operação.

5.2.3 O envelope deve ser projetado de maneira a não haver acúmulo de água no interior dos eletrodutos. Não devem existir pontos baixos na rede entre extremidades dos segmentos do envelope.

5.2.4 Devem ser tomados cuidados na execução do projeto da rede de envelopes, a fim de evitar o acúmulo d'água nas caixas de passagem.

5.2.5 As declividades mínima e máxima dos envelopes devem ser, respectivamente, 0,25 % e 20 %.

5.2.6 As extremidades dos eletrodutos de afloramento não devem ficar em nível mais baixo do que a caixa subterrânea de onde parte o segmento do envelope de forma a evitar o alagamento das caixas de passagens.

5.2.7 O dimensionamento da seção do envelope deve ser feito de acordo com a Figura A.6.

5.2.8 Cada envelope deve conter uma quantidade de eletrodutos de forma a otimizar o dimensionamento dos cabos.

5.2.9 A distância máxima permitida entre caixas consecutivas para redes principais e secundárias deve ser definida através da memória do cálculo de puxamento dos cabos.

5.2.10 A soma de todas as deflexões existentes no trecho do envelope entre 2 pontos de puxamento não deve ultrapassar os valores estabelecidos nas ABNT [NBR 5410](#) e [NBR 14039](#).

5.2.11 O esforço de tração no puxamento e o esforço lateral nos campos de trajeto devem ser verificados por memória de cálculo.

5.2.12 Nas “áreas classificadas” não são permitidas caixas de passagem subterrâneas. Neste caso devem ser utilizadas caixas acima do solo com tipo de proteção adequado à classificação de área conforme Figura A-9. Alternativamente em locais com extensão de área classificada poderá ser utilizada caixa de passagem conforme a [N-1711](#) com pescoço adequado à classificação de área.

5.2.13 Para os casos de redes elétricas principais com 3 circuitos ou mais, devem ser utilizadas caixas do tipo “manhole”.

5.2.14 O dimensionamento dos “manholes” e os acessórios para caixas de enfição devem ser conforme a PETROBRAS [N-1711](#).

5.2.15 As caixas de passagem que não são do tipo “manhole” devem respeitar as seguintes recomendações:

- a) a distância mínima entre a face inferior da janela de eletrodutos e o fundo da caixa deve ser de 200 mm;
- b) a distância mínima entre a face superior da janela de eletrodutos e o topo da caixa deve ser de 300 mm;
- c) a distância mínima entre a face vertical da janela de eletrodutos e a parede adjacente deve ser de 300 mm.

5.2.16 A formação dos envelopes de concreto deve seguir os seguintes critérios:

- a) os eletrodutos do sistema de comunicação devem se situar na parte superior do envelope;
- b) os eletrodutos ocupados por cabos de força devem se situar na periferia do envelope;
- c) a seção reta do envelope deve ser retangular;
- d) a disposição e a quantidade de eletrodutos devem evitar o recorte da seção do envelope de concreto.

NOTA Observar a posição do eletroduto em relação à direção de sua ramificação, para evitar os cruzamentos e interferências.