

PRÉ-OPERAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE GASODUTO TERRESTRE

Procedimento

CONTEC

Comissão de Normas
Técnicas

SC - 13

Oleodutos e Gasodutos

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.

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis a serem seguidas na pré-operação, operação e manutenção de gasodutos terrestres usados no transporte e distribuição dos seguintes gases: gás natural, vapores de hidrocarbonetos, gás residual de UPGN's, vapores de GLP e gás de refinaria.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Esta Norma se aplica aos gasodutos de aço-carbono de propriedade da PETROBRAS, inclusive aos operados por terceiros, abrangendo as linhas de coleta, transporte e distribuição até o medidor do consumidor, estações de medição, estações redutoras de pressão e válvulas de bloqueio.

Não se aplica a sistemas de tubulações que interligam plantas de processamento internas às unidades operacionais.

3 NORMAS E/OU DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- N-133 - Soldagem - Procedimento;
- N-464 - Construção e montagem de duto terrestre - Procedimento;
- N-1590 - Ensaio não-destrutivo - qualificação de pessoal - Procedimento;
- N-1595 - Ensaio não-destrutivo - radiografia - Procedimento;
- N-1596 - Ensaio não-destrutivo - líquido penetrante - Procedimento;
- N-1597 - Ensaio não-destrutivo - visual - Procedimento;
- N-1737 - Inspeção de soldagem - qualificação de pessoal - Procedimento;
- N-2098 - Inspeção de dutos terrestres em operação - Procedimento;
- N-2162 - Permissão para trabalho - Procedimento;
- N-2163 - Segurança na soldagem e trepanação de equipamentos e dutos - Procedimento;
- N-2180 - Relatório para classificação de locação de gasodutos terrestres - Procedimento;
- N-2200 - Sinalização de faixa de domínio de duto - Padronização;

Origem: CONTEC - Subcomissão nº 13 - Oleodutos e Gasodutos.
Substitui e cancela a N-2246.

Toda Norma é dinâmica, estando sujeita a revisões. Comentários e sugestões, para seu aprimoramento, devem ser encaminhados à Comissão de Normas Técnicas da PETROBRAS - CONTEC.

Palavras-chave: pré-operação - operação - gasoduto terrestre.

ANSI B 31.3 - Chemical plant and petroleum refinery piping;
ANSI B 31.8 - Gas transportation and distribution piping systems;
API Std 1104 - Welding pipelines and related facilities;
ASME Section IX - Boiler and pressure vessel code;
IGE/TD/1 - Steel pipelines for high pressure gas transmission institute of gas engineering;
Minimum federal safety standards for liquid pipelines relating to transportation of liquids by pipelines (part 195, title 49, code of federal regulations;
Pipeline safety code - 4th edition/december-1982 - institute of petroleum.

4 DEFINIÇÕES

Para efeitos desta Norma são adotadas as definições de 4.1 a 4.16.

4.1 Classe de locação

Classificação de trechos do gasoduto conforme os requisitos da norma [N-2180](#).

4.2 Amassamento

Depressão na superfície de um tubo que causa alteração na sua curvatura, sem contudo apresentar perda de material ou redução de espessura da parede do tubo.

4.3 Sulco

Cavidade longa e estreita na superfície de um tubo, caracterizada pela perda de material e conseqüente diminuição de espessura da parede do tubo.

4.4 Cava

Depressão na superfície de um tubo, semelhante a uma escavação, com conseqüente perda de material e redução de espessura da parede do tubo.

4.5 Luva bipartida

Dispositivo para reforço de uma tubulação, constituído de duas meias partes que se ajustam sobre toda a circunferência do tubo e que se unem por meio de soldas longitudinais, e cujas extremidades são ou não unidas ao tubo por meio de soldas circunferenciais.

4.6 Complementos

Acessórios do sistema, tais como: flanges, conexões, válvulas, juntas, tampões, etc.

4.7 Cruzamento

Obra correspondente à passagem do duto por rodovias, ferrovias, outros dutos e/ou instalações subterrâneas já existentes.

4.8 Travessia

Obra correspondente à passagem do duto através de rios, riachos, lagos, açudes e regiões permanentemente alagadas.

4.9 Interligação ("Tie-in")

União por meio de solda de duas colunas que possuem restrições para livre movimentação no eixo longitudinal.

4.10 "Hot tapping machine"

Equipamento utilizado para realização de trabalho a quente de trepanação (HOT TAP), em equipamentos de processo ou em dutos.

4.11 Lançador/recebedor

Instalação adequada para introdução e/ou retirada do raspador ou esfera.

4.12 Raspador ou esfera ("Pig")

Denominação genérica dos dispositivos que se fazem passar pelo interior dos dutos, impulsionados por fluidos pressurizados, sendo conforme a finalidade:

- a) Separador: destinado a separar dois produtos distintos;
- b) Calibrador: destinado a detectar reduções no diâmetro interno do duto;
- c) De Limpeza: destinado à limpeza interna do duto;
- d) Instrumentado: destinado a detectar redução na espessura de parede do duto.

4.13 Pressão máxima admissível de operação

É a máxima pressão na qual um gasoduto pode operar, em concordância com as normas e códigos nas quais se basearam seu projeto e construção.

4.14 Sobrepressão

É a pressão que excede a um valor predeterminado.

4.15 Planos e procedimentos

Documentos elaborados, para cada gasoduto, destinados a disciplinar as atividades da operação e suas situações de emergência.

4.16 Reparo

Procedimento a ser adotado para corrigir e/ou eliminar avarias, defeitos ou qualquer outra não-conformidade registrada em um gasoduto, de modo que, após a execução do reparo, sejam estabelecidas todas as condições normais de operação e de projeto do mesmo. Para efeitos desta Norma não são considerados reparos, soluções provisórias utilizadas para controle de emergência, tais como, colocação de braçadeiras ou quaisquer outras que não aquelas previstas no item 7.4.

5 PRÉ OPERAÇÃO

5.1 Introdução

Este capítulo estabelece os requisitos gerais para a remoção da água, a secagem e a purga de ar de um gasoduto que esteve submetido a um teste hidrostático.

A pré-operação normalmente é coordenada pela Unidade responsável pela operação do gasoduto, e executada com o apoio do órgão responsável pela obra e empreiteiras envolvidas na construção.

5.2 Planejamento dos procedimentos

Toda a operação deve estar sob o encargo de um profissional capacitado para tal. Deve ser antes preparado um programa escrito, que deve depois ser distribuído entre os envolvidos. Neste programa, devem ser definidas as responsabilidades de levar adiante as operações até o seu final. Ele deve cobrir o maior número de detalhes possível, além de conter uma lista de verificação ("check list"), e deve ser distribuído com antecedência entre todos os envolvidos. A lista de verificação é um meio através do qual o encarregado pode assegurar uma preparação total anterior ao início das operações da purga. Os itens a seguir estão entre os principais que devem ser incluídos na lista de verificação.:

- a) Verificar necessidade de existência de Licença de Operação;
- b) Cuidados com a segurança devem ser tomados e supervisionados ao longo do gasoduto;
- c) Cuidados com o manuseio do desidratante, caso ele seja utilizado, incluindo as operações de carga, transporte e descarga;
- d) Volumes e vazões de desidratante, do nitrogênio e do gás a ser transportado devem ser calculados;
- e) Instalações adequadas de recebimento e despacho do desidratante nos pontos terminais (entrada e saída) do gasoduto, quer sejam elas temporárias ou permanentes;
- f) Existência de algum tipo de instrumento de detecção confiável, a fim de evidenciar a presença de gás durante e imediatamente após a operação de gaseificação;
- g) Sistema adequado de comunicações ao longo do gasoduto;
- h) Providências para que estejam à disposição equipamentos de combate a incêndio, incluindo um caminhão com bomba e um certo suprimento de água;
- i) Meios de acesso seguros para veículos pesados para os pontos inicial, final e intermediários de supervisão;

- j) Aviso, com antecedência, às autoridades locais, como polícia, bombeiros, prefeitura e órgãos de proteção ambiental entre outras;
- k) Uma equipe deve estar disponível para atender a necessidade de execução de qualquer serviço de instalação e/ou reparo durante a pré-operação. Esta equipe deve ser constituída por pessoas habilitadas e com equipamentos adequados para tais serviços;
- l) Existência de procedimento de lançamento/recebimento de raspadores/esferas.

5.3 Remoção da água do teste hidrostático

5.3.1 Para gasodutos longos, ou com perfil muito acidentado, a remoção da água deve ser feita, preferencialmente por trechos, e logo após a realização do teste hidrostático de cada trecho.

Notas: Este procedimento apresenta as seguintes vantagens:

- a) Reduz a pressão necessária para o deslocamento da água;
- b) Reduz a possibilidade de ocorrência do fenômeno "múltiplos tubos U" (bolsões de água nos vales e ar nos picos do gasoduto);
- c) Evita danos às válvulas da linha-tronco, que, normalmente nesta fase, ainda não estão instaladas.

5.3.1.1 Caso não seja adotado este procedimento, após a interligação de todos os trechos, deve-se fazer um novo enchimento do gasoduto com água, com o uso de um pig separador deslocando completamente o conteúdo da linha, para remoção dos bolsões de ar.

5.3.1.2 Para verificação do completo enchimento, pode se comparar as colunas hidrostáticas com o perfil do terreno em alguns pontos do gasoduto.

5.3.2 A remoção da água pode ser feita com ar comprimido, nitrogênio ou o próprio gás, com o qual o gasoduto vai operar.

Os principais fatores que normalmente determinam o fluido a ser utilizado são: pressão, vazão e volume necessários, tempo da operação e custo da operação, corrosão, formação de hidratos e segurança operacional.

5.3.3 Para maior eficiência da remoção da água, devem ser utilizados dois pigs separadores, e a velocidade de deslocamento deve ser mantida entre 1,6 e 8 km/h ou conforme orientação do fabricante.

5.3.3.1 A velocidade dos pigs pode ser controlada através do controle da vazão de água que sai do gasoduto.

5.3.3.2 Não deve haver paralisação no deslocamento dos pigs.

5.3.3.3 O 2º pig só deve ser lançado quando o 1º pig se encontrar a uma distância de aproximadamente 1 km do lançador, à pressão na qual a operação estiver sendo feita.

5.3.4 Deve ser evitado remover a água de um gasoduto com as válvulas da linha tronco instaladas, pois isto pode provocar danos às válvulas.

5.3.4.1 Caso isto não possa ser evitado, devem-se tomar os seguintes cuidados:

- a) Durante a passagem da água pelas válvulas, estas não devem ser operadas, devendo permanecer, totalmente abertas;
- b) As tomadas de alimentação dos atuadores devem estar desconectadas para evitar entrada de água;
- c) As válvulas do contorno ("by-pass") devem estar fechadas.

5.3.5 A água a ser removida do gasoduto deve ser descartada em locais de fácil drenagem, através de um sistema de tubulação projetado e construído com esta finalidade.

5.3.6 Previamente, deve-se fazer uma análise da qualidade e quantidade da água a ser descartada, a fim de ser evitado qualquer impacto ambiental pela contaminação de rios e mananciais.

5.4 Secagem

5.4.1 Introdução

Deve-se fazer a secagem de um gasoduto quando suas condições de operação indicarem a possibilidade de ocorrências de hidratos e/ou corrosão, quando o gás é colocado em presença de água.

5.4.1.1 Mesmo após a remoção da água livre, uma certa quantidade de água permanecerá nas paredes dos tubos, a qual pode ser estimada através da expressão:

$$\text{Água residual} = 0,3666 \times \text{diâmetro interno do gasoduto} \\ (\text{em L/km}) \quad (\text{em mm})$$

5.4.1.2 Em linhas que não necessitem ser completamente secas, este procedimento não deve ser considerado.

5.4.2 Secagem com agente desidratante

A secagem deve ser efetuada pela passagem de um arranjo de dois colchões de um agente desidratante separados por um colchão de nitrogênio, estando os colchões de desidratante contidos entre dois pigs separadores, conforme Figura 1.

5.4.2.1 Imediatamente antes da passagem dos colchões de desidratante, deve ser passado um outro colchão de nitrogênio, que tem a finalidade de evitar a formação de misturas explosivas durante a operação de secagem.

5.4.2.2 O agente desidratante utilizado deve ser o metanol, embora possam ser utilizados outros, como o etanol, o glicol, etc.

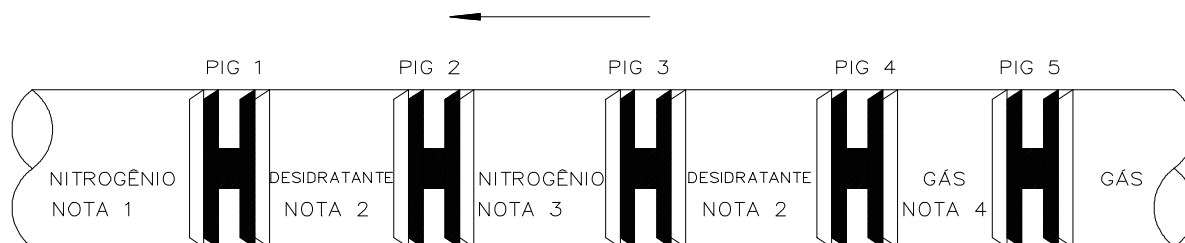


Figura 1 - ARRANJO SUGERIDO PARA COLCHÕES DE SECAGEM

- Notas:
- 1) Colchão de nitrogênio, com um volume que preencha 10% do volume do gasoduto à pressão atmosférica, ou 1/2 km à pressão em que a operação esteja sendo feita. Deve-se adotar a maior quantidade das duas.
 - 2) Caso seja utilizado metanol, cada colchão com um volume igual a $0,695D$ litros /km de gasoduto a ser seco, onde D é o diâmetro interno da tubulação em mm.
 - 3) Colchão intermediário de nitrogênio, com um volume capaz de preencher 1 km à pressão na qual a operação esteja sendo feita.
 - 4) Colchão de gás, com um volume capaz de preencher 1/2 km à pressão na qual a operação esteja sendo feita. O pig nº 5 é para uma "varredura" final, a fim de remover algum desidratante que passe pelo pig nº 4.

5.4.2.3 O arranjo dos colchões de secagem deve ser empurrado à frente no gasoduto a uma velocidade de 10 a 13 km/h pela pressão do gás introduzido após o pig nº 5. Isso deve ser feito através do controle do gradiente de pressão ao longo da linha, através da colocação de manômetros nos extremos.

5.4.2.4 No extremo final do gasoduto, o nitrogênio deve ser liberado para a atmosfera e a mistura desidratante/água recolhida em tanques. Os teores de água e desidratante da mistura devem ser determinados pela análise de amostras da mesma, e comparados com o dado obtido através do conhecimento do volume de desidratante injetado e do volume de água contida no gasoduto calculado inicialmente (5.4.1.1). Pode-se assim, calcular a quantidade de água e de desidratante que foram deixadas no gasoduto.

5.4.2.5 Caso seja utilizado metanol, resultados que se situem dentro dos limites que são fornecidos pela TABELA 1 indicam que não haverá a formação de hidratos sob condições normais de operação. Eles são baseados em uma operação satisfatória com pigs, que foi realizada de acordo com o método descrito.

TABELA 1 - Limites aceitáveis para o volume recuperado de metanol

Volume Total de Líquido recuperado dos Colchões em Percentagem do Volume de Metanol introduzido	Percentagem Mínima em Peso de Metanol nas Duas Últimas Amostras
60	71
70	67
80	60
90	50

5.4.2.6 Se essas percentagens não são atingidas, deve-se investigar as razões, e repetir, se for o caso, a operação de secagem.

5.4.2.7 Devem ser retirados todos os equipamentos e dispositivos temporários utilizados no processo, bem como devem ser tamponadas as conexões, antes do gasoduto ser pressurizado nas condições de operação.

5.5 Purga de ar

Este procedimento aplica-se aos casos em que a remoção da água do teste hidrostático tenha sido feita com ar, e não seja necessária a completa secagem do gasoduto. Neste caso, a fim de garantir uma purga segura e eficiente, toda a operação deve ser cuidadosamente planejada e controlada continuamente, para reduzir a um mínimo as interfaces entre as misturas ar/nitrogênio e nitrogênio/gás.

5.5.1 Admissão de nitrogênio

5.5.1.1 Deve-se dispor de nitrogênio suficiente para garantir a introdução, no gasoduto, de um colchão de tamanho adequado, para evitar a possibilidade da mistura do gás com o ar. Normalmente, é conveniente que o colchão de nitrogênio tenha entre 400 a 600 m de comprimento.

5.5.1.2 O nitrogênio deve ser admitido na tubulação através de um tubo perpendicular ao gasoduto imediatamente à frente da válvula de bloqueio fechada, que será utilizada para admissão do gás no trecho a ser purgado, a uma vazão adequada, a fim de evitar a mistura excessiva do nitrogênio com o ar.

5.5.1.3 Quando mais de um cilindro de nitrogênio é necessário para fornecer volume suficiente e a uma certa vazão, os cilindros devem ser ligados a um distribuidor ("manifold").

5.5.1.4 Devem ser providenciados manômetros, de modo que a pressão nos cilindros possa ser conferida durante a operação. Também é necessário que seja feito um ajuste rigoroso da vazão de nitrogênio que escoar para dentro do gasoduto. Um método é usar-se uma válvula de controle, graduada e pré-calibrada, trabalhando sob pressão constante a partir do(s) regulador(es) ligado(s) ao(s) cilindro(s).

5.5.1.5 Embora o nitrogênio engarrafado seja virtualmente seco, o bloqueio interno de reguladores, válvulas, etc. pode ocorrer formação de gelo causado pelo considerável resfriamento devido à expansão que ocorre nas conexões do cilindro. A possibilidade de congelamento interno pode ser evitada pelo uso de um aquecimento adequado, e isso também será útil para evitar o acúmulo externo de camadas de gelo, que pode ocorrer no tempo frio e úmido.

5.5.2 Admissão de gás

5.5.2.1 O gás a ser transportado deve entrar no gasoduto à uma vazão controlada, imediatamente após o colchão de nitrogênio, com o suprimento de gás colocado em linha, logo após ser cortado o de nitrogênio.

5.5.2.2 Para ocorrer uma pequena interface ao longo do gasoduto, o fluxo deverá ser contínuo e mantido a uma vazão que permita uma velocidade de 4 a 20 m/s. Para garantir que a vazão de purga seja mantida dentro desses limites, geralmente é suficiente regular o suprimento de gás para fornecer um gradiente de pressão previamente calculado ao longo do gasoduto. Isso deve ser feito controlando-se a pressão através de manômetros instalados nas extremidades do gasoduto.

5.5.3 Liberação para a atmosfera e teste

5.5.3.1 A instalação para se fazer a liberação para a atmosfera no fim do gasoduto deve consistir de:

- a) Um tubo de ventilação, ligado ao gasoduto através de uma válvula apropriada, e uma descarga vertical a uma altura suficiente para garantir que o gás a ser liberado só o será a uma altura acima das cabeças de pessoas que possam estar nas vizinhanças. As dimensões do tubo de liberação para a atmosfera devem ser suficientes para liberar o ar ou o gás à vazão necessária e atender as condições de segurança do local quanto à formação de misturas explosivas e toxidez;
- b) Uma pequena tomada para amostras colocada no tubo de liberação para a atmosfera, para facilitar a tomada de amostras durante as operações de purga;
- c) Um manômetro, instalado em uma tomada no gasoduto, de modo que sua leitura não seja influenciada pelo escoamento no tubo de liberação para atmosfera. Caso não seja possível, ele pode ser instalado na base do tubo de liberação para a atmosfera, antes da válvula de controle de vazão.

5.5.3.2 Durante a purga, a válvula de controle de liberação para atmosfera deve ser cuidadosamente operada, para se controlar a pressão na extremidade do gasoduto a um valor predeterminado. Isso irá garantir que o operador que está no início do gasoduto seja capaz de controlar efetivamente a vazão de purga, ajustando a válvula de controle de admissão de gás, a fim de fornecer a pressão necessária.