

2 Construção e Montagem de Dutos Terrestres

2.1 Considerações Iniciais

Duto é a designação da ligação de tubos destinados ao transporte de petróleo, seus derivados ou gás natural. Eles são classificados em oleodutos, quando transportam líquidos, ou seja, petróleo e seus derivados e em gasodutos quando transportam gases. Os oleodutos que transportam derivados de petróleo e álcool também são chamados de polidutos. (ANP, 2008).

Os dutos são usados para transporte de líquidos desde a Antiguidade, os chineses usavam bambu; os egípcios e os astecas, material cerâmico; e os romanos, chumbo. O primeiro duto para transporte de hidrocarbonetos, com duas polegadas de diâmetro, foi construído em ferro fundido e ligava um campo de produção a uma estação de carregamento de vagões a uma distância de 8km na Pensilvânia, em 1865. No Brasil, o primeiro duto para transporte de petróleo foi construído na Bahia em 1942, tinha diâmetro de duas polegadas e um quilômetro de extensão, ligava a Refinaria Experimental de Aratu ao Porto de Santa Luzia, que recebia petróleo de saveiros-tanque vindos dos campos de Itaparica e Joanes. (Sant'ana, 2006)

O escoamento de petróleo e derivados entre as fontes de produção, refinarias e centros de consumo pode ser realizado através de navios, caminhões-tanque e dutos. Entretanto, os oleodutos, gasodutos e polidutos são geralmente o meio mais econômico para transportar grandes volumes de petróleo, derivados e gás natural por grandes distâncias. (Martinez, 2003).

O processo de construção e montagem de dutos consiste na ligação de vários tubos de comprimento e diâmetro variável. Após a confecção do duto, este é enterrado a cerca de 1 metro de profundidade.

Para a construção de dutos, as indústrias contratam empresas especializadas, porém ficam responsáveis pela supervisão dos serviços para que seja garantida a qualidade, o prazo e o custo.

Devido ao deslocamento permanente de máquinas, equipamentos, veículos pesados, pessoas, alojamentos, alimentos e energia, por locais sem infra-estrutura de acesso, à medida que a matéria-prima vai se transformando no produto final, uma obra de dutos é similar a uma obra de estrada de rodagem.

A obra de dutos passa por várias fases. Além das atividades de construção, são necessários alguns serviços preliminares a essas atividades, como descritos a seguir.

As fases da construção e montagem de dutos consistem em atividades de aerolevanteamento, pré-comunicação, cadastramento físico e jurídico, projeto básico, estudo de impacto ambiental, obtenção das licenças prévia, de instalação e operação e nas atividades de construção e montagem propriamente ditas.

Nas atividades de aerolevanteamento são feitas fotografias aéreas para reconhecimento e determinação do traçado do duto. A pré-comunicação consiste na comunicação com as comunidades vizinhas com objetivo de informar sobre as atividades de construção e montagem que irão acontecer no local onde o duto vai passar. As atividades de cadastramento físico e jurídico consistem no cadastramento das propriedades por onde o duto irá passar, para que posteriormente seja feita a atividade de liberação da faixa do duto. O projeto básico define as diretrizes para construção do duto. Estudos de impacto ambiental são necessários para o conhecimento de possíveis impactos que poderão ser causados pelas atividades da construção e são obrigatórios para a obtenção das licenças nos órgãos municipais e estaduais pertinentes. É necessário que haja uma licença prévia para o início das atividades de construção. A licença de instalação é necessária para a instalação dos canteiros de apoio. A licença de operação é necessária para que se possa iniciar a operação do duto. (PETROBRAS, 2008).

2.2 Canteiros de apoio

Previamente ao início da obra, é necessária a instalação dos canteiros de apoio, que servem como ponto base para as diversas frentes de trabalho e onde ocorre a divisão dos trabalhos que ocorrerão em determinado dia.

Em obras de dutos são utilizados canteiros centrais de apoio além de pequenos canteiros de apoio (áreas de montagem) que são instalados para a implantação das travessias (ex: travessias de cursos d'água), cruzamentos (ex: cruzamentos de rodovias e ferrovias) e demais obras especiais. Nos canteiros centrais, ficam localizadas instalações, tais como refeitório, almoxarifado, oficina, depósitos de máquinas, equipamentos e materiais, ambulatório, escritório de projetos e administração, dentre outros. Os canteiros de obras das travessias especiais devem contar, no mínimo, com veículos de transporte de carga e pessoas, pequeno estoque de ferramentas, combustível, peças de reposição, refeitório e banheiros. As áreas indicadas para os canteiros deverão, ainda, conter o parecer das Prefeituras Municipais, concordando com as instalações, e estarem situadas em locais onde ocorra o mínimo de impactos ambientais e de interferências com as comunidades locais. A escolha dos locais dos canteiros de obras em empreendimentos lineares, como rodovias, ferrovias, linhas de transmissão e dutos, depende de uma série de fatores que diretamente envolvem a logística, como procedência da mão-de-obra especializada e tipo de habitação a ser utilizada (alojamentos e/ou hotéis/pensões/repúblicas).

O canteiro de apoio servirá de base para as frentes de serviço, nele é onde serão armazenados os materiais, suprimentos, ferramentas e equipamentos de pequeno porte, assim é a partir dele que são distribuídos os suprimentos para as frentes de obra. Sua localização é estratégica, pois deverá estar situado de tal forma que atenda mais de uma frente de obra, sendo que as frentes de obra vão se deslocando de acordo com o avanço da produção. Como é o ponto de ligação entre as frentes de obra, o canteiro de apoio apresenta uma intensa movimentação de pessoas e materiais. Se houver necessidade de reposição de materiais ou ferramentas, os mesmos deverão ser enviados do canteiro para frente de obra, evitando que haja atrasos e prejuízo para as atividades.

2.3

Principais Atividades de uma obra de dutos

A construção e montagem de dutos propriamente dita tem entre suas principais atividades, as quais serão descritas a seguir:

- Avaliação da construção
- Mobilização

- Locação e Marcação da Faixa de Domínio e da Pista
- Desmonte de rochas
- Limpeza (Retirada da camada superficial do solo)
- Nivelamento da faixa
- Transporte e estocagem de tubos e materiais
- Abertura e Preparação da Vala
- Distribuição de tubos na Faixa de Domínio
- Curvamento
- Soldagem
- Inspeção após Soldagem
- Ensaio não-destrutivo
- Revestimento Externo Anticorrosivo
- Revestimento Externo com Concreto
- Abaixamento do duto na vala
- Cobertura ou Preenchimento
- *Tie-in*
- Fabricação
- Proteção Catódica
- Limpeza da faixa de domínio
- Recuperação e Revegetação
- Sinalização e Proteção dos Dutos e Válvulas de bloqueio
- Teste hidrostático
- Limpeza Interna e Inspeção
- Condicionamento
- Desmobilização de equipamento e pessoal

2.3.1 **Avaliação da construção**

Uma análise de construção deve ser feita para colher informações detalhadas que possibilitem o *design* de todas as seções do duto, incluindo acesso a estradas associadas e travessias de cursos d'água.

As necessidades do espaço de trabalho da construção de um duto são definidas nesta etapa. Este espaço é definido em função do diâmetro, tamanho do equipamento, condições de inclinação, tipo de rocha, localização da construção (ex.: cruzamento de rodovias ou rios), cruzamento de outros dutos, o método de construção, e as condições existentes de solo durante a construção. São necessários equipamentos maiores para lidar com dutos mais pesados, conseqüentemente aumentando o tamanho do espaço de construção necessário. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

Na ocasião de solicitar as licenças ambientais, é necessário se estabelecer o tamanho mínimo da área e necessidades para promover um trabalho mais seguro. (PETROBRAS, 2008).

Uma expansão temporária do espaço de trabalho, em adição ao traçado de construção, será necessária em locações especiais para construir o duto onde existir inclinação lateral excessiva, cruzamento de estradas e rodovias, segregação adicional de camada superficial de solo em áreas de agricultura, área de preparação de equipamento e duto e áreas de preparação associadas com áreas alagadas e travessia de curso d'água. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

2.3.2 Mobilização

Inicialmente, há a mobilização para a execução dos trabalhos preliminares que darão suporte ao desenvolvimento dos serviços principais. Essas tarefas consistem na preparação da logística e dos acessos a serem utilizados, na contratação da mão-de-obra e em demais providências necessárias.

Acessos à área de construção são geralmente restritos a estradas. Exemplos de tipos de acesso usados são estradas abandonadas, linhas de trem, trilhas e estradas rurais. A permissão para acessar estas estradas pode envolver um pagamento e, invariavelmente, envolve um compromisso de reparar qualquer dano causado. Devido ao tipo de equipamento a ser usado nas estradas de acesso, aperfeiçoamentos podem ser necessárias, como nivelamento, colocação de pedras para estabilidade e melhorias no cruzamento de rios antes que possam ser usados. Práticas de controle de erosão e restauração que se aplicam na faixa do

duto também devem ser aplicadas às estradas de acesso. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

Construções de Dutos, normalmente, acontecem em áreas isoladas; logo o transporte deve ser fornecido aos trabalhadores, geralmente por ônibus. Ao longo do traçado do duto, as viagens são feitas usando-se veículos com tração nas quatro rodas (4X4), caminhões ou veículos de terra.

Nessa etapa é feito o recrutamento da mão de obra que será necessária durante a obra. Devem ser adquiridos os equipamentos e veículos necessários. Ou seja, os recursos necessários para o bom andamento da construção devem ser definidos nessa etapa.

2.3.2.1

Abastecimento e Lubrificação de Máquinas e Equipamentos

Para a construção e montagem do duto, serão mobilizados diversos equipamentos pesados de construção para as frentes de serviços, nas atividades que serão descritas mais adiante. Em face da dificuldade de transporte dos equipamentos e máquinas para o canteiro, em função de seus pesos e da dificuldade de deslocamentos por longas distâncias, eles devem ser abastecidos e lubrificados na pista de trabalho, por meio de “comboios hidráulicos” (caminhões projetados especialmente para esse tipo de trabalho). Esses comboios hidráulicos devem ter dispositivos automáticos específicos para o abastecimento e lubrificação de todos os equipamentos e máquinas a serem utilizados nas obras. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

2.3.2.2

Descrição dos equipamentos

A fase de mobilização caracteriza-se também pela obtenção dos equipamentos. Em obras de dutos são utilizados equipamentos de grande porte, cujo transporte é de grande complexidade, como é o caso do *side boom* e dos tubos. Equipamentos também utilizados na obra são as válvulas e os *pigs*. (PETROBRAS, 2008), como descrito adiante:

a) *Side boom*

Esse equipamento é um tipo de trator utilizado para o manejo de tubos. É um dos maiores equipamentos da obra, conforme mostra a ilustração 1. Na obra são utilizados em grande quantidade e há uma intensa movimentação dos mesmos.



Ilustração 1 – Utilização de *side boom*

FONTE : Banco de dados da Petrobras, 2004

b) Tubos e Revestimento

O tubo é a principal matéria-prima da obra; geralmente possui revestimento externo anti-corrosivo em toda a sua extensão, como pode ser visto na ilustração 2. Nas regiões alagadas, travessias e cruzamentos, possuirá jaqueta de concreto, que consiste em envoltório de concreto com a finalidade de aumentar seu peso para estabilizá-lo quando for submerso. Esse material é caracterizado como sendo de difícil transporte. Há uma intensa movimentação de caminhões para o transporte dos mesmos na região onde acontece a obra, muitas vezes essas regiões não estão preparadas para essa situação. Há o risco de acidentes como queda de tubos nas estradas.

Atualmente, há um grande desperdício dos tubos utilizados na obra, principalmente nas atividades em que é necessário fazer curvamento.



Ilustração 2 – Tubos revestidos em concreto

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

c) Válvulas de Bloqueio Automático da Linha Tronco

Ao longo do duto, é necessária a instalação de válvulas de bloqueio (Ilustração 3) para auxílio ao controle após o início da operação.



Ilustração 3 – Válvula de Bloqueio Automático

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

d) Lançadores e Receptores de *Pig*

A inspeção interna de dutos é feita com um equipamento especial denominado *pig*, como mostra a ilustração 4. Um *pig* utiliza sensores e outros instrumentos para coletar dados relativos às condições das paredes do duto enquanto se move pelo seu interior, para que possam ser localizadas possíveis falhas causadas por corrosão ou fissuras. (USP, 2008).

É necessária a instalação de lançador/receptor de *pigs* nas extremidades inicial e final do duto.



Ilustração 4 – Pig

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

e) Tubos-Camisa – *Boring Machine* (Perfuração Horizontal)

A *Boring Machine* é um equipamento de perfuração, como mostra a ilustração 5, utilizado abaixo de ferrovias, rodovias de porte, e outros cruzamentos específicos (rodovias com alta densidade de tráfego), além de áreas alagadas. Esse equipamento será usado em áreas críticas, onde as vias não podem ser atravessadas a partir de métodos de corte aberto convencionais. Após a perfuração, será introduzido um tubo-camisa, por onde passará a tubulação, sob o cruzamento, sem a necessidade de se abrir a vala (PETROBRAS, 2008)



Ilustração 5 – Boring Machine

FONTE: Banco de dados da Petrobras

2.3.3 Localção e Marcação da Faixa de Domínio e da Pista

Inicialmente, é necessário que seja definida a faixa onde o duto estará localizado que é a chamada Faixa de domínio, faixa de largura determinada, na qual estão os dutos enterrados ou aéreos, bem como seus sistemas complementares, definida em Decreto de Declaração de Utilidade Pública (ANP, 2008). Essa etapa é feita pela equipe de topógrafos. As demarcações são feitas a partir da diretriz estabelecida nos documentos de projeto e sua qualidade e exatidão irão influenciar os custos da obra. É preciso executar serviços de abertura, caracterizando essa etapa pela abertura de clareiras, como mostra a ilustração 6. Em lugares de mata fechada há a necessidade da utilização de equipamentos pesados para abertura de clareiras. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

Nesta etapa há um intenso fluxo de pessoas e equipamentos na região onde o duto será construído.



Ilustração 6 – Abertura de Clareira

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.4 Abertura da Pista

A etapa posterior é a abertura da pista, que é definida como a área onde o duto será implantado. Nessa fase, há a possibilidade de desmonte de rochas, de grande movimentação de terra e, ainda, de se atravessar cursos d'água, comunidades e reservas florestais. É necessário verificar interferências com vias, tubulações de água, esgoto e gás, cabos elétricos, telefônicos e de fibra ótica, drenos, valas de irrigação, canais e outras instalações superficiais e subterrâneas. Nesta etapa também são feitos acessos para pista. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

Para a execução desses serviços, deve-se previamente fazer uma comunicação formal ao proprietário e concessionárias ou comunidades atingidas. Não se pode remover instalações de terceiros sem a prévia autorização, o que muitas vezes atrasa ou compromete o andamento da obra, pois existem negociações difíceis e demoradas.

Tem-se um intenso deslocamento de mão de obra, equipamentos pesados, como máquinas de terraplanagem, uso de explosivos no caso de desmonte de rochas, e também, como ocorre na maioria das etapas, o deslocamento de ferramentas e suprimentos.

A ilustração 7 mostra um local onde foi feita a abertura de pista.



Ilustração 7 – Abertura de Pista

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.5 Desmonte de Rochas

Para essa atividade, utilizam-se explosivos que, em obras de engenharia, pode ser considerada, atualmente, uma técnica sem grandes complexidades, tanto em áreas rurais quanto em zonas urbanas. A legislação nacional e a internacional em vigor são bastante completas e, portanto, suficientes para que sejam executados, com segurança e preservação do meio ambiente, trabalhos diversos, havendo normas específicas quanto ao uso dos explosivos e suas conseqüências, como o excesso de ruídos e vibrações, dentre outros impactos que poderiam afetar os seres humanos ou mesmo a fauna e a flora em geral. Antes de qualquer trabalho em que serão utilizados explosivos, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente um plano onde sejam estabelecidos todos os cuidados e procedimentos ambientais a serem adotados. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

Apesar de ser uma atividade sem complexidades, há uma grande preocupação com a estocagem dos materiais utilizados nessa atividade, pois são materiais que necessitam cuidado especial.

2.3.6 Limpeza

Considera-se que, para a instalação do duto, será preciso executar serviços de limpeza, como a capina da vegetação rasteira e a supressão de vegetação de pequenos segmentos de mata ciliar. Toda área do traçado do duto, o espaço de trabalho temporário e as rotas de acessos usados para construção devem ser completamente limpos, o que inclui a retirada de árvores. Nesta etapa são usadas escavadeiras para cortar ou derrubar qualquer material remanescente. Estruturas abaixo da superfície quando expostas, são protegidas com rampas ou outros meios para prevenir danos por equipamento ou veículos.

Uma área suficiente deve ser limpa para garantir que corte e escombros não sejam misturados com material removido de escavação e que esse material não seja colocado em terra a ser limpa. Necessidades adicionais de equipamento e mão-de-obra dependerão do andamento das atividades, tipo de terreno e vegetação.

2.3.7

Nivelamento

É preciso executar serviços de nivelamento da faixa para a passagem dos equipamentos e máquinas e para o transporte dos dutos.

Camada superficial do solo e material orgânico da superfície devem ser retirados e estocados fora da área do traçado, da área de estoque de material removido de escavação e de todas as áreas a serem niveladas. Este material deve ser estocado de forma que não seja misturado e poderá ser recolocado durante a reconstituição do solo. A faixa de domínio deve ser nivelada para fornecer um nível de superfície de trabalho com profundidade suficiente para a equipe de abaixamento do duto que virá posteriormente. Perfuração e uso de explosivos serão necessários onde a rocha é muito dura para ser quebrada. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

O tamanho da equipe depende do progresso médio diário necessário e as condições do terreno. Equipes podem ser divididas ou uma equipe adicional mobilizada para trabalhar em áreas mais difíceis.

Nessa atividade a camada superficial do solo deve ser colocada de maneira que não aconteça mistura com material retirado da vala. Para os casos em que for necessário o uso de explosivos, deve haver uma notificação prévia aos proprietários de terra e a população antes da explosão, além de garantir que todo material de explosão seja estocado em local apropriado.

2.3.8

Transporte e Estocagem de Tubos e Materiais

As operações de transporte de materiais, especialmente dos tubos, serão realizadas de acordo com as disposições das autoridades responsáveis pelo trânsito na região atravessada, como mostra a ilustração 8. As ruas, rodovias federais, estaduais e municipais ou estradas particulares não serão obstruídas durante o transporte, que deve ser feito de forma a não constituir perigo para o trânsito normal de veículos.

Os tubos são transportados da fábrica para as áreas de armazenamento e das áreas de armazenamento para as frentes de obra. Nessa fase são usados os

guindastes para elevação da carga, os maiores equipamentos da obra, como pode ser visto na ilustração 9.

O tubo é recebido fora da faixa de domínio. Como cada carregamento é retirado do estoque, um formulário de contagem é preenchido, o que documenta o comprimento, a largura e grau de cada junta como também verifica qualquer dano. Um guindaste é usado para colocar os tubos nos caminhões. Os caminhões, então, levam o tubo para a faixa de domínio, como mostra a ilustração, onde são descarregados com um *side-boom* e colocados nos *skids* (tábua para deslizamento), de um ponto a outro na faixa de domínio. Para movimentação dos tubos, serão utilizados dispositivos de suspensão (patolas) que acomodem bem suas extremidades, de modo a assegurar a integridade das arestas e evitar a sua ovalização. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

Os tubos serão mantidos na área de armazenagem, como mostra ilustração 10 ou canteiros e, no momento de distribuição, serão dispostos ao longo da faixa, de maneira a não interferir no uso normal dos terrenos atravessados. A distribuição deverá se restringir aos limites da faixa de domínio. Serão mantidos, nos locais de armazenamento e distribuição, pessoal e equipamentos adequados ao manuseio dos tubos, manutenção e limpeza da área. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

O número de caminhões irá variar de acordo com a distância de reboque e necessidades diárias de produção. Tubos podem ter que ser carregados em carregamentos especiais para transporte em áreas alagadas.

Os tubos de diferentes larguras e grau devem ser identificados e corretamente posicionados. Tem que haver o cuidado para que as estradas públicas não sejam danificadas pelo reboque de tubos, além do cuidado com o próprio tubo para que não seja arrastado pelo chão. Se houver a necessidade de estoques temporários, os mesmo deverão ser seguros e contar com o devido apoio. Deverão ser feitas passagens obrigatórias para acesso através da faixa de domínio para proprietários de terra e para a fauna local.



Ilustração 8 – Transporte de tubos

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004



Ilustração 9 – Utilização de guindastes para elevação da carga

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

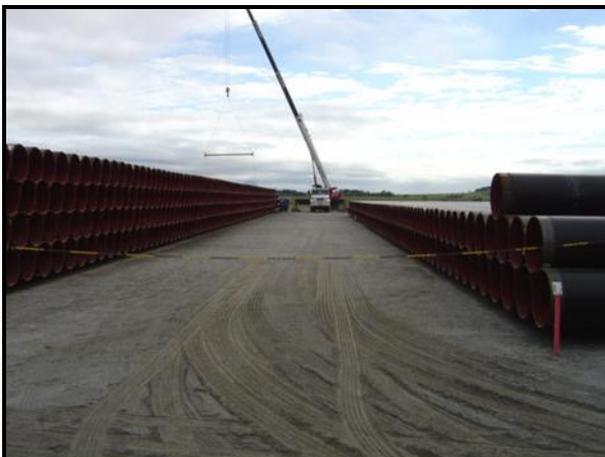


Ilustração 10 – Armazenagem de tubos

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.9 Abertura e Preparação da Vala

O duto, na maioria de sua extensão, é enterrado, para isso é feita a abertura da vala, como mostra a ilustração 11. A execução desse serviço deve ser feita de forma rápida, atentando para haver uma sincronia com o tempo em que a tubulação estiver pronta para ser lançada, minimizando o tempo de abertura da vala. Nessa fase, também pode haver necessidade do uso de explosivos para desmonte de rochas. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

O fundo da vala deverá ser nivelado com a profundidade requerida no projeto, e o procedimento de cobertura deverá prevenir a ocorrência de danos ambientais, devendo ser restauradas as condições naturais de drenagem e estabilidade do terreno.

Aqui, faz-se o uso das escavadeiras para a retirada de terra e abertura da vala e de *side booms* para o lançamento dos tubos. Esses equipamentos são deslocados ao longo da faixa.

Dimensões mínimas da vala são determinadas de forma que os requerimentos mínimos de cobertura sejam considerados e o material de reposição se acomode em torno do duto e preencha a vala. Onde o duto foi curvado antes da abertura de vala, deve-se ter cuidado extra. O uso de estacas pode ser necessário para garantir que o duto se ajuste na vala.

Atenção é necessária em cruzamentos e em outras locações de solda, para que seja feita escavação de largura extra de modo que se possa posteriormente realizar soldagem na vala.

Se na ocasião dessas atividades houver a ocorrência de chuvas, haverá atraso na obra, pois a mesma deverá ser paralisada.



Ilustração 11 – Abertura de Vala

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.10

Distribuição de Tubos na Faixa de Domínio

Depois da abertura da vala, é chegada a ocasião de se perfilar os tubos ao lado da vala, para serem soldados em seqüência. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000). A distribuição de tubos consiste no alinhamento dos mesmos de forma que sejam posicionados para serem unidos em seqüência, como mostra a ilustração 12. Nessa atividade há um grande fluxo de caminhões de transporte de tubos das áreas de armazenamento para a frente de obra e também, há um intenso deslocamento de máquinas para manuseio dos tubos.



Ilustração 12 – Desfile de tubos

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.11 Curvamento

De acordo com o traçado especificado no projeto, muitas vezes se torna necessário curvar o tubo, como pode ser visto nas ilustrações 13 e 14. O duto irá requerer curvamento para acomodar mudanças de direção e elevação da vala. O curvamento pode ser feito antes ou depois de a abertura da vala estar completa.

Tubos de diâmetro largo devem ser curvados com precisão para evitar custos e atrasos devido à necessidade de recurvamento ou reescavação da vala durante o abaixamento. Há um grande desperdício de tubos quando os mesmos são curvados de maneira errada. (PETROBRAS, 2008).



Ilustração 13 – Curvamento de tubos

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004



Ilustração 14 – Tubos curvados

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.12 Soldagem

Após ser feita a abertura da vala, os tubos são distribuídos ao longo da faixa e, em seguida, soldados, como pode ser visto na ilustração 15. O sistema de soldagem poderá ser manual ou semi-automático.

Inspetores irão monitorar a atividade para garantir que o duto esteja sendo manuseado de forma a evitar danos, que todos os parâmetros especificados pelo procedimento de solda estejam sendo seguidos, que os soldadores sejam qualificados. Devem verificar, ainda, se as condições meteorológicas estão adequadas para a soldagem. (Hosmanek, 1984; Mohitpour, 2000).

Nenhum resto de material ou detritos deve ser deixado na faixa de domínio ou colocado na vala. Todas as soldas que não forem aceitas pelo ensaio não-destrutivo, que é o método para verificação da solda, são retiradas e recolocadas ou reparadas usando-se um procedimento qualificado.



Ilustração 15 – Soldagem

FONTE: Banco de dados da Petrobras,2004

2.3.13 Inspeção após Soldagem

As tubulações devem ser inspecionadas, efetuando-se posteriormente a limpeza interna dos tubos para a remoção de detritos e/ou impurezas existentes. Após a soldagem, as extremidades das colunas deverão ser mantidas fechadas com o uso de tampões, para evitar a entrada de animais ou a deposição de quaisquer detritos e/ou impurezas no interior dos tubos. Todas as sobras de materiais deverão ser recolhidas e levadas para o canteiro de obras.

Subseqüentemente, será submetida a exames de ultra-som ou gamagrafia.

2.3.14 Ensaio não-destrutivo

Ensaio não-destrutivos são utilizados para inspecionar soldas através do uso de radiografias. Um procedimento radiográfico é usado para produzir radiografias aceitáveis em cada diâmetro das soldas e em paredes grossas do tubo, (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000) como mostra a ilustração 16.

Os suprimentos necessários que devem ser atendidos pela logística nessa atividade são os seguintes:

- Barricadas e sinais de alerta apropriados indicando a presença de perigo de radiação;

- Recursos de radiografia;
- Facilidades de movimentação de pessoas e materiais para processamento e visão da faixa de domínio;
- Equipamentos, facilidades e recursos radiográficos suficientes para radiografar soldas na mesma taxa em que o duto esta sendo soldado.



Ilustração 16 – Ensaio não-destrutivo

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.15 Revestimento Externo Anticorrosivo

As juntas soldadas devem receber um revestimento externo anticorrosivo.

Todas as áreas de solda requerem limpeza e revestimento após o ensaio não-destrutivo ter se completado. Dutos pré-revestidos e cinturões de solda revestidos são eletricamente checados. Reparos serão feitos quando necessário. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

O processo de inspeção verifica se o número da solda e duto estão gravados antes de revestir a solda.

2.3.16 Revestimento Externo com Concreto

Para os casos em que o traçado do duto atravessa cursos d'água ou existe água na vala, por exemplo, é necessário que os tubos sejam revestidos com

concreto para evitar corrosão. O revestimento externo com concreto é realizado no canteiro de obras. (PETROBRAS, 2008).

2.3.17 Abaixamento

Esta é a etapa em que o tubo é colocado dentro da vala. O abaixamento da tubulação será feito gradual e uniformemente, para evitar eventuais danificações na tubulação. Após o abaixamento, a vala deverá ser recoberta imediatamente, com o mesmo solo da escavação. O material deverá ser compactado, visando prevenir futuros problemas de erosão. (Hosmanek, 1984; Mohitpour, 2000).

A colocação do tubo na vala é feita utilizando-se *sides booms*, como mostra a ilustração 17, que são posicionados em fila ao lado dos tubos. Em seguida, os tubos são erguidos e é, então, feito o seu abaixamento dentro da vala. A cobertura da vala deve ser realizada na mesma jornada de trabalho em que for realizado o abaixamento.

O revestimento do duto será inspecionado de novo usando-se um detector Holiday, equipamento utilizado na detecção de poros, furos ou trincas em revestimentos anti-corrosivos, e reparos serão feitos quando necessário. Alças ou cintos largos não abrasivos são usados para abaixar o duto, dependendo da largura da seção e do terreno.

Quando há rochas, o fundo da vala será necessário acolchoamento. Areia ou terra fina devem ser colocadas na vala antes do duto, o duto que também pode ser apoiado em sacos de areia. Em qualquer caso, o fundo da vala necessita de limpeza, visando a retirada de rochas, raízes ou qualquer outro detrito que possa causar dano ao revestimento do duto. (Hosmanek, 1984; Mohitpour, 2000).

Um número adequado de *side booms* deve ser posicionado para prevenir pressão sobre o duto e permitir que ele seja colocado na vala sem entrar em contato com o solo ou com as paredes, como mostra a ilustração 17.



Ilustração 17 – Abaixamento do Duto

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.18 Cobertura ou Preenchimento

Consiste em recolocar o material retirado anteriormente, na vala. Onde as condições do solo permitirem, o preenchimento é feito diretamente após o abaixamento. Se houver rochas, o duto deve ser protegido antes do preenchimento. O material de preenchimento será compactado usando-se equipamento pesado, como mostra a ilustração 18.



Ilustração 18 – Cobertura

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.19 ***Tie-in***

Soldas *tie-in* são aquelas feitas na vala para completar o duto. Elas são necessárias em lugares como cruzamentos, curvas e buracos deixados por passagem de proprietários de terra e animais. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

2.3.20 **Fabricação**

Fabricação é o termo usado para descrever conjuntos que consistem em duto, válvulas, acessórios e instrumentos necessários para condicionar e operar o duto. O conjunto será terminado e instalado pela equipe de *tie-in*. Fundações são necessárias para apoiar o peso desses conjuntos e absorver a força da subsequente passagem de gás. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

2.3.21 **Proteção Catódica**

Proteção catódica é um meio de prevenção e controle de corrosão. É o método no qual todas as partes do duto ficam catódicas. O sistema consiste na instalação de leitos de anodos, de retificadores e pontos de testes eletrolíticos em locais predefinidos, ao longo do duto. Isto é feito coletando-se todos os anodos de todas as células corrosivas existentes e transferindo-as para um lugar do duto escolhido do operador. Consegue-se isto através da criação e controle da ação de células corrosivas. (Mohitpour, 2000).

À medida que a tubulação for sendo abaixada na vala, o sistema de proteção catódica deverá ser instalado, objetivando complementar a eficiência do revestimento externo anticorrosivo, protegendo a tubulação contra a corrosão causada pelo solo, bem como controlar as interferências das correntes de fuga provenientes de sistemas de linhas de transmissão de energia. Deverá ser instalado um sistema de sinalização, com placas indicativas dos acessos aos retificadores. O sistema deverá ser implantado e posto em operação à proporção que a tubulação for sendo abaixada na vala, com o monitoramento sendo rotineiro, durante a operação. (PETROBRAS, 2008).

2.3.22 Limpeza da Faixa de Domínio

Limpeza consiste na restauração da faixa de domínio, do espaço de trabalho temporário e das rotas de acesso temporárias, além da restauração definitiva das instalações danificadas, da execução de drenagem superficial e proteção vegetal das áreas envolvidas, incluindo acessos e áreas de bota-fora, que devem ser iniciadas o mais cedo possível, seguindo-se imediatamente à operação de cobertura, de maneira que, no menor tempo possível, estejam concluídos os trabalhos de restauração das áreas atingidas. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

Os serviços de limpeza da faixa de domínio deverão ser executados imediatamente após a conclusão da cobertura da vala do duto. Todo o material resultante da limpeza deverá ter um destino final apropriado.

Todas as cercas que forem cortadas, como porteiras, acessos temporários, pontes, pontilhões, etc., serão removidas, restauradas ou reinstaladas como eram no seu estado original, tudo em conformidade com o registrado no cadastramento de benfeitorias e no relatório fotográfico a ser executado nas propriedades pelos empreiteiros, antes da instalação de qualquer dispositivo, exceto quando estabelecido de outra forma. (Hosmanek,1984; Mohitpour, 2000).

Atividades específicas incluem remoção e disposição de rochas, detritos e excesso de lixo, recolocamento de solo na extensão necessária, medidas para controle da erosão e recolocamento da camada superficial do solo. (Mohitpour, 2000).

Sinais de marcação do duto e sinalização aérea são instalados e grades são pintadas para sinalizar que há um duto existente nessa área.

Deve ser realizada a limpeza completa da faixa e dos terrenos utilizados durante os serviços de construção, retirando-se equipamentos, ferramentas e sobras de materiais. A destinação dos materiais inservíveis deve seguir procedimentos específicos, em função da legislação ambiental vigente.

2.3.23 Recuperação e Revegetação

O duto finalizado deve ser protegido da erosão durante sua operação para prevenir danos e possível falha. Os principais métodos de controle de erosão são reconstituição vegetal e instalação de bancos de areia em inclinações para controlar deslizamento de terra e água na superfície. Drenos devem ser instalados para prevenir que tenha água ao longo da vala. Grama adequada e espécies de legumes podem ser plantadas na faixa de domínio ou replantada a vegetação natural. (Hosmanek,1984).

Os serviços de recuperação e revegetação englobarão, também, os acessos existentes e provisórios à faixa de domínio, as áreas de canteiros de obras e áreas de válvulas de bloqueio, bem como os demais terrenos e estruturas de apoio utilizadas nos serviços de construção e montagem do duto. A operação de recuperação compreenderá a execução de todos os serviços necessários para devolver à pista e aos terrenos atravessados e/ou vizinhos o máximo de seu aspecto e condições originais de drenagem e estabilidade.

A ilustração 19 mostra uma área onde foi feita a revegetação.



Ilustração 19 – Revegetação

FONTE: Banco de dados da Petrobras, 2004

2.3.24

Sinalização e Proteção dos Dutos e Válvulas de Bloqueio

A faixa de domínio deve ser sinalizada, com o objetivo de proteger as novas instalações, impedindo a escavação ou o tráfego de veículos. As placas e marcos utilizados na sinalização devem ser padronizados. (Hosmanek, 1984)

Na sinalização subterrânea, devem ser aplicadas fitas coloridas de aviso, resistentes ao solo e à água, sobre placas protetoras de concreto, enterradas junto com o duto, de forma a serem alcançadas antes dos dispositivos mecânicos de proteção, quando da execução de escavações na faixa atravessada pela linha, de maneira inadvertida, por terceiros. Deverão ser ainda introduzidas sinalizações educativas de proteção à fauna e à flora e proibição da caça e da pesca predatórias, nas proximidades das áreas de interesse ecológico. (PETROBRAS, 2008).

2.3.25

Teste Hidrostático

O teste hidrostático é feito para se verificar a estanqueidade do duto. Ele é executado após a construção e montagem do duto, para provar a integridade dos materiais e permitir o alívio das tensões mecânicas, resguardando a segurança da tubulação. O teste será feito em toda a extensão do duto, vedando-o e preenchendo-o com água. A água será pressurizada e retirada depois de 24 horas. Qualquer perda significativa de pressão indicará que algum vazamento está ocorrendo. (Mohitpour, 2000).

2.3.26

Limpeza Interna e Inspeção

O duto será internamente inspecionado para garantir que está livre de remanescentes da obra, sujeiras e ovalidades, amassos ou relevos. A inspeção interna é feita com a utilização de *pigs*, que são propulsionados através de ar comprimido. Lançadores e receptores adequados são necessários para conter o *pig* e colher os remanescentes da obra e as sujeiras encontradas. (PETROBRAS, 2008).

2.3.27 Condicionamento

São todas as atividades necessárias para, após o término do teste hidrostático, colocar o duto em condições de ser pré-operado com o produto previsto. Para isso, seu interior deve estar limpo e seco, em toda a sua extensão.

O condicionamento do duto é finalizado quando o duto entra em operação e todos os meios de medição já foram calibrados e colocados em operação, apropriada e precisamente. (Mohitpour, 2000).

2.4 Métodos Construtivos Especiais (Obras Especiais)

O método construtivo convencional deverá ser utilizado, basicamente, em quase todo o percurso do duto, exceto nos cruzamentos com rodovias e travessias de rios e de áreas alagadas.

2.4.1 Cruzamentos e Travessias

Durante a construção e montagem de dutos terrestres, estão previstas travessias de cursos d'água, canais, áreas alagadas e reservatórios, bem como cruzamentos sob rodovias, ruas e ferrovias. (PETROBRAS, 2008).

Previamente aos cruzamentos e travessias, devem ser realizados todos os estudos geológicos, hidrológicos e de perfil de erosão.

Existe a possibilidade de cruzamentos com linhas de transmissão de energia elétrica. Deve ser realizado o aterramento de tubos, equipamentos ou veículos, sempre que houver proximidade que possa provocar interferência ou indução de tensão no duto, em equipamentos, veículos ou outras estruturas, colocando em risco a integridade física das pessoas envolvidas nos serviços.

Para os cruzamentos e travessias com metodologias especiais de execução, devem ser elaborados projetos individuais, devendo atender rigorosamente às normas, padrões e recomendações do órgão responsável.

Para a execução dos cruzamentos, são adotados os seguintes métodos:

a) não-destrutivo: perfuração horizontal para instalação de tubo-camisa ou túnel;

b) destrutivo: abertura de vala a céu aberto, através da rodovia ou rua; neste caso, deverão ser adotadas as medidas necessárias e seguras para não interromper o tráfego.

A escolha do método construtivo para cruzamento e travessias deverá levar em conta as normas e recomendações do órgão responsável pela rodovia, além de aspectos como profundidade em relação ao leito da rodovia; extensão do cruzamento; natureza do solo; disponibilidade de equipamento; densidade do tráfego; possibilidade de desvio do trânsito; disponibilidade de área para instalação dos equipamentos; nível do lençol freático, entre outros.(PETROBRAS, 2008).

O processo mais freqüentemente usado para cruzamentos sem vala é o processo de furo direcional, que tem sido aceito pela maioria das companhias de dutos com tecnologia comprovada. Este método consiste na perfuração de um furo-guia, num caminho previamente projetado. A seguir, o furo-guia é ampliado, para que seja inserido o segmento de duto a ser instalado. (PETROBRAS, 2008).

2.4.2

Construção em Áreas Alagadas/Agrícolas e Cursos d'Água

Para a execução das travessias, deverá ser adotado o método subterrâneo (lançamento sem vala), na maioria dos locais. (PETROBRAS, 2008).

Para as travessias mais importantes, a serem definidas pelo projeto executivo de engenharia, devem ser realizados estudos geológicos, hidrológicos, sedimentológicos, de perfil de erosão das margens e quaisquer outros necessários, permitindo a escolha do método técnica e economicamente mais viável.

A área de montagem da tubulação deverá ser a menor possível, reservando-se um espaço para a pré-fabricação dos segmentos que serão implantados na travessia. Deverão também ser previstos, antecipadamente, espaços adicionais de trabalho e depósitos de refugos.

As estruturas de apoio às obras deverão ser instaladas durante a fase de limpeza e regularização da faixa. Serão incluídas medidas de proteção, como estivas de madeira, a serem instaladas nas margens do corpo d'água quando o

solo for saturado ou não der o suporte necessário aos equipamentos. (PETROBRAS, 2008).

Serão utilizadas retro-escavadeiras para a escavação da vala no corpo d'água. O leito do curso d'água deverá ser restaurado imediatamente após o término dos trabalhos. Deverão ser removidos todos os materiais utilizados durante a construção, deixando o local, o máximo possível, nas suas condições originais. (PETROBRAS, 2008).

2.4.3 Recursos Humanos e Equipamentos

Em obras de dutos, é necessária grande quantidade de mão-de-obra e equipamentos para todas as atividades. Para obras dessa natureza, existe um mercado muito especializado.

Os profissionais necessários na obra são, em sua maioria, de difícil especialização, como engenheiros e técnicos operadores de equipamentos pesados, e exigem um longo período de treinamento. Devido ao aquecimento do mercado atual da construção de grande porte constata-se a indisponibilidade dessa mão-de-obra especializada.

Exemplos de mão-de-obra especializada que deverão ser atendidas pela logística são: (PETROBRAS, 2008).

- Engenheiros de dutos
- Soldador qualificado
- Operador de *side boom*
- Operador de *boring machine*
- Operador de retro escavadeira
- Operador de trator
- Topógrafos
- Operador de compressor
- Inspetor de solda
- Supervisor de gamagrafia
- Inspetor de gamagrafia
- Operador de laboratório de gamagrafia
- Supervisor de ultra-som

- Inspetor de ultra-som
- Auxiliar técnico de proteção catódica

Além dessa mão-de-obra, há aquela que não exige muita especialização ou um período longo de treinamento, porém é necessária em grande quantidade.

Exemplos dessa mão-de-obra a ser atendida pela logística são: (PETROBRAS, 2008).

- Encarregado
- Inspetor
- Apontador
- Lixador de ponteadas
- Revestidor
- Vigia
- Ajudante
- Motorista de veículos leves
- Motorista de veículos pesados
- Nivelador
- Curvador
- Acoplador
- Maçariqueiro
- Motorista de ônibus

A logística deve ainda se preocupar com os equipamentos e suprimentos que serão usados na obra. A maioria dos equipamentos é de difícil manutenção e exige peças de reposição de complicado deslocamento, tornando complexa também sua distribuição. O ambiente de movimentação permanente da obra favorece a perda dos materiais e ferramentas. Em sua maioria, os equipamentos são de grande porte e estão presentes na obra em grande quantidade.

Devido ao aquecimento atual do mercado, tem sido constatada a falta de equipamentos, pois os mesmos têm que ser mobilizados rapidamente e em grande quantidade, devido a necessidade das obras atuais terem que ser feitas com rapidez para atender ao abastecimento de gás no país.

Alguns exemplos de equipamentos a serem atendidos pela logística, no que diz respeito à manutenção, reposição de peças, abastecimento e transporte são: (PETROBRAS, 2008).

- Retro-escavadeira
- Ferramentas em geral
- *Side boom*
- *Boring machine*
- *Holiday detector*
- Máquina de biselar tubos
- Moto soldadora
- Bomba d'água
- Veículos leves
- Compactador manual
- Tratores
- Caminhão
- Balsa
- Draga de sucção
- Balança de peso morto
- Motoniveladora
- Material para solda
- Ônibus
- Veículos com tração nas quatro rodas (4X4)
- Guindaste sobre rodas
- Curvadeira hidráulica
- Veículos leves
- Mandril pneumático
- Acopladeira
- Lixadeira elétrica
- Aparelho de ultra-som
- Betoneira

Neste capítulo, foi apresentada a construção e montagem de dutos terrestres, para que o leitor pudesse compreender em que consistem suas atividades e em que

contexto está inserido o trabalho. No próximo capítulo, será apresentada a logística expedicionária para que no final possa ser mostrado, de que forma a mesma pode ser empregada nas atividades da obra de dutos.