**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS E SEQUÊNCIAS DE
JUIZ DE FORA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MEIO AMBIENTE**

**Breno Esteves de Resende
Ramon Schetino de Souza**

Detalhamento da Montagem de Dutos.

Juiz de Fora

2010

14-008
2010
11/11/2010

Breno Esteves de Resende

Ramon Schetino de Souza

Detalhamento da Montagem de Dutos.

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Universidade Presidente Antônio Carlos, Instituto de Estudos Tecnológicos e Sequenciais de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Meio Ambiente.

Sergio Augusto Jorge Guedes

Professor Orientador: Sergio Augusto Jorge Guedes – M. Sc.

Juiz de Fora

2010

Dedico a Deus, à minha mãe Rosangela, meu pai Geraldo Wilson e aos meus irmãos Bruno e Thalles que foram a fonte de minha força e por compreenderem a minha ausência. Agradeço também a todos que de forma indireta também me apoiaram. Muito obrigado por estarem ao meu lado e tornarem possível esta conquista.

Breno Esteves de Resende.

Dedico à minha mãe Maria do Carmo, pelo apoio, incentivo, carinho e dedicação incondicional, pois ela é a principal responsável por esta vitória, e a todos que de alguma forma contribuíram para que este sonho se transformasse em realidade.

Ramon Schetino de Souza.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores, por nos transmitir os conhecimentos e pela orientação segura e boa vontade de nos ajudar. Sem dúvida, os ensinamentos passados por eles será parte do profissional que iremos nos tornar.

Aos nossos amigos Edithálina Lopes, Everton Marques, Leonardo Teixeira e Vívian Vieira, que sempre estiveram ao nosso lado, ajudando-nos a realizar esta conquista e principalmente pela amizade e pelos inúmeros momentos de felicidades durante o curso e que, com toda certeza, nossa amizade será para o resto de nossas vidas.

“Para que haja desenvolvimento humano, não é preciso que tenha degradação ambiental.”

(Ramon Schetino)

RESUMO

Esse trabalho consiste em mostrar todas as etapas da montagem de uma tubulação, desde as primeiras etapas como a escolha do local onde passará a tubulação, até o seu ponto de funcionamento. Falaremos sobre as finalidades dos dutos, evidenciando que os mesmos podem ser utilizados para transportar vários tipos de substâncias desde petróleo, gás, até minérios. Esses transportes são feitos por pressão, através do bombeamento dos materiais transportados por grandes conjuntos de moto-bombas dispostos ao longo da tubulação.

PALAVRAS-CHAVE: Cuidados Ambientais na Abertura de Pista. Armazenamento. Manuseio. Transporte. Inspeção. Reparos. Sinalização. Limpeza.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. ABERTURA DA PISTA E DA VALA	10
2.1 Topografia	10
2.2 Abertura de Pista	11
2.2.1 Cuidados Ambientais na Abertura de Pistas	11
2.3 Abertura de Vala	13
2.4 Cobertura de Vala	14
3. DESFILE E ABAIXAMENTO	16
3.1 Curvamento	16
3.2 Concretagem	17
3.2.1 Armazenamento	17
3.2.2 Manuseio e Transporte	18
3.2.3 Aplicação de Concreto	19
3.2.4 Cura	19
3.2.5 Inspeção de Concretagem	20
3.2.6 Reparos no Concreto	20
3.3 Abaixamento	21
4. REVESTIMENTO ANTICORROSIVO E PROTEÇÃO CATÓDICA	23
4.1 Recebimento / Armazenamento / Transporte	23
4.2 Método de Aplicação	24
4.3 Inspeção	24
4.4 Reparo	25
4.5 Proteção Catódica	25
5. SOLDAGEM	28
5.1 Processos de Soldagem	28
6. ENSAIO NÃO DESTRUTIVO - END	30
6.1 Ensaio Visual	30
6.2 Ensaio por Ultra-som	30
6.3 Radiografia	31
6.4 Líquido Permanente	31
7. TRAVESSIA E CRUZAMENTO	32
7.1 Travessia	32

7.2 Cruzamento	33
8. LIMPEZA, CALIBRAÇÃO, TESTE HIDROSTÁTICO, CONDICIONAMENTO E SINALIZAÇÃO DE DUTOS.....	35
8.1 Limpeza	35
8.2 Calibração	35
8.3 Teste Hidrostático	36
8.4 Condicionamento	37
8.5 Sinalização	37
9. CONCLUSÃO	38
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

A intenção deste trabalho é de descrever, todas as etapas da construção de dutos terrestres, a partir da topografia da área a ser realizado o empreendimento, até sua liberação para funcionamento depois de ser devidamente testado.

Esta tubulação, que consiste em um conjunto de tubos soldados, cuja finalidade é a de transportar diversos materiais como petróleo, gás, minério e outras substâncias de uso industrial, visa disponibilizar um meio de transporte mais econômico, mais rápido e com o menor impacto ambiental possível.

Contudo, esses dutos precisam ser criados de acordo com normas específicas. No caso deste trabalho, usaremos como base as normas criadas pela Petrobrás. Estas normas servirão para nortear as citadas técnicas aqui mencionadas, tomadas como as mais acertadas para que se possibilite o estudo, a construção e o funcionamento destas tubulações, que são de extrema importância para a economia e visam o mínimo de dano ao meio ambiente quando comparadas com outras formas de transporte.

2. A ABERTURA DA PISTA E DA VALA

2.1. Topografia

Anterior a etapa de perfuração para a abertura da pista, é necessário um estudo da topografia do terreno a ser contemplado pela obra.

Assim, a topografia é uma ciência aplicada, baseada na geometria e na trigonometria, que tem como objetivo representar ortogonalmente, sobre uma superfície plana, uma porção limitada da superfície terrestre com todos os seus acidentes naturais e artificiais, por meio da medição de três elementos do espaço: duas distâncias e uma elevação, ou uma distância, uma direção e uma elevação. Assim, *“Levantamento Topográfico é a execução de todas as operações necessárias para a representação, no papel, dos elementos do terreno, (...), a execução de cálculos e desenhos necessários à sua representação gráfica.”* (PETROBRAS N-47, 2005, p. 03).

Um trabalho topográfico compreende três etapas, a saber: topometria (parte matemática), topologia (parte interpretativa do relevo), e o desenho topográfico (parte gráfica).

Todos os aparelhos de medição devem estar em perfeito estado. Eles também devem ser calibrados e aferidos periodicamente e ter precisão compatível para as tolerâncias estabelecidas. O certificado de aferição tem validade de 6 meses a partir da data de sua emissão.

Para marcar a área a ser medida, são utilizados marcos que devem ser implantados em lugares seguros e acessíveis quanto a sua preservação. Todos esses marcos devem estar devidamente identificados por numeração em baixo relevo e registrados em monografia, contendo sua altitude, coordenadas UTM, croquis de localização e descrição de acesso e data da implantação e executante.

De acordo com a norma N-47 da PETROBRAS (2005), após a realização do levantamento, deve ser feito e apresentado um documento contendo a extensão do traçado progressivo e desenvolvido uma memória de cálculo do quilômetro desenvolvido listando uma relação dos cruzamentos e travessias da diretriz.

Depois de entregue o relatório, é feito um estudo do impacto ambiental que ocorrerá com o empreendimento. Após a liberação das autoridades competentes e do órgão ambiental, dá-se início a obra.

2.2. Abertura de Pista

A etapa seguinte é relativa à Faixa de domínio. Esta faixa consiste numa parte de terreno de largura definida que, ao longo da diretriz do duto e da pista, devem estar devidamente demarcadas a partir da diretriz estabelecida nos documentos de projeto.

Em casos de faixas com dutos existentes, deve-se verificar se os pontos de baixa cobertura apontados nos projeto estão devidamente sinalizados, protegidos e eventualmente isolados, para suportar a movimentação de máquinas sobre a faixa.

A pista deve ser aberta com a largura determinada para a faixa de domínio, quando a diretriz atravessar trechos especiais, tais como: pomares, jardins, matas, reservas florestais e áreas de reflorestamento. Eventualmente a pista pode ser aberta com a largura estritamente necessária ao lançamento da linha e de modo a não ocasionar o rebaixamento do nível de terreno original (“greide”).

Somente em condições excepcionais, quando concluído pela total inviabilidade dos serviços de montagem, são permitidos cortes que alterem os perfis transversal e/ou longitudinal originais do terreno. De acordo com a NORMA REGULAMENTADORA NR-18 e a norma ABNT NBR 9061, todos os cortes devem ser executados de acordo com um projeto de terraplenagem específico, seguindo critérios adicionais de segurança.

Quanto aos raios de cruzamento horizontais e verticais da pista, os mesmos devem estar compatíveis com o método previsto para a mudança de direção do duto, procurando-se sempre que possível, respeitar os limites para curvamento a frio dos dutos revestidos. Nos casos de dutos para produtos aquecidos, devem ser observados os raios mínimos de curvatura, estabelecidos no projeto sempre em acordo com as normas técnicas.

2.2.1 Cuidados Ambientais na Abertura de Pista

A camada superior de solo, composta por matéria orgânica (horizonte orgânico), quando removida, deve ser estocada para posterior reposição nos taludes de corte, aterros,

pistas, caixas de empréstimos ou bota-foras, evitando a sua contaminação pela mistura com outros materiais retirados para a execução da pista.

No caso do bota-fora, inclusive o rochoso, quando ocorrer, o mesmo deve ser disposto em local adequado, preferencialmente fora da faixa de domínio, com a prévia autorização dos proprietários, envolvendo as autoridades competentes, e com inclinações compatíveis com a natureza do material constituinte, de modo que seja evitado qualquer dano a terceiros e obstrução ou poluição de mananciais.

Os serviços de proteção e drenagem que são realizados na pista, principalmente quando em áreas críticas, devem ser realizados de modo a não expor a riscos de erosão e assoreamento, tanto a pista quando as propriedades adjacentes. Devem ser evitados que os taludes originais dos cursos d'água interceptados sejam assoreados pelo material da terraplenagem, com o conseqüente lançamento do duto em cota superior a linha do talvegue original.

Ainda nesse processo, quando possível, deve ser evitada a realização de aterros na pista, os quais quando necessários, devem ser realizados de forma controlada, de modo a ser obtido um grau de compactação, no mínimo, igual ao das condições originais. Nas travessias, a abertura da pista deve ser feita de forma a evitar o represamento ou diminuição da seção de escoamento.

Já nas saídas de água sobre as saias dos aterros, deve ser evitada a região atingida do aterro, que deve ser adequadamente protegida. Os cursos d'água que originalmente escoem para (ou sobre) a pista, devem ser desviados e canalizados. Nos casos em que não for possível executar o desvio dos cursos d'água ou em que a abertura da pista interferir com mananciais, devem ser executadas as obras que se fizerem necessárias para evitar o arraste de material, a erosão da pista ou a destruição do manancial.

Quando a faixa atravessar áreas ocupadas por vegetações arbóreas onde for autorizada a supressão vegetal, devem ser tomados alguns cuidados como no caso de tombamento das árvores, o mesmo deve ser feito sobre a faixa. As árvores de grande porte devem sofrer desgalhamento prévio de modo a não atingir a vegetação fora da faixa. Já os tocos e raízes existentes na pista devem ser removidos, de modo a permitir o livre trânsito de equipamentos.

Em caso de necessidade de remoção de rocha, raízes e/ou outros obstáculos existentes na pista, devem ser dada preferência a utilização de marteletes pneumático ou hidráulico, ou material expansivo.

Devem ser pesquisadas, e perfeitamente identificadas no local, antes da abertura da pista, as interferências com vias, tubulações de água, esgoto, gás, cabos elétricos, telefônicos e

de fibra ótica, drenos, valas de irrigação, canais e outras instalações superficiais e subterrâneas.

Todas as providências devem ser tomadas de modo a minimizar as interferências e os possíveis prejuízos a terceiros decorrentes da execução dos serviços. Algumas atitudes plausíveis seriam: ao início da execução dos serviços deve ser feita uma comunicação formal aos proprietários, concessionárias ou comunidades impactadas; sempre executar todos os serviços complementares considerados necessários à segurança, à proteção pessoal e às atividades econômicas desenvolvidas na área atravessada como, por exemplo, cercas de proteção em taludes (principalmente em áreas de criação de animais), sinalização de alerta para movimentação de equipamentos, etc.

2.3. Abertura da Vala

Para a abertura e preparação da vala, recomenda-se que este procedimento seja realizado somente após a preparação da coluna para abaixamento, (exceto nos trechos em que for necessário o emprego de explosivo e em áreas que apresentem interferência subterrânea que possam influenciar o projeto da coluna a ser abaixada).

Em áreas habitadas ou nas suas proximidades, as valas devem ser abertas somente após a preparação da coluna para abaixamento e devem ser cercadas e sinalizadas.

A localização do eixo e do fundo da vala deve ser realizada por levantamento planialtimétrico, devendo ser estacados a cada dois metros os locais com curvas horizontais executadas mecanicamente. Contudo, devem ser evitados trabalhos que exijam presença de homens dentro da vala. Caso isto seja impossível, critérios adicionais de segurança devem ser implementados. (NR-18, 2007).

Nos pontos onde o tubo deve ser curvado, a vala deve ser pelo menos 30 cm mais larga (curvas horizontais) ou mais profunda (curvas verticais) do que as dimensões originais, a fim de permitir a acomodação do duto. Devem ser removidas todas as irregularidades existentes no fundo e laterais da vala, de forma a garantir o apoio contínuo do duto. Já nos cruzamentos com cabos de fibra ótica, telefônicos, elétricos ou outras tubulações enterradas, devem ser feitas escavações manuais para localização da mesma, a fim de evitar rupturas.

Em áreas urbanas ou junto às faixas de rodovias, além de cercas, deve-se dispor de sinalização luminosa para uso noturno. Para dar acesso a habitações e garagens, deve ser providenciada a instalação e manutenção de passadiços seguros, feitos com chapas de aço ou

prancha de madeira, compatíveis com a carga prevista, providos de parapeito transversal à escavação.

As ocorrências de infiltração e percolação devem ser investigadas e cadastradas, prevendo meios adequados, tais como colchão de areia e dreno cego, que preservem o curso d'água, sem causar influências negativas ao duto e ao meio ambiente

Em áreas rurais, onde houver a possibilidade de cruzamento de animais sobre a faixa de domínio, devem ser previstas passagens provisórias sobre a vala.

Já em rampas íngremes, deve ser evitado que o material proveniente da escavação role rampa abaixo. Caso haja risco de desmoronamento e danos às propriedades vizinhas, a vala deve permanecer aberta somente o tempo estritamente necessário a instalação do duto.

A abertura da vala deve atender aos requisitos das autoridades responsáveis ou proprietários, tais como: sinalização, tapumes, remanejamento, passagens provisórias, escoramentos, proteções de estrutura e edificações adjacentes. O material proveniente das escavações deve ser disposto de modo a não causar obstrução a terceiros.

2.4. Cobertura da Vala

A cobertura da vala tem como objetivos proteger o duto, garantir sua integridade e estabilização, devolvendo ao meio atravessado (faixa), suas características originais. A atividade de cobertura deve ser executada de forma a garantir a segurança e a estabilidade do duto enterrado e a manutenção futura das instalações. Antes de se iniciar a cobertura de qualquer trecho do duto, devem ser reparados todos os danos porventura causados ao tubo e ao revestimento durante a operação de abaixamento.

Em locais onde houver a ocorrência de percolação, ressurgências e interceptação de veios d'águas, ou em rampas de inclinação superior a 5%, o abaixamento deve ser seguido pela construção de um sistema de drenagem de fundo de vala para, só então, ser feita a cobertura, buscando a manutenção desse curso d'água, sem influências negativas para a coluna abaixada.

A cobertura do duto ou a cota de enterramento do duto, deve ser medida a partir da superfície natural do terreno ou pavimento até a geratriz superior da tubulação

Em princípio, o material retirado durante a escavação da vala, deve ser recolocado na mesma, na atividade de cobertura, cuidando-se para que a camada externa de solo e da vegetação retome a sua locação original.

A cobertura da vala deve ser realizada na mesma jornada de trabalho que for realizado o abaixamento. A primeira camada de cobertura, deve ser até uma altura de 30cm acima da geratriz superior da tubulação, que deve ser constituída de solo isento de torrões, pedras e materiais orgânicos, entre outros materiais que possam causar danos ao revestimento. O restante deve ser completado com material da vala, podendo conter pedras até 15cm na sua maior dimensão.

Deve-se providenciar uma sobre cobertura ao longo da vala (leira principal) a fim de compensar possíveis acomodações do material, (exceto nos casos onde os dutos atravessarem regiões cultivadas ou irrigadas, onde após restauradas, deve ficar igual a forma original). Trechos onde uma sobre cobertura possa obstruir a drenagem da pista e em cruzamento ou ao longo de ruas, estradas, acostamentos, trilhos, pátios, caminhos e passagens de qualquer natureza também devem receber atenção.

Em regiões urbanas ou industriais, devem ser instaladas telas de segurança e placas de aviso com figuras, sobre o piso de concreto para evitar acidentes ou danos aos dutos.

No capítulo a seguir, trataremos da questão do desfile e do abaixamento.

3. DESFILE E ABAIXAMENTO

Segundo a norma N-1644 da PETROBRÁS (2005), dá-se o nome de desfile, ao transporte, distribuição e manuseio ordenado ou sequencial de tubos e outros materiais destinados à construção e montagem de dutos terrestre.

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

No transporte de tubos, as cargas devem ser dispostas de modo a permitir amarração firme, através de cintas de náilon, evitando deslizamento ou queda de carga, sem danificar o tubo ou seu revestimento.

Estes tubos devem ser distribuídos nos locais de armazenamento e nos pontos de distribuição de tubos ao longo da faixa, de modo a não interferir no uso normal do terreno. Os mesmos devem ser distribuídos após a aprovação da planilha de distribuição de tubos contendo as especificações sobre os materiais como diâmetro, espessura, revestimento anticorrosivo, isolante térmico, raio e ângulo de curva, revestimento de concreto e número do tubo (conforme seqüência de montagem).

Quando distribuídos, os tubos devem ser apoiados com cuidado, de forma a impedir a ocorrência de danos no bisel e no revestimento anticorrosivo. Os tubos devem ser apoiados sobre sacos com material selecionado, isento de pedras e raízes, e ficar, no mínimo a 30 cm do solo.

3.1. Curvamento de Tubo

O curvamento de tubos consiste na mudança de direção introduzida no tubo para permitir o acompanhamento de uma mudança de direção da vala.

Deve ser verificada a adequação dos equipamentos de curvamento ao tubo a ser curvado, para adequação ao projeto de terraplenagem e abertura da vala. No que se refere aos raios horizontais e verticais, o raio mínimo de curvatura do tubo deve ser previamente verificado, através de um teste de qualificação, utilizando os tubos a serem aplicados.

É importante que se realize o teste de qualificação, que consiste em distribuir ao longo de um tubo revestido, golpes com valores progressivos de ângulo, até a ocorrência de enrugamento externamente visível ou danos observáveis no revestimento anticorrosivo.

O curvamento a quente só pode ser empregado quando seu método de execução previr aquecimento uniforme por indução elétrica de alta frequência, e resfriamento controlado. O raio da curva obtido deve atender a limitação definida pelo projeto básico, quanto ao raio mínimo para a passagem de “pig” instrumentado.

3.2. Concretagem

A concretagem externa de tubos destinados ao revestimento para proteção mecânica e/ou flutuação dos mesmos, a construção de fundações e estrutura a base de concreto para dutos, canaletas, caixas de válvulas e de provadores de corrosão, devem atender as normas da ABNT e as normas da PETROBAS, onde as mesmas fixam condições mínimas de materiais exigidos na aplicação de revestimento externo de concreto em tubos destinados a montagem de dutos terrestres e submarinos, Tais como:

- O tipo de cimento a ser usado;
- Os teores de agregados e substâncias presentes no mesmo;
- A qualidade da água, e os percentuais de óleo, ácido, álcalis, sal ou material orgânico que podem estar presente;
- O tipo de aço para colocar nas telas de reforços;
- A película impermeável que deve ser utilizada nos processo de projeção e compressão

3.2.1 Armazenamento dos Materiais

Todos os materiais devem ser estocados apropriadamente, afim de serem protegidos de deterioração, contaminação ou qualquer outro dano que venha a afetar a qualidade do produto final e para que os mesmos não venham causar danos ao meio ambiente.

De acordo com a norma N-1644 da PETROBRAS (2005), devem ser elaborados planos de estocagem de materiais e tubos antes do início das obras.

O cimento ensacado deve estar em perfeito estado de conservação, não sendo aceitas as embalagens avariadas ou que contenha cimento empedrado. O empilhamento de sacos de cimento deve ser feito sobre estrados de madeira, e no máximo de 10 unidades. O local de armazenamento do cimento deve ser coberto, seco, ventilado, protegido de raios solares ou chuva, e de tal forma que possibilite a retirada em primeiro lugar do cimento mais antigo.

Os diferentes agregados devem ser armazenados diretamente sobre uma base do próprio material, abaixo do nível do terreno, com espessura mínima de 200 mm e afastado entre si, de modo a impossibilitar a sua mistura.

Os agregados devem ser armazenados afastados de agentes contaminantes como: vegetação, resíduos, sólidos e líquidos.

As telas de reforço devem ser empilhadas sobre estrados de madeira até uma altura máxima de dois metros em relação ao estrado.

Os tubos com revestimento de concreto devem ser suportados, no mínimo por dois apoios, espaçados de forma que os esforços sejam igualmente distribuídos entre eles. Esses apoios devem garantir uma altura considerável da primeira camada e o piso.

O número máximo de camadas de tubos concretados deve ser determinado de modo a garantir segurança e evitar danos aos tubos.

3.2.2 Manuseio e Transporte

No transporte de tubos, as cargas devem ser dispostas de modo a permitir amarração firme e a não danificar o tubo ou seu revestimento. Antes de desamarar a pilha para descarga, deve ser feita uma inspeção visual, a fim de verificar se os tubos estão convencionalmente apoiados, sem risco de rolamento.

Para o manuseio de tubos concretados, devem ser usadas cintas com resistência apropriadas, protegidas com material resistente a abrasão. Ganchos especiais para içamento de tubos pelas extremidades podem ser utilizados, desde que apoiem no mínimo, 1/8 da circunferência do tubo, sejam revestidos com material macio, para adaptar-se a sua curvatura interna e que não causem deformação, que venham a dificultar a utilização posterior dos tubos.

No caso de uso de equipamento tipo pá carregadeira, dotada de garfos, esses equipamentos devem ser protegidos para não causar danos ao revestimento de concreto.

O manuseio dos tubos concretados pelo processo convencional, destinados aos dutos terrestres, somente deve ser realizado 72 horas após a concretagem. A redução deste tempo pode ser aceita desde que seja provado, por meio de ensaio ou certificado, que o tempo adotado não acarreta prejuízo nas propriedades do revestimento de concreto.

O transporte de tubos concretados para aplicação na obra só deve ocorrer após o concreto atingir a resistência mínima de 34 MPa para dutos submarinos, e de 15 MPa para dutos terrestres.

3.2.3 Aplicação do Concreto

Este processo é aplicável apenas aos dutos terrestres. O concreto deve ser lançado de modo a evitar a segregação de seus constituintes.

O concreto deve ser adensado mediante vibradores de parede, fixados em ambos os lados da fôrma em quantidade e espaçamento compatíveis com a potência dos vibradores. Os vibradores podem alternativamente, ser fixados às extremidades do tubo, por meio de garras dimensionadas e fabricadas de modo a não danificarem as suas extremidades.

Os tubos devem ser apoiados em suportes que não danifiquem as suas extremidades. No caso de paralisação da concretagem (junta fria), observar a seguinte seqüência:

- Remover as fôrmas, no mínimo 24 horas após a paralisação;
- Remover todo o material solto;
- Saturar a superfície com água;
- Dar continuidade a concretagem.

3.2.4 Cura

No processo convencional, de acordo com a norma N-1644 da PETROBRÁS (2005), após a retira das fôrmas o revestimento deve ser mantido úmido durante o tempo requerido pelo tipo de cimento, através de um dos seguintes métodos:

- Umedecimento da superfície pela aspersão de água a intervalo de 30 minutos, ou sempre que a superfície mostrar aquecida pelo toque manual; A temperatura do revestimento deve ser mantida na faixa de 25 °C a 32 °C;

- Mantendo-se sacos de cimento, de aniagem ou estopa, úmidos sobre a superfície do revestimento.

3.2.5 Inspeção da Concretagem

No caso de concretagem por processo convencional, deve se proceder os ensaios a seguir:

- Abatimento pelo tronco de cone;
- Resistência à compressão;
- Se o tempo decorrido do início do preparo e ao final do lançamento é compatível com o tempo de início de pega do cimento estabelecido no procedimento de execução;
- A homogeneidade da mistura.

No processo convencional o revestimento de concreto deve ser inspecionado visualmente para verificar a presença de defeitos após a retirada das formas. Já nos processos por compressão e projeção o revestimento de concreto deve ser inspecionado visualmente para verificar a presença de defeitos imediatamente após a concretagem e depois da remoção da película impermeável.

Efetuar inspeção visual durante a movimentação e estocagem dos tubos, afim de verificar a presença de fissuras. As fissuras com abertura de até 0,5 mm e que se estendam por menos de 180° em volta do tubo ou, quando for em longitudinais, apresentarem um comprimento inferior a 300 mm devem ser aceitas. As demais fissuras devem ser reparadas.

3.2.6 Reparos no Concreto

Os reparos no concreto devem garantir a manutenção das propriedades geométricas, físicas e químicas do produto acabado. Os materiais a serem utilizados para a execução dos reparos devem ter as mesmas características dos materiais utilizados para a concretagem na planta.

Nos processos por compressão e projeção, antes da Cura, se a área danificada for menor que 0,10 m²:

- Isolamento da superfície do revestimento em boas condições através da fixação da fita adesiva em todo o perímetro da área danificada;
 - Corte do filme de polietileno na região danificada;
 - Remoção de todo o concreto danificado até ultrapassar a tela, para ancoragem do concreto, tomando cuidado para não danificá-la;
 - Antes da aplicação da mistura umedecer a região e reparar;
 - Depois de reparos manualmente, os tubos devem ser envolvidos na superfície reparada com filme de polietileno fixado com fita filamentada.
 - Já se a área danificada for maior que $0,10\text{m}^2$ e comprimento até 1 m:
 - Isolamento da superfície do revestimento em boas condições através da fixação da fita adesiva em todo o perímetro da área danificada;
 - Corte do filme de polietileno na região danificada;
 - Remoção de todo o concreto danificado, inclusive abaixo da tela de reforço, tomando cuidado para não danificá-la.
 - Antes da aplicação da mistura umedecer a região e reparar;
 - Cura de reparo: idêntico a cura do tubo, ou seja, no mínimo 7 dias.
- Se a área for maior que 1 m^2 , todo o revestimento deve ser refeito.

Após a Cura, nos processos por compressão e projeção, com perda de no máximo 25% da espessura total em área menor que $0,10\text{ m}^2$ e onde o concreto restante é firme, não se repara. Quando a perda é de no máximo 25% da espessura total em áreas superiores a $0,10\text{ m}^2$ e menor que $0,3\text{ m}^2$, removeremos todo o concreto até a exposição da tela, afim de propiciar o engaste do material do reparo. Já quando a área danificada for maior que $0,3\text{ m}^2$, o revestimento deve ser removido em toda a periferia do tubo ao longo da área afetada, devendo-se recompor o revestimento.

3.3 Abaixamento

O abaixamento é a operação que consiste em locar de maneira segura e lógica, um tramo (coluna de 1 a 4 tubos soldados) ou todo o duto no interior da vala, de forma a garantir a integridade do duto e segurança da operação.

O abaixamento dos tubos na vala deve ser realizado imediatamente após serem examinadas as condições dos tubos, do revestimento e da vala. Esse exame visa localizar defeitos ou danos nos tubos e no revestimento, verificar a existência de tampões nas

extremidades dos trechos a serem abaixados e verificar se as condições do fundo da vala e de suas paredes laterais atendem aos critérios descritos e definidos na abertura da vala.

Quando a vala for aberta em terrenos com ocorrência de rochas, que pode causar danos ao revestimento externo ou ao isolamento térmico dos tubos, o abaixamento deve ser precedido da utilização de meios adequados de proteção.

O abaixamento deve ser feito por métodos que garantam a perfeita acomodação do duto no fundo da vala, evitando deslocamentos, tensões, oscilações, deformações e danos ao revestimento e tubos.

O espaçamento entre os pontos de sustentação dos tubos a serem abaixados, deve ser de forma a garantir a não ocorrência de tensões, que possam ultrapassar o limite elástico do material. O número mínimo de pontos de sustentação durante o abaixamento deve ser determinado pela apresentação de uma memória de cálculo e validado através de ensaio no campo.

Para o abaixamento em trechos revestidos com isolante térmico, deve ser tomar alguns cuidados, como não se utilizar de pontos de sustentação deslizantes ou rolantes e as faixas de sustentação devem ter largura suficiente de modo a não provocar o esmagamento do isolante térmico.

Mesmos com esses procedimentos, é válido definir ações e projetos que visão permitir a segurança da operação e dos funcionários que a operam.

No capítulo a seguir, o tema a ser abordado visa as questões dos revestimentos anticorrosivo e da proteção catódica.

4. REVESTIMENTOS ANTICORROSIVO E PROTEÇÃO CATÓDICA

A finalidade principal destes revestimentos é a de fornecer proteção contra a corrosão externa ou interna dos dutos durante sua vida útil, seja em tubulações enterradas ou submersas.

4.1 Recebimento, Armazenamento e Transporte dos Materiais de Revestimento

4.1.1 Recebimento

Os materiais de revestimento devem ser inspecionados quando recebidos, observando-se a integridade das embalagens e acondicionamento. Devem estar de acordo com os documentos de compra e especificações de projeto e em condições normais para aplicação. Deve-se verificar o prazo de validade dos materiais e se há presença de umidade no interior das embalagens. Caso ocorra, as unidades avariadas devem ser segregadas e o fabricante deve ser consultado sobre a possibilidade de perda das propriedades dos materiais e quais providências devem ser tomadas.

4.1.2 Armazenamento

Todos os materiais necessários ao revestimento das juntas devem ser armazenados em local coberto e ventilado, onde a temperatura ambiente não ultrapasse a 45 °C. Devem ser mantidos em suas embalagens originais, afastados no mínimo 10 cm do solo, de modo a evitar danos e longe de eventuais fontes de calor.

Os materiais devem ser armazenados de forma que possam ser utilizados primeiramente aqueles com data de fabricação mais antiga. As condições de armazenamento devem obedecer às instruções do fabricante do material.

4.1.3 Transporte

Os materiais necessários ao revestimento anticorrosivo devem ser transportados de maneira a evitar danos como amassados, ranhuras, trincas e as embalagens dos materiais não devem ser deixadas sujeitas a intempéries, deve-se obedecer às instruções do fabricante do material quanto ao transporte.

4.2 Métodos de Aplicação do Revestimento

A aplicação correta dos materiais de revestimento é fundamental para o sucesso do mesmo, com isto, se deve tomar precauções quanto a sua aplicação. Em locais desabrigados, a aplicação não deve ser feita em dias chuvosos ou com expectativa de chuva, caso a umidade relativa do ar exceda a 85%, o tubo na região da junta deve ser aquecido, no mínimo até a temperatura de 45 °C.

O tubo de aço na região da junta deve ser secado antes de ser jateado. Todos os tipos de tintas, vernizes, revestimentos velhos, produtos de corrosão, óleo, gordura, graxa, poeira e qualquer outro tipo de material estranho encontrado na superfície do tubo ou na do revestimento original, na área da junta, deve ser removidos. Somente deve ser usado solvente indicado pelo fabricante.

Após a limpeza da superfície do tubo de aço, uma faixa circular com largura mínima de 150 mm, a partir das extremidades do revestimento original do tubo, na região da junta, deve sofrer lixamento a fim de remover qualquer contaminante remanescente.

Após a limpeza, o pré-aquecimento deve ser feito por forno a indução ou infravermelho. Pode-se executar o pré-aquecimento com maçarico a gás propano, ou gás liquefeito de petróleo (GLP). Após o pré-aquecimento deve aplicar o "primer". Este deve ter sua espessura de filme de no mínimo 100 µm. A sobreposição da manta antes da sua contração sobre o revestimento original deve ser de no mínimo 100 mm, em cada extremidade da junta.

4.3 Inspeção do Revestimento

A inspeção do revestimento anticorrosivo, deve ser feita de modo a não ocorrer danos nos tubos. Todos os sistemas instalados devem ser inspecionados afim de não ser encontrado

defeitos como o desaparecimento de toda a zona fria do tubo, não haver indicação de superaquecimento ou furo, os colarinho e cordões de solda devem estar uniformemente conformados sob a manta, toda a superfície da manta deve estar lisa, sem vestígio de bolhas de ar ou pontas levantadas.

Dados detectados pela inspeção visual durante a produção do sistema de revestimento em campo, devem ser reparados pelo reaquecimento da manta, se necessário, para a eliminação dos eventuais danos.

Deve ser feito um ensaio de aderência em uma das 10 primeiras juntas revestidas e em uma das 100 subseqüentes. Esse ensaio deve ser realizado assim que o conjunto tubo/manta esfriar naturalmente até a faixa de temperatura de 15 °C a 33 °C. Não deve ser feita qualquer forma de resfriamento artificial. Se o resultado do ensaio não for satisfatório, outros dois ensaios devem ser realizados na mesma junta.

4.4 Reparo no Revestimento

A junta danificada deve ser reparada com a instalação de nova manta sobre a original, e removido todo o material solto, presente no tubo. A nova manta deve cobrir totalmente as áreas danificadas e se estender por pelo menos 100 mm além das suas extremidades, antes da contração.

Antes da aplicação da nova manta, a superfície da manta danificada deve ser limpa e preparada, com lixamento de toda a sua superfície, objetivando quebrar o brilho do filme de polipropileno ou polietileno da manta.

As áreas danificadas devem ser preenchidas com adesivo de enchimento indicado pelo fabricante da manta. Pode-se remover todo o filme de polipropileno ou polietileno da manta danificada e aplicar-se a nova manta sobre o adesivo remanescente, tomando o cuidado de não reaquecê-lo e não contaminá-lo.

4.5. Proteção Catódica

Entende-se por corrosão, a deterioração dos materiais por ação do meio. Expresso desta forma, o conceito abrange materiais metálicos e não metálicos. Como resultado deste

enfoque mais amplo, quando tratamos de corrosão dos metais, o fenômeno é denominado corrosão metálica.

A corrosão é o processo no qual os metais reagem com elementos não metálicos presentes no meio, particularmente o oxigênio e o enxofre, produzindo compostos semelhantes aos encontrados na natureza, dos quais foram extraídos. Por esse motivo, dá-se muita importância ao sistema de proteção catódica dos dutos enterrados, que tem como objetivo promover a proteção anticorrosiva da tubulação enterrada.

Assim sendo, a proteção catódica nada mais é de que um método de controle de corrosão de instalações metálicas enterradas ou submersas, que consiste em transformar a estrutura a se proteger em catodo (carga negativa), invertendo o processo de corrosão e promovendo a proteção anticorrosiva do duto.

Os tipos de proteção catódica mais utilizada são os de proteção galvânica, que consiste em uma proteção na qual a corrente elétrica é promovida pela força eletromotriz existente entre o metal a proteger e o metal escolhido para anodo, como resultado de seus diferentes potenciais eletroquímicos. Esse tipo de proteção é indicada para estruturas de pequeno porte e tem como desvantagem a necessidade de reposição dos anodos após seu consumo. Por outro lado, tem como vantagem ser menos sujeita a interrupção no seu funcionamento.

Outro sistema de proteção catódica muito utilizada é a Proteção Catódica por Corrente Impressa, que, de acordo com a norma N-2298 da PETROBRAS (1989), “consiste em um sistema no qual a corrente elétrica utilizada é promovida por uma fonte geradora de corrente contínua, utilizando um conjunto dispersor de corrente no eletrólito, constituídos de anodos inertes, chamado de leito de anodos”.

A sua grande vantagem consiste no fato de que a fonte geradora poderá ter a potência que se deseja, em função das condições de resistividade do eletrólito. Esse sistema é indicado para estrutura de médio e grande porte. Entretanto necessitam de inspeção e manutenção constante nos retificadores, pois as demais partes são projetadas para um período longo de duração. São, pela própria natureza do equipamento elétrico, mais sujeitos à interrupções no funcionamento.

4.5.1. Ponto de Teste Eletrolítico

São pontos de testes tomados sobre a estrutura, com a finalidade de possibilitar a medição dos potenciais elétricos, para saber se realmente toda extensão da tubulação se

encontra totalmente protegida. Em estruturas enterradas, é necessário estabelecer pontos de testes por toda sua extensão, sendo distribuídos de modo que tenha um ponto de teste, no máximo, a cada três quilômetros de duto, sendo que nos trechos em que as tubulações estiverem em áreas urbanas, o espaçamento deve ser igual ou inferior a dois quilômetros. Esses pontos de testes devem ser instalados em locais protegidos contra inundação e erosão, em terreno firme e com boa condição de acesso.

Para uma tubulação estar totalmente protegida, seu potencial negativo deve ser no mínimo de $-0,85V_{cc}$ e que não sejam mais negativos do que $-1,20V_{cc}$.

4.5.1.1 Proteção Catódica Provisória

Em uma nova faixa, a montagem do sistema definitivo de proteção catódica deve ser programada de forma a evitar a exposição de duto, ou parte dele, à corrosão pelo solo por mais de três meses. Na impossibilidade do atendimento desse procedimento, devem-se levantar as condições de corrosividade do solo local, para avaliação da necessidade da proteção catódica provisória.

O sistema provisório tem o mesmo princípio de funcionamento, direcionado para a utilização de materiais e equipamentos de pouca durabilidade e alcance, como sucatas de tubos e vergalhões como anodos e baterias e pilhas como fontes.

A seguir, teremos um capítulo que abordará a questão da soldagem.

5. SOLDAGEM

A soldagem consiste na união localizada de metais ou não metais, produzida pelo aquecimento dos mesmos a temperatura de soldagem, com ou sem aplicação de pressão, e com ou sem uso de metal de adição. É o processo de união dos materiais mais importante do ponto de vista industrial, sendo extensivamente utilizada na fabricação e recuperação de peças, equipamento e estruturas. A norma N-133 da PETROBRAS (2002) coloca que “a soldagem deve ser executada por soldadores ou operadores de soldagem qualificados, atuando sob orientação de supervisores de soldagem”.

Sua aplicação atinge desde pequenos componentes eletrônicos, até grandes estruturas e equipamentos como navios, pontes, dutos, etc. Existe um grande número de processos de soldagem diferentes, sendo necessária a seleção do processo adequado para cada aplicação. Têm-se como os principais processos de soldagem:

- Soldagem com eletrodo revestido;
- Soldagem a arco submerso;
- Soldagem TIG;
- Soldagem MIG/MAG;
- Soldagem com arame tubular.

5.1 Processos de Soldagem

Todas as extremidades chanfradas para a soldagem devem ser esmerilhadas e as bordas de tubos devem ser escovadas em uma faixa de 50 mm em cada lado da região a ser soldada, externa e internamente, ao tubo. Se houver umidade, a junta deve ser seca por uso de maçarico, com chama não concentrada.

Antes do acoplamento dos tubos, deve-se fazer inspeção e limpeza interna, para verificação de presença de detritos ou impurezas, que possam prejudicar a soldagem ou passagem dos “pigs” de limpeza e detecção de amassamento. Quando necessária a remoção de uma solda circunferencial deve ser feita através de um anel cujo corte esteja, no mínimo a 50 mm de distância do eixo da solda.

Antes do acoplamento dos tubos, suas extremidades não revestidas devem ser inspecionadas interna e externamente, verificando-se descontinuidades.

5. SOLDAGEM

A soldagem consiste na união localizada de metais ou não metais, produzida pelo aquecimento dos mesmos a temperatura de soldagem, com ou sem aplicação de pressão, e com ou sem uso de metal de adição. É o processo de união dos materiais mais importante do ponto de vista industrial, sendo extensivamente utilizada na fabricação e recuperação de peças, equipamento e estruturas. A norma N-133 da PETROBRAS (2002) coloca que “a soldagem deve ser executada por soldadores ou operadores de soldagem qualificados, atuando sob orientação de supervisores de soldagem”.

Sua aplicação atinge desde pequenos componentes eletrônicos, até grandes estruturas e equipamentos como navios, pontes, dutos, etc. Existe um grande número de processos de soldagem diferentes, sendo necessária a seleção do processo adequado para cada aplicação. Têm-se como os principais processos de soldagem:

- Soldagem com eletrodo revestido;
- Soldagem a arco submerso;
- Soldagem TIG;
- Soldagem MIG/MAG;
- Soldagem com arame tubular.

5.1 Processos de Soldagem

Todas as extremidades chanfradas para a soldagem devem ser esmerilhadas e as bordas de tubos devem ser escovadas em uma faixa de 50 mm em cada lado da região a ser soldada, externa e internamente, ao tubo. Se houver umidade, a junta deve ser seca por uso de maçarico, com chama não concentrada.

Antes do acoplamento dos tubos, deve-se fazer inspeção e limpeza interna, para verificação de presença de detritos ou impurezas, que possam prejudicar a soldagem ou passagem dos “pigs” de limpeza e detecção de amassamento. Quando necessária a remoção de uma solda circunferencial deve ser feita através de um anel cujo corte esteja, no mínimo a 50 mm de distância do eixo da solda.

Antes do acoplamento dos tubos, suas extremidades não revestidas devem ser inspecionadas interna e externamente, verificando-se descontinuidades.

Não são permitidos amassamentos e entalhes nas extremidades do tubo, onde vai a solda, com mais de 2 mm de profundidade. Caso ocorram, tais defeitos devem ser removidos por métodos mecânicos de desbaste ou pela retirada de um anel. O mesmo critério aplica-se para válvulas e conexões.

Durante o processo de soldagem, devem ser utilizados preferencialmente acopladores de alinhamento interno. Este acoplador tem a função de prender os dutos para que os mesmos não se movam durante a soldagem, e não devem ser removidos antes da conclusão do primeiro passe de solda. Quando for usado acoplamento de alinhamento externo, o cumprimento do primeiro passe de solda deve ser simetricamente distribuído em pelo menos 50% da circunferência antes de sua remoção.

Para a norma N-133 da PETROBRÁS (2002), “A temperatura de preaquecimento deve ser medida no metal de base, em todos os membros da junta, do lado oposto à fonte de aquecimento, a uma distância igual ou superior a 75 mm da região a ser soldada”. O preaquecimento quando aplicável deve-se estender por pelo menos 100 mm de ambos os lados do eixo da solda. No preaquecimento não é permitido o uso de maçarico com chama concentrada.

Na montagem dos dutos para solda, devem ser observados os seguintes cuidados, para não causar danos ao duto e o meio ambiente como:

- Manter fechada, através de tampões, as extremidades dos trechos soldados, a fim de evitar a entrada de animais, água, lama e objetos estranhos; não é permitida a utilização de solda para fixação desses tampões;
- Recolher as sobras de tubos e restos de combustíveis de soldagem, bem como de qualquer outro material utilizado na operação de soldagem, os quais devem ser transportados para o canteiro da obra;

Cuidados adequados devem ser tomados na prevenção de incêndio e queimaduras, que podem ser originados pelos maçaricos utilizados no corte ou pré-aquecimento, assim como pelos equipamentos elétricos utilizados no processo de soldagem.

Todos os trabalhadores que atuem nas imediações da área onde está sendo realizada uma soldagem, devem portar dentre outros EPI e óculos de segurança com lente escurecida, com o propósito de prevenir queimaduras nos olhos.

Dando continuidade aos nossos estudos, segue um capítulo a respeito dos ensaios não destrutivos – END.

6. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS – END

O Ensaio não Destrutivo (END) é usado para investigar a sanidade dos materiais, sem destruí-los ou introduzir quaisquer alterações nas suas características. Aplicados na inspeção de matéria prima, no controle de processos de fabricação e inspeção final, os Ensaios Não Destrutivos constituem uma das ferramentas indispensáveis para o controle da qualidade dos produtos produzidos pela indústria moderna, como as indústrias de petróleo e petroquímica, nuclear, alimentícia, farmacêutica, bélica, onde a radiografia e o ultra-som desempenham papel importante na comprovação da qualidade dos produtos destas indústrias.

Considerado como um processo especial pelos Sistemas da Qualidade, os ENDS, são aplicados segundo requisitos de projeto do produto fabricado, e não de forma aleatória, ao prazer da conveniência de engenheiros e técnicos. Sendo assim, o treinamento, qualificação e certificação dos profissionais envolvidos com estes métodos são requisitos importantes do sistema de qualidade de algumas indústrias, tais como: siderúrgicas, aeronáutica, caldeiras, petróleo e petroquímicas e outros.

6.1 Ensaio Visual

O ensaio visual é o ensaio não destrutivo básico. Todos os outros ENDS devem ser realizados após a inspeção visual, que pode ser feita a vista desarmada, com o auxílio de lupa ou com aparelhos ou instrumentos para inspeção remota.

O ensaio visual, especificamente é utilizado no controle da qualidade de soldagem, antes e após qualquer operação de solda, a fim de detectar não conformidades de geometria da junta; não conformidade superficial no metal de base (corrosão, óleos e graxa); possíveis descontinuidades induzidas na soldagem; vazamentos e outros.

6.2 Ensaio por Ultra-som

Assim como uma onda sonora reflete ao incidir num anteparo qualquer, a vibração ou onda ultra-sônica ao percorrer um meio elástico, refletirá da mesma forma ao incidir numa descontinuidade ou falha interna a este meio considerado. Através de aparelhos especiais,

detectamos reflexões provenientes do interior da peça examinada, localizando e interpretando as descontinuidades. De acordo com a PETROBRÁS (2004), “o processo de Ensaio não Destrutivo por Ultra-Som deve ser executado de acordo com a Norma específica (N-1594, 2004)”.

O ensaio por ultra-som, caracteriza-se num método não destrutivo que tem por objetivo a detecção de defeitos ou descontinuidades internas, presentes nos mais variados tipos de materiais ferrosos ou não ferrosos.

Portanto o exame ultra-sônico, assim como todo exame não destrutivo, visa diminuir o grau de incerteza na utilização de materiais ou peças de responsabilidade.

6.3 Radiografia

A radiografia é um método usado para inspeção não destrutiva que baseia-se na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça que esta sendo inspecionada. PETROBRAS, (2004).

Essa absorção diferenciada da radiação poderá ser detectada através de um filme, ou através de um tubo de imagem, ou mesmo medida por detectores eletrônicos de radiação. Essa variação na qualidade de radiação absorvida, detectada através de um meio, irá nos indicar, entre outras coisas, a existência de uma falha interna ou defeito no material.

6.4 Líquido Penetrante

Este método consiste em fazer penetrar na abertura da descontinuidade um líquido. Após a remoção do excesso de líquido da superfície, faz-se sair da descontinuidade um líquido retido através de um revelador. A imagem da descontinuidade fica então desenhada sobre a superfície.

O ensaio por líquido penetrante presta-se a detectar descontinuidades superficiais e que sejam abertas na superfície, tais como trincas, poros, dobras, etc., podendo ser aplicado em todos os materiais sólidos e que não sejam porosos ou com superfície muito grosseira.

É muito usado em materiais não magnéticos como alumínio, magnésio, aço inoxidável, ligas de titânio e zircônio, além dos materiais magnéticos. É também aplicado em cerâmica vitrificada, vidro e plástico.

7. TRAVESSIA E CRUZAMENTO

7.1 Travessia

De acordo com a norma N-2203 da PETROBRAS (2000), travessia é a “obra correspondente à passagem do duto através de rios, riachos, lagos, açudes e regiões permanentemente alagadas, ou sobre depressões profundas, grotas e ravinas”.

São utilizados vários métodos de lançamentos de tubos, de acordo com a necessidade de cada área a ser atravessada. Um desses métodos é o Arraste Submerso, que consiste no lançamento do duto em travessia de rios e lagos, caracterizado pelo arrastamento da coluna (conjunto de vários tubos ligados entre si a serem empregados na construção do duto), em contato com o fundo da vala, aberta no leito do rio ou lago, utilizando flutuadores para a redução da reação de atrito desse arrastamento.

Outro método de lançamento de dutos para travessia é o Empurramento (Pushing), que consiste num método de lançamento de dutos para grandes áreas alagadas, geralmente onde não há correnteza, na qual a coluna, mantida à superfície por meio de flutuadores, é empurrada água adentro a medida que vai sendo montada. Outra condição a ser observada é a estabilização dos dutos, que são práticas construtivas destinadas a garantir o equilíbrio do duto, imerso em meio líquido, durante e após sua instalação.

A Flutuação é também um método muito utilizado em travessias. Caracteriza-se pela flutuação da coluna à superfície da água, por meio de flutuadores que são retirados quando a coluna se encontra posicionada verticalmente sobre a vala.

Para que esses projetos de travessias possam ser adotados, algumas recomendações são impostas, dentre elas está a prioridade da utilização de um método chamando Furo Direcional para travessias, que consiste numa perfuração com mais de 100 metros de largura entre as margens definidas, aliando os aspectos de segurança construtiva e operacional dos dutos, com garantia de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente. Devem ser realizar todos os estudos geológicos, hidrológicos e de perfil de erosão e outros considerados necessários para um projeto executivo de travessia. Levantamentos batimétricos devem ser realizados em toda a seção das travessias, cuja largura seja superior a 50 metros.

Após a locação do eixo, devem ser executados levantamentos topográficos e batimétricos da seção da travessia ao longo do eixo, antes e após a abertura da vala. Antes e

depois do lançamento do duto, o trecho submerso da vala deve ser inspecionado por mergulhadores habilitados, com a finalidade de verificar a conformidade do fundo de vala com o projeto executivo, a existência de danos nos tubos ou no revestimento, originados pela atividade de lançamento do duto, bem como detectar a existência de extensões não apoiadas. Caso seja constatada a existência de trechos submersos não apoiados, devem ser providenciados suportes de forma a limitar as tensões aos valores admissíveis previamente calculados.

Em hipótese alguma serão realizados projetos de travessia de lançamentos de dutos sem que sejam cumpridas as exigências dos órgãos ambientais.

A localização dos pontos de travessias deve considerar alguns aspectos, como limitação imposta pelo projeto, limitação do comportamento elástico da linha, inclinação do eixo da travessia de modo a transpô-los no menor comprimento possível, facilidade de acesso para a realização das atividades de construção e manutenção, disponibilidade de espaço para um eventual armazenamento e revestimento dos tubos, riscos de danos e indenização a terceiros.

7.2 Cruzamento

De acordo com a norma N-2202 da PETROBRAS (2000), o cruzamento é a “obra correspondente a passagem do duto por rodovias, ferrovias, outros dutos, instalações subterrâneas já existentes e linhas de transmissão”. O método mais utilizado para cruzamento é o Tubo-Camisa, que consiste em um tubo de aço no interior do qual o duto é instalado, destinando-se a dar-lhe proteção mecânica nos cruzamentos e, eventualmente, possibilitar a substituição deste sem necessidade de abertura de vala.

Na utilização de tubos-camisas, devem ser usados dutos concretados para evitar o contato direto com o tubo camisa, facilitando a introdução e a retirada da tubulação. Suas extremidades devem ser vedadas com massa asfáltica e também deve ser assegurada a limpeza interna do tubo-camisa, bem como a livre passagem do duto pelo seu interior.

Nos cruzamentos com linhas de transmissão de energia elétrica, deve haver um afastamento entre o duto e os cabos de aterramento existentes da linha de transmissão de no mínimo três metros. A utilização de explosivos nas proximidades dessas linhas deve ser evitada, ficando o seu condicionamento sujeito à aprovação e acompanhamento pela companhia operadora do sistema elétrico.

Assim como para travessias, também para cruzamentos existem condições prévias para o projeto, que somente deve ser executadas após o cumprimento das exigências dos órgãos ambientais e autoridades competentes.

Porém, quando não houver exigência para a utilização de tubo-camisa, por parte da autoridade competente ou órgãos ambientais, o cruzamento deve ser executado, preferencialmente, sem tubo-camisa.

A seguir, o capítulo que dá desfecho à seqüência na construção dos dutos, abordando a temática final para um duto entrar em funcionamento: limpeza, calibração, teste hidrostático, condicionamento e sinalização de dutos.

8. LIMPEZA, CALIBRAÇÃO, TESTE HIDROSTÁTICO, CONDICIONAMENTO E SINALIZAÇÃO DE DUTOS.

8.1 Limpeza

Os procedimentos executivos para as atividades de limpeza devem estar de acordo com os requisitos básicos que tem como conteúdo estudos que comprovem a viabilidade da captação e do descarte da águas nos pontos indicados e nas vazões máximas, em conformidade com a legislação brasileira, incluindo as questões ambientais. Devem ter locais disponíveis definidos no projeto para instalação de equipamentos e a descrição dos possíveis equipamentos a serem utilizados.

A água a ser utilizada para a limpeza e no enchimento, devem obedecer um padrão de qualidade exigido pelo projeto para que não comprometa a integridade física dos dutos.

Essa limpeza é feita primeiramente por uma lavagem interna no duto, depois pela passagem de "pigs" de limpezas que são controlados por manômetros que medem a pressão da água interna na tubulação. Esses "pigs" são equipados com escovas de aço pretencionadas, de modo que cubram todo o perímetro da parede interna do duto. Se os dutos forem pintados internamente, essas escovas devem ser não metálicas, para não prejudicar a pintura.

São utilizados quantos pigs forem necessários, e é somente considerada limpa a tubulação quando a água descartada imediatamente após a chegada do primeiro pig, antes da chegada do pig de limpeza, apresentar visualmente as mesmas qualidades da água injetada no duto.

8.2 Calibração

Após os requisitos de limpezas terem sido alcançado, devem ser passados um pig de enchimento e um pig calibrador, espaçados entre si de aproximadamente 500 metros.

O pig de enchimento deve ser do tipo bidirecional, com 4 ou 6 discos de poliuretano, sendo os discos da extremidades para guia e os demais de vedação, visando a eliminação total de bolsões de ar existentes no interior da tubulação.

Já o pig calibrador deve ser similar ao pig de enchimento, sendo que o disco de vedação deve ser substituído pela placa calibradora, instaladas entre os discos. O pig calibrador deve possuir um dispositivo magnético ou eletrônico que possibilite o seu acompanhamento e sua localização mesmo quando não estiver em movimento.

O pig calibrador tem como finalidade mostrar qualquer desconformidade existente na tubulação, ou seja, ver se existe algum amassamento que impossibilite a realização do teste hidrostático, já que após a passagem do pig calibrador, o mesmo será inspecionado para a liberação do teste ou para a realização de reparos nos dutos a fim de os deixá-los em perfeitas condições para a realização do teste hidrostático.

8.3 Teste Hidrostático

O objetivo de testar hidrosticamente um tubo ou um sistema de tubulação é demonstrar que o mesmo possui resistência mecânica compatível com suas especificações e atendem as suas condições operacionais projetadas.

O teste hidrostático é dividido em duas etapas, sendo a primeira um teste de resistência mecânica, visando verificar a integridade estrutural e resistência do trecho em teste, bem como ainda, avaliar as tensões decorrentes da montagem. A segunda parte consiste num teste de estanqueidade, que deve ser realizado logo após o teste de resistência mecânica, e tem como finalidade comprovar a inexistência de pequenos vazamentos ou defeitos passantes em juntas soldadas.

Para a realização do teste hidrostático, o trecho do duto a ser testado deve estar totalmente limpo, enterrado e inteiramente cheio de água, “a área a ser testada deve ser totalmente isolada e sinalizada, a fim de que com o aparecimento de desconformidades sejam evitados acidentes que envolvam pessoas” (PETROBRAS N-464, 2004).

O sucesso na realização desse teste depende de alguns procedimentos, dentre eles: a verificação da pressão no ponto mais alto do trecho a ser testado, que deve ser igual ou maior que a pressão mínima do teste de resistência mecânica definida no projeto básico; a verificação da pressão do trecho mais baixo deve ser igual ou menor que a pressão máxima de teste; a verificação da pressão do teste de estanqueidade, que deve ser igual à pressão definida no projeto básico.

Após a realização das duas etapas do teste, deve ser feito um relatório abrangente e detalhado de todo o procedimento.

8.4 Condicionamento

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.

A norma N-464 da PETROBRAS (2004) coloca que “um duto deve ser considerado como condicionado, estando com seu interior limpo, seco e inertizado em toda a sua extensão”.

8.5 Sinalização

As faixas e áreas de domínio devem ser identificadas e sinalizadas com marcos e placas. As cores a serem utilizadas devem obedecer aos padrões da norma Petrobras.

Para a demarcação dos limites da faixa de domínio de dutos, devem ser instalados pares de marcos nas suas laterais, com espaçamento máximo de 200 metros para áreas rurais e 50 metros para áreas urbanas, e nos cruzamentos e travessias, deve ser instalado um par de cada lado. Essa sinalização é chamada de Marco Delimitador.

Outros tipo de marco são: Marco Quilométrico, que são marcos indicadores de distância a cada quilômetro, e o Marco Localizador de Dutos, que é instalado sobre os dutos, nos cruzamentos e travessias.

Quando não são sinalizadas por algum tipo de marco, são instaladas placas. Existem placas para sinalização de cruzamentos, sinalização de travessias, sinalização de áreas de válvulas e para lançadores e recebedores de pigs, etc. As placas mais utilizadas são as placas de identificação (placas que indicam duto na estrutura da tubulação), placas de advertência, placas de sinalização de acesso, etc.

Essa prática de sinalização foi criada com o objetivo de diminuir o risco de acidentes com pessoas que não conhecem os riscos existentes em áreas de construção de Dutos Terrestres.

9. CONCLUSÃO

Como conclusão deste, podemos dizer que dutos terrestres são estruturas com um alto investimento inicial, mas que visam uma economia com o decorrer de seu funcionamento. Esta economia se dá em relação ao tempo gasto pelo transporte, pelo menor gasto com mão de obra para transportar grandes cargas e visa ainda uma menor poluição da atmosfera em comparado com outros tipos de transportes convencionais.

Podemos dizer, então, que se trata de um empreendimento que pretende ser o mais ecologicamente correto, tendo como objetivo na sua produção uma alta valorização do meio ambiente, já que toda obra deve ser realizada de acordo com técnicas que não desencadeiem prejuízos e que interfiram o mínimo possível na área a ser realizada a obra.

10. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9061: Segurança de escavação a céu aberto: Escavação em solo. Rio de Janeiro, 1985, 31p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12712: Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível: – Cruzamentos e travessias. Rio de Janeiro, 1993, 76p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-47 – Levantamento Topográfico: Levantamento Topográfico: Rio de Janeiro: Maio, 2005, 28p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-133 – Soldagem: Preaquecimento e Temperatura Interpasse. Rio de Janeiro: Setembro, 2002, 45p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-464 – Construção, Montagem e Condicionamento de Duto Terrestre: Teste Hidrostático. Rio de Janeiro: Dezembro, 2004, 68p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-1594 – Ensaio não Destrutivo - Ultra-Som: Rio de Janeiro: Dezembro, 2004, 20p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-1595 – Ensaio não Destrutivo - Radiografia: Rio de Janeiro: Janeiro, 2004, 15p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-1644 – Construção de Fundações e de Estruturas de Concreto Armado: Recebimento, Manuseio e armazenamento de Materiais. Rio de Janeiro: Janeiro, 2005, 36p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-2203 – Apresentação de Relatórios de Cruzamento e Travessias de Dutos Terrestres: Preenchimento da Relação de Travessias. Rio de Janeiro: Maio, 2000, 07p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-2298 – Construção e Montagem de Sistema de Proteção Catódica por Corrente Impressa – Duto Terrestre: Condições Gerais. Rio de Janeiro: Novembro, 1989, 10p.

CONTEC, COMISSÃO DE NORMAS TÉCNICAS DA PETROBRAS. N-2719 – Estocagem de Tubos em Área Descoberta: Condições Gerais. Rio de Janeiro: Dezembro, 2002, 13p.

NORMA REGULAMENTADORA. NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção: Locais confinados. São Paulo: Julho, 2007, 49p.