



1. DEFINIÇÃO

Obras de arte correntes destinada ao escoamento de cursos d'água permanentes ou temporárias, executados por processo não destrutivo. Para sua construção são utilizadas chapas de aço corrugadas, fixadas por parafusos e porcas ou grampos especiais, cujo avanço de instalação é alcançado com o processo construtivo designado "tunnel-liner".

2. MATERIAL

2.1 BUEIROS DE CHAPAS METÁLICAS CORRUGADAS GALVANIZADAS

- Nos casos de ocorrência de águas com baixa acidez, em que é remota a possibilidade de corrosão das chapas metálicas, poderão ser usadas chapas tratadas por galvanização;
- As chapas serão de fabricação especializada e deverão ser fornecidas acompanhadas dos elementos de fixação, parafusos, porcas ou grampos especiais, submetidos ao mesmo tratamento.

2.2 BUEIROS DE CHAPAS METÁLICAS CORRUGADAS REVESTIDAS COM "EPOXI"

- Nos casos onde for constatada a possibilidade de corrosão, especialmente em locais de despejos sanitários, deverão ser utilizadas chapas metálicas corrugadas revestidas por proteção de resina "epoxi";
- Nestes locais os elementos de fixação também deverão ser protegidos por tratamento "epoxi", devendo-se ainda ter o cuidado de pintar com tinta a base de "epoxi" todas as superfícies que, por arranhões, venham ter a superfície do metal exposta;
- No manuseio das chapas revestidas com "epoxi" deverão ser adotados cuidados especiais, de modo a não comprometer este revestimento.

2.3 MATERIAL DE ENCHIMENTO

- O espaço vazio resultante da escavação, entre o maciço e a parede externa da chapa metálica, deverá ser preenchido com argamassa de solo-cimento, de forma a impedir o escoamento na interface tubulação aterro e dificultar a corrosão da chapa.

2.4 MATERIAL VEDANTE

- Para garantir a estanqueidade das juntas deverá ser colocada entre as chapas a serem justapostas, tiras de feltro, comprimidas com aparafusamento das chapas.

2.5 CIMENTO

Deverá satisfazer à especificação cimento Portland comum, ABNT EM-1.

2.6 AREIA

Poderá ser areia natural ou artificial, devendo ser composta de partículas duras, fortes e duráveis, angulosas, limpas, isentas de partículas moles, de quaisquer outros materiais prejudiciais e apresentando granulometria enquadrada na faixa a seguir:



PENEIRAS	PORCENTAGEM, EM PESO, PASSANDO
3/8"	100
nº 4	95 – 100
nº 16	45 – 80
nº 50	10 – 30
nº 100	2 – 10

2.7 AGREGADO GRAÚDO PARA CONCRETO ESTRUTURAL

Poderá ser pedra ou cascalho, britados, ou outro material tendo características semelhantes.

Deverá ser composto de peças duras, fortes e duráveis, limpas e isentas de pó, matéria orgânica e de quaisquer outros materiais prejudiciais e apresentar uma porcentagem de desgaste menor que 50%, quando ensaiado pelo método DNER-ME 035/94.

2.8 MADEIRA PARA FORMA E ESCORAMENTO

Deverá ser de boa qualidade e atender, naquilo que for aplicável, às especificações da ABNT EN-11. A madeira a ser utilizada nos escoramentos deverá apresentar resistência a compressão compatível com a carga atuante no escoramento.

2.9 ÁGUA

Deverá ser clara, limpa e isenta de óleos, ácidos, álcalis, açúcares, substâncias vegetais e quaisquer outros materiais prejudiciais ao concreto e à argamassa.

2.10 PEDRA DE MÃO

A pedra de mão utilizada deverá ser originária de rocha sã e estável, apresentando os mesmos requisitos qualitativos exigidos para a pedra britada destinada a confecção do concreto e ter diâmetro situado entre 0,10 e 0,15m.

3. EQUIPAMENTOS

Recomenda-se, no mínimo, a utilização dos seguintes equipamentos:

- Caminhão Basculante;
- Caminhão Carroceria;
- Betoneira;
- Pá-carregadeira;
- Retroescavadeira;
- Guincho ou caminhão com grua ou munck;
- Guincho elétrico;
- Conjunto moto-bomba;
- Escudo frontal de chapas metálicas tropezoidais;



- Estroncas metálicas extensíveis com dispositivo telescópico de carga;
- Escoras metálicas;
- Macacos mecânicos;
- Aba metálica (roff shield);
- Equipamentos para injeção de solo cimento;
- Vibradores de imersão;
- Ferramentas de pequeno porte.

4. EXECUÇÃO E NORMAS

4.1 CONDIÇÕES GERAIS

- A obra deverá ser locada atendendo as Notas de Serviço para implantação de obras de artes correntes, e de acordo com o projeto executivo. A locação deverá ser feita por instrumentação topográfica;
- A tubulação deverá ser construída de jusante para a montante, tomando-se o cuidado de impedir que com o avanço da escavação haja inundação da canalização, mantendo-se, para tanto, o tamponamento da boca a montante;
- Caso seja necessário o esgotamento do local a ser escavado, deverá ser executado poço para instalação de bomba submersa, mantida as condições de uso durante todo o processo construtivo.
- A escavação deverá restringir-se ao perímetro mais próximo possível da circunferência externa do bueiro, com profundidade aproximadamente igual a dos anéis que serão montados a cada lance.

4.2 EMBOQUE DIRETO

- O início do túnel se dará através de emboque direto no talude, mantendo-se três anéis fora do talude, seguindo-se o nivelamento e alinhamento de projeto. Trava-se este conjunto aterrando parcialmente estes anéis e após, efetua-se a escavação na frente de ataque, dando início à implantação.

4.3 POÇOS DE ATAQUE

- Na impossibilidade de execução de emboque direto, serão instalados poços de ataque, que podem ter seção circular ou elíptica, executados com chapas de aço corrugadas;
- Devidamente fixados nas chapas por meio de dispositivo apropriado, os poços devem conter um mastro metálico provido de uma plataforma e na sua parte superior deverá ser fixado um guincho elétrico para movimentação vertical de carga e com liberdade para girar em torno do mastro;
- O operador, situado na plataforma, encarrega-se de acionar o guincho para retirar a terra escavada, desde o fundo do poço até a superfície;
- As chapas de aço corrugadas usados nos poços de ataque poderão ser removidos para outros poços.



4.4 IMPLANTAÇÃO

- Tendo sido locado o eixo da obra, e dado início a escavação manual da frente de ataque, a escavação deve ser feita dentro de um perímetro, o mais justo possível, à parede externa do tubo e com profundidade aproximada de 0,46m;
- Imediatamente após esta etapa, executa-se a montagem do primeiro anel. Depois de montado o primeiro anel, nova série de operações permitirá a montagem do anel seguinte e assim sucessivamente, devendo ser ainda feitos os seguintes procedimentos:

a) Escudo Frontal

- A frente que será escavada terá seu talude escorado por escudo frontal, constituído de chapas metálicas trapezoidais com espessura de $\frac{1}{4}$ ", que cobrirão toda a superfície frontal do talude;
- As chapas devem ser escoradas com pressão sobre o terreno, por estroncas metálicas extensíveis à custa de dispositivo telescópico de rosca. As estroncas são apoiadas nos flanges do trecho já montado da tubulação para permitir a escavação à frente. Nas chapas do escudo, as estroncas se apoiarão sobre reforço tipo cantoneira de aço.
- As chapas metálicas, que constituem o escudo frontal, serão removidas uma de cada vez. Após a escavação do solo de um comprimento correspondente a um novo anel, serão montadas chapas superiores do túnel, que ficarão suportadas pela emenda flangeada com o anel superior e pelo uso de escoras inclinadas apoiadas no fundo do túnel;
- Depois que todas as chapas do escudo frontal forem transferidas para a frente, o espaço escavado permitirá o complemento do novo anel do túnel;
- A câmara de trabalho estará com a frente escorada pelo escudo frontal e o teto da escavação sustentado pelas chapas do túnel. Depois de montado o anel completo, novas séries de operações permitirão a montagem dos anéis seguintes e assim sucessivamente.

b) Aba metálica (Roof Shield)

- Em função de dificuldades que possam ocorrer durante a execução poderá ser utilizado o método de cravação de aba metálica;
- Na medida em que for feita a escavação manual da frente de ataque, deve se cravar no terreno, à frente da escavação, uma aba metálica que será suspensa nos flanges do trecho já executado do túnel e terá a sua ponta solidamente cravada no terreno ainda a ser escavado;
- A aba metálica suporta a abóboda de terra do volume escavado até que o novo anel do túnel tenha sido montado sob a proteção da aba. A partir deste momento o novo anel do túnel já terá condições de substituir a função da aba, quando ela for avançada;
- O deslocamento da aba, para proteger a escavação do anel seguinte é feito cravando-a para frente com auxílio de macacos mecânicos, que se apoiam em orelhas convenientemente fixadas, nas flanges do túnel. Estas orelhas vão sendo removidas a medida que a frente de trabalho vai progredindo.

c) Emendas Aparafusadas

- Os anéis são solidarizados por parafusos e porcas $\frac{5}{8}$ " x $1 \frac{1}{2}$ ", que devem ser distribuídos ao longo das flanges laterais dos anéis;



- As chapas de cada anel são emendadas por transpasse de parafusos e porcas das mesmas dimensões, porém com o pescoço quadrado e providos de arruelas de pressão. Este sistema mantém o parafuso no furo, também quadrado da chapa, para permitir que a porca seja apertada pelo lado interno.

d) Injeção de Solo-Cimento

- Os espaços vazios, que porventura existam, entre a face externa do túnel e o terreno natural, devem ser preenchidos, afim de evitar recalques posteriores. Para isso, deve ser usado um material de preenchimento flexível e de boa resistência à compressão ou outro aglomerado, aplicado mecanicamente;
- Em todos os anéis, deverá ser feito o preenchimento com argamassa fluída, através dos furos existentes nas chapas que são apropriadas para colocação de bico de injeção. A argamassa deverá ser dosada e misturada em equipamentos elétricos ou mecânicos;
- O material de preenchimento deverá ter as seguintes características:
 - Fluidez ligeiramente expansível e de razoável resistência à compressão;
 - A argamassa deverá ser injetada a uma pressão em torno de 2,0 kgf/cm²;
- Durante o preenchimento, deverão ser verificados os anéis a procura de “som oco”, que evidencie a existência de vazios, sendo que neste caso deverá ser feita uma injeção neste local.

e) Material Vedante

- Afim de garantir a estanqueidade das juntas, deverá ser introduzido e aparafusado, nas emendas entre as chapas, tiras de feltro.

f) Consolidação do Solo

- No caso de ocorrência de solos com baixa capacidade de suporte, que afetem desde a geratriz do túnel até sua superfície, e em função de outros complicadores, deverá ser adotado o procedimento de consolidação com injeção de solo-cimento, através de ponteiros penetrantes;
- O traço e a mistura devem ser determinados, tentativamente, de modo que a mistura consolidada não venha a se tornar um obstáculo à escavação.

4.5 CUIDADOS ADICIONAIS

- Deverão ser verificadas as solicitações de carga transmitidas ao maciço pelo objeto a ser transposto, afim de se verificar a necessidade de reforço do maciço, ou melhorar a distribuição destas solicitações, objetivando não prejudicar o túnel, ou causar danos ao objeto;
- Neste caso deverão ser adotadas medidas para controle dos recalques com equipamentos especialmente destinados a este fim.

4.6 ENTRADAS E SAÍDAS

- As entradas e saídas das tubulações poderão ser realizadas com bocas e alas de concreto, construídas por processo semelhante ao considerado para bueiros de concreto, ou através de peças de extremidades metálicas em forma de bisel, protegendo-se a saia dos aterros com enrocamento de pedra;



- Os materiais a serem empregados nestas construções poderão ser: concreto ciclópico, concreto simples, concreto armado e alvenaria de pedra argamassada.

5. CONTROLE E ACEITAÇÃO

5.1 CONTROLE GEOMÉTRICO DE ACABAMENTO

- A declividade e alinhamento definidos em projeto serão controlados através de teodolito ótico ou eletrônico a cada três anéis;
- Quando for o caso, deverá ser feito controle rigoroso dos recalques do objeto a ser transposto, durante a execução da obra. Os resultados deste controle deverão ser expressos através de gráficos que demonstrem o comportamento dos recalques ao longo do tempo;
- O controle qualitativo dos serviços será feito de forma visual, avaliando-se as características de acabamento das obras executadas.

5.2 CONTROLE TECNOLÓGICO

- As chapas de aço e ferragens utilizadas na construção dos bueiros deverão satisfazer às prescrições dos fabricantes e estar acompanhadas de certificados de qualidade, que indiquem o atendimento às normas apropriadas da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) e ASTM (American Society for Testing and Materials), conforme indicado abaixo:
 - Galvanizea Corrugated Steel Pipe – AASHTO M-36 e ASTM A760
 - Structural Plate Pipe – AASHTO M-167 e ASTM A 761
- O concreto de cimento, quando utilizado na execução, será controlado pelo que dispõe a ABNT (NBR-12655/96 NB-1418);
- O ensaio de consistência do concreto será feito de acordo com a ABNT (NBR-NM 67/98) ou a ABNT (NBR-NM 68/98), sempre que ocorrer alteração no teor de umidade dos agregados, sendo feito na primeira amassada do dia e a cada vez que forem moldados corpos de prova;
- No controle de qualidade do concreto, através dos ensaios de resistência à compressão, ou à flexão, o número de determinações será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pela Contratada, conforme tabela abaixo:

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL										
n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
k	1,32	1,26	1,15	1,14	1,05	1,03	0,99	0,97	0,95	0,92
r	0,30	0,25	0,16	0,15	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
n = nº de amostras			k = coeficiente multiplicador				r = risco do Executante			

- O concreto ciclópico, quando utilizado, deverá ser submetido ao controle fixado pelos procedimentos da ABNT (NBR-NM 67/98), quanto à consistência e ABNT (NBR-5739/94 MB-3), quanto à resistência à compressão:



5.3 ACEITAÇÃO

a) Aceitação do Controle Geométrico

Os serviços serão aceitos do ponto de vista do controle geométrico quando:

- As dimensões das seções transversais avaliadas não difiram das de projeto em mais de que 1% em pontos isolados;
- Todas as medidas de espessuras efetuadas encontrem-se situadas no intervalo de $\pm 5\%$ em relação à espessura de projeto, exceto para o cobrimento do túnel que, deverá obedecer rigorosamente a dimensão de projeto;
- O alinhamento da tubulação não possua variação maior do que dois graus;
- O encaixe dos anéis não apresente variação;
- A declividade obedeça rigorosamente as estabelecidas em projeto e/ou notas de serviço;
- O controle de recalque, quando efetuado, esteja dentro dos parâmetros definidos pelo projeto.

b) Aceitação do Controle Tecnológico

- Os seguimentos construídos que não atendam as qualidades exigidas para estabilidade estrutural, deverão ser demolidos e reconstruídos;
- Os dispositivos realizados com concreto, cujo ensaio não tenha atendido o prescrito pela ABNT (NBR-6118/80 NB-01), deverão ser demolidos, reconstruindo-se os seguimentos rejeitados atendendo às prescrições normativas;
- Será controlado o valor mínimo da resistência à compressão ou à flexão do concreto, com valores de k obtidos da Tabela de Amostragem Variável, adotando-se o procedimento seguinte:

- $\bar{X} - Ks < \text{valor mínimo admitido} \rightarrow \text{rejeita-se o serviço}$
- $\bar{X} - Ks \geq \text{valor mínimo admitido} \rightarrow \text{aceita-se o serviço}$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

X_i = valores individuais

\bar{X} = média da amostra

s = desvio padrão da amostra

k = coeficiente tabelado em função do número de determinações

n = número de determinações



- c) Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos sem ônus para a Contratante.

6. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Os serviços efetivamente realizados e aceitos serão medidos de acordo com os critérios abaixo:

6.1 ESCAVAÇÃO

Será medido em metros cúbicos, devendo ser caracterizado os tipos de escavação realizadas, tais como: escavação manual de valas, escavação manual para execução de túnel e escavação mecânica de valas. O volume considerado será o menor entre o efetivamente realizado e o definido em projeto.

6.2 ESCORAMENTO

O escoramento lateral de valas será medido em metros quadrados e o escoramento interno do túnel será medido em metros cúbicos, sendo considerada a seção transversal multiplicada pela extensão. O valor considerado será o menor entre o efetivamente realizado e o definido em projeto.

6.3 ESGOTAMENTO DE ÁGUA

Será medido por hora de utilização do equipamento.

6.4 TRANSPORTE HORIZONTAL E VERTICAL DOS MATERIAIS

Será medido em metros cúbicos, tendo como referência para a definição das quantidades os volumes obtidos da escavação manual para execução de túnel. Deverão ser caracterizados os volumes para transporte horizontal e transporte vertical.

6.5 MONTAGEM DA ESTRUTURA

Será medido em metros lineares e compreende os serviços de montagem da estrutura, os dispositivos de proteção da abóbada, escudos, estroncas e túnel piloto.

6.6 FORNECIMENTO DE MATERIAL POSTO OBRA

Será medido em metros lineares, e compreende o fornecimento do material em chapas desmontadas, de acordo com as especificações de projeto, bem como os acessórios de fixação.

6.7 INJEÇÃO DE SOLO CIMENTO

Será medido em metros cúbicos de material, sendo considerado o menor volume entre o efetivamente realizado e o definido em projeto.



6.8 ENFILAGEM PARA REFORÇO DE ABÓBODA

Será medido em metros lineares, sendo considerada a menor medida obtida entre o efetivamente realizado e o definido em projeto.

6.9 DEMAIS SERVIÇOS E CONSTRUÇÕES

Serão medidos de acordo com as definições deste caderno para cada serviço ou construção.

7. PAGAMENTO

Os serviços medidos serão pagos de acordo com os preços unitários contratuais.