



# **ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO PARA IMPLANTAÇÃO DE TRECHOS DO ANEL VIÁRIO DE CAMPO GRANDE – A.P. 5.2**

## **RELATÓRIO TÉCNICO PROJETO ESTRUTURAL TÚNEL LUIS BOM**

**Agosto/2022**

# 1. SUMÁRIO

## SUMÁRIO

<b>1. SUMÁRIO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. SONDAgens .....</b>	<b>11</b>
4.1. Sondagens na Região Norte do Túnel .....	12
4.2. Sondagens na Região Sul do Túnel .....	13
<b>5. CRITÉRIOS DO PROJETO .....</b>	<b>14</b>
5.1. Conceitos do NATM (New Austrian Tunnelling Method) .....	15
5.2. Seções de Escavação e Suporte .....	16
5.3. Seções Típicas .....	19
<b>6. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMECÂNICA .....</b>	<b>23</b>
<b>7. ESCAVAÇÃO DO TÚNEL .....</b>	<b>25</b>
<b>8. SISTEMA DE VENTILAÇÃO .....</b>	<b>28</b>
8.1. Tipo do Sistema de Ventilação .....	29
8.2. Características dos Jatos Ventiladores .....	29
8.3. Dados dos Túneis .....	30
8.4. Ventiladores: Potência Instalada .....	30
8.5. Comando e Controle do Sistema de Ventilação .....	31
8.6. Equipamentos do Sistema .....	31
8.7. Croquis Geral do Sistema de Ventilação .....	31
8.8. Características construtivas do jato ventilador .....	31
<b>9. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>
<b>10. ESPECIFICAÇÕES .....</b>	<b>35</b>

## 2. APRESENTAÇÃO

## 2. APRESENTAÇÃO

A **JDS Engenharia e Consultoria Ltda.**, estabelecida à Av. Passos, 91 – 6º andar – Centro – Rio de Janeiro/RJ, apresenta à consideração da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro – PCRJ, através da Secretaria Municipal de Infraestrutura - SMI, o Memorial Descritivo **do Projeto Estrutural do Túnel Luis Bom do Anel Viário de Campo Grande**, referente ao Contrato de “**Elaboração de Projeto Básico para Implantação de Trechos do Anel Viário de Campo Grande – A.P. 5.2**”.

## 3. INTRODUÇÃO

### 3. INTRODUÇÃO

Este memorial descritivo visa descrever os estudos e soluções considerados no projeto básico para a implantação do túnel Luiz Bom, obra localizada no município de Campo Grande – A.P.5, para executar ligação viária, entre a Estrada da Caroba com a Estrada da Posse, através de túnel sob o Morro Luiz Bom, obra da Prefeitura do Município do Rio de Janeiro, RJ.

O túnel Luis Bom é composto por 2 túneis paralelos contendo duas faixas de tráfego cada com extensão de 580 metros no eixo 1000 e 565 metros o eixo 2000.

Esta obra se enquadra no projeto que trata da implantação das melhorias viárias das pistas do Anel Viário de Campo Grande para desvio e eliminação de interseções junto à região central do Bairro.

Há muito vem sendo estudadas alternativas de contorno viário das vias existentes da região central de Campo Grande, devido ao alto fluxo veicular que satura toda região, onde além do volume de origem/destino para esta área, observa-se o acréscimo do fluxo de passagem para as demais regiões do bairro separadas pela linha férrea e pelas condições morfológicas do maciço da Pedra Branca

O Trecho de ligação do Anel Viário entre a Estrada de Caroba e a Estrada da Posse, será realizado através de Túneis sob o Morro Luiz Bom, conforme Figura 1. Estão previstos dois Túneis escavados em rocha e alteração rochosa, que seguem paralelamente, sendo que em cada Túnel será implantada uma via com duas faixas de trânsito.

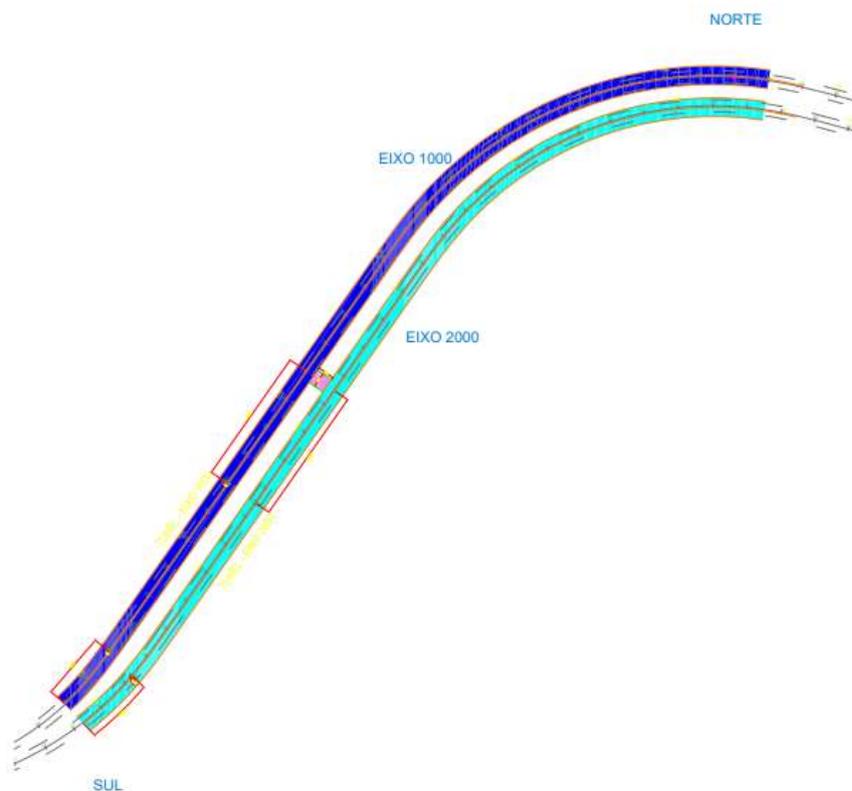


**Figura 1.1- Croquis dos Túneis eixo 1000 e eixo 2000**

Para o estudo e desenvolvimento deste projeto básico, foi analisada a topografia local e executada pequenas adequações no traçado do projeto funcional, visando a obtenção melhores condições geológicas e diminuição do impacto ambiental, principalmente na boca norte. Com estas pequenas alterações no traçado teve um pequeno acréscimo na extensão dos túneis, mais plena mente justificada pela diminuição do impacto ambiental e custos menores na sua execução pois as extensões acrescidas são mais baratas por serem de escavação em rocha, enquanto no traçado inicial seria necessário a execução de emboque dos túneis em uma grota com nascentes com custos muito mais altos, fora a possível não obtenção de licença devido ao impacto.

Após a mudança de traçado foi executado o levantamento topográfico real de toda área, se programando a localização das sondagens e estudos geofísicos necessários para desenvolvimento do projeto básico.

O projeto básico, foi desenvolvido utilizando os critérios do NATM (New Austrian Tunnelling Method), a seguir será mostrado o traçado dos túneis e características da região de implantação.



**Figura 1.2- Croquis do Traçado do Túnel Luiz Bom**





Figura 1.5- Topografia Boca Norte

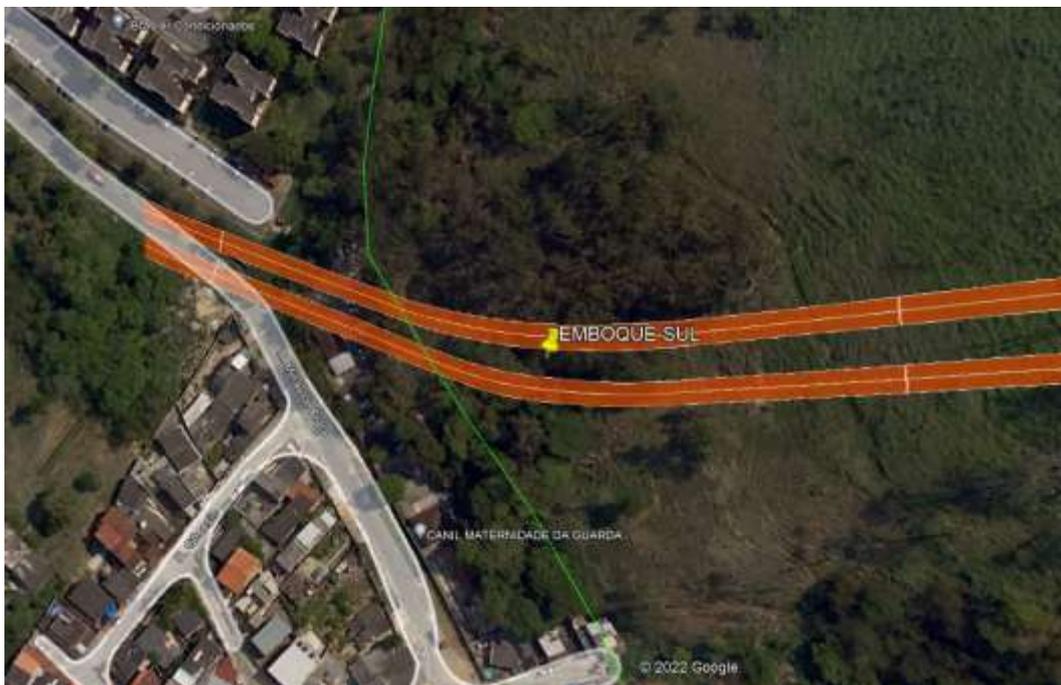


Figura 1.6- Planta Boca Sul



**Figura 1.7- Topografia Boca Sul**

## 4. SONDAGENS

## 4. SONDAGENS

Todos os estudos e projetos aqui desenvolvidos estão embasados no Relatório Geológico e Geotécnico elaborado por a empresa 2dGeo, em anexo.

A proposta de compartimentação do maciço e aplicação das estruturas de suporte e sustentação que são propostas nos itens que se seguem estão embasadas nas informações obtidas na campanha de sondagens mistas, SEV e sísmica de refração constantes no referido relatório.

A localização dos pontos de sondagem consta das plantas e croquis mostrados nas Figuras que se seguem.

### 4.1. Sondagens na Região Norte do Túnel

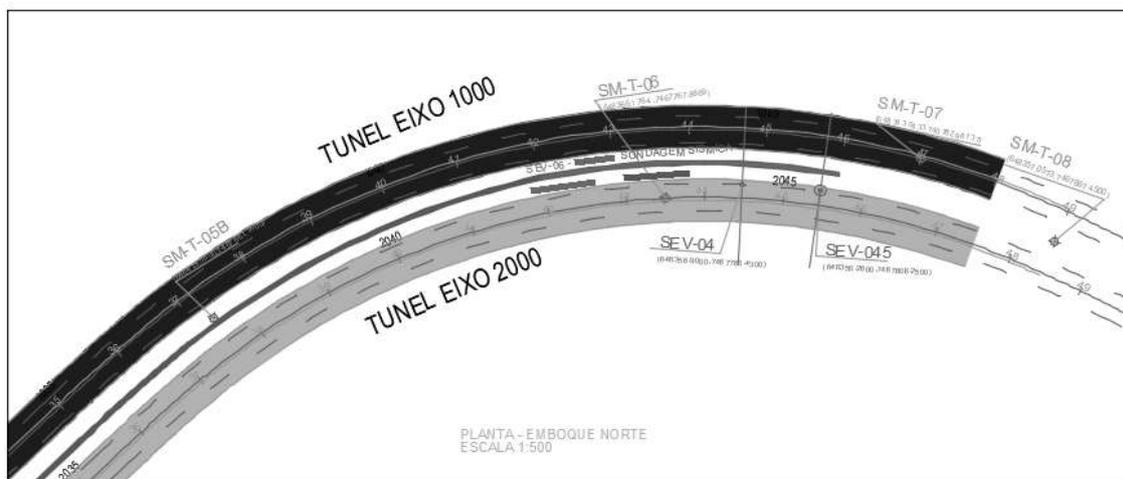


Figura 2.1.a- Localização das Sondagens Região Norte do Túnel

RELAÇÃO DE INVESTIÇÃO - EMBOQUE NORTE			
SONDAGENS	COMPRIMENTO (m)	COORDENADAS (sirgas2000)	ESTACA
SM-T-05B	40	(648419.5800,7467661.1800)	37 + 05 - entre tunéis
SM-T-06	50	(648366.1764 ,7467767.8869)	43 + 10 - eixo 1000
SM-T-07	20	(648343.0433,7467829.8137)	47 + 0 - eixo 2000
SM-T-08	15	(648357.0573,7467867.4500)	49 + 0 - entre tunéis
SEV-04	40	(648358.9000,7467786.4300)	44 + 10 - eixo 2000
SEV-05	40	(648356.2600,7467806.250)	45 + 10 - eixo 2000

Figura 2.1.b- Tabela de Coordenadas das Sondagens – Emboque Norte.

## 4.2. Sondagens na Região Sul do Túnel

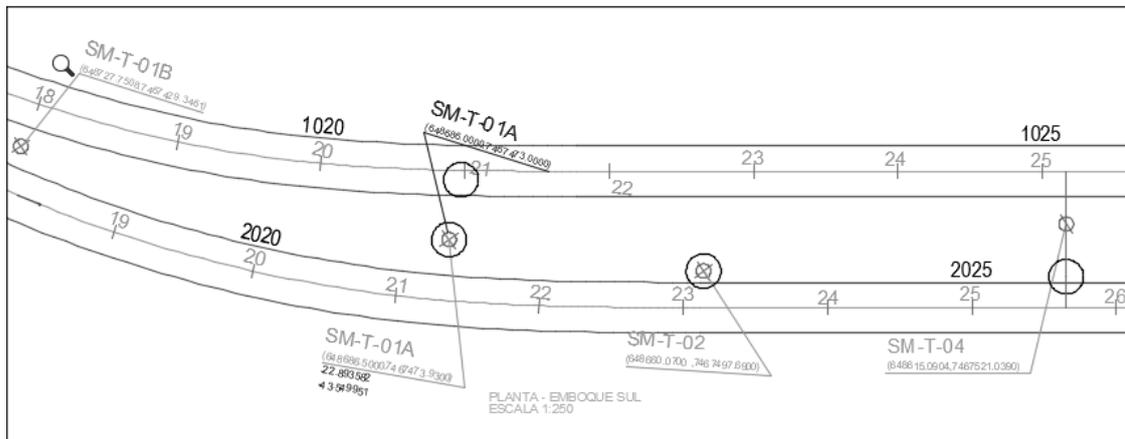


Figura 2.2.a- Localização das Sondagens Região Sul do Túnel

TABELA DE SONDAJENS SM-T - EMBOQUE SUL			
SM-T	COMPRIMENTO (m)	COORDENADAS (sirgas2000)	ESTACA
01A	20	(648686.5000,7467473.9300)	21 + 0 - entre tuneis
01B	15	(648727.7508,7467429.3461)	18 + 0 - entre tuneis
02	40	(648660.0700 ,7467497.6900)	23 + 0 - eixo tunel direito
04	45	(648615.0904,7467521.0390)	25 + 0 - entre tuneis

Figura 2.2.b- Tabela de Coordenadas das Sondagens – Emboque Sul

## 5. CRITÉRIOS DO PROJETO

## 5. CRITÉRIOS DO PROJETO

O projeto foi desenvolvido obedecendo os conceitos do NATM, sendo este um procedimento construtivo largamente utilizado no mundo e de domínio da nossa engenharia local para sua execução.

### 5.1. Conceitos do NATM (New Austrian Tunnelling Method)

O Novo Método de Tunelamento Austríaco foi desenvolvido entre 1957 e 1965 na Áustria e foi dado seu nome em Salzburg em 1962 para distingui-lo do antigo método adotado na Áustria. Os contribuintes principais ao desenvolvimento do NATM foram Ladislaus von Rabcewicz, Leopold Müller, e Franz Pacher.

O NATM é uma metodologia de observação, monitoramento, acompanhamento e providências na escavação subterrânea durante sua construção. O NATM não é um conjunto de técnicas específicas da escavação e da sustentação.

Müller listou 22 princípios de NATM. A seguir listamos as sete características mais importantes em que o NATM está baseado:

- 1- **Mobilização das tensões de resistência do maciço** – O método depende do maciço remanescente como o componente principal da sustentação do túnel. O maciço remanescente forma um arco colaborante de sustentação por um determinado período.
- 2- **Proteção com Concreto Projetado** – A pequena camada de concreto projetado aplicado imediatamente após a escavação permite um alívio de tensão controlada.
- 3- **Medidas** – Cada deformação da escavação deve ser medida. O NATM requer a instalação de instrumento de monitoramento instalados na casca circundante da seção.
- 4- **Suporte flexível** – A camada de concreto projetado primário é fina e reflete as condições primárias do maciço. Suporte ativo e passivo são utilizados em conjunto com o Concreto Projetado (concreto, tirantes, enfilagens) permitindo sempre o alívio de tensão do maciço.
- 5- **Fechamento do Invert** – O Invert deve ser fechado rapidamente para permitir o fechamento da seção. Este procedimento deve ser seguido de forma rigorosa nos túneis em solo (Maciço classe V).
- 6- **Disposições contratuais** - Uma vez que o NATM se baseia no controle por instrumentação do maciço, alterações no processo construtivo são possíveis. Isso é possível somente se o sistema contratual permite essas alterações.
- 7- **A classificação do maciço para determina medidas da sustentação** – Existem várias classificações geológicas para caracterizar os maciços, inicialmente foi utilizado a classificação de Lauffer que considera 7 tipos de terrenos, atualmente a classificação de Bieniawski (MRM) e o índice “Q” de Barton sendo mais detalhadas e que utilizam mais informações, tem sido mais utilizado para determinar os tipos de sustentação.

## 5.2. Seções de Escavação e Suporte

O projeto básico do Túnel Luiz Bom foi desenvolvido seguindo o método Austríaco para abertura de Túneis NATM (New Austrian Tunnelling Method) que adota uma maneira eficiente e segura de construir túneis. Usualmente com o avanço pari-passu da escavação do maciço rochoso é instalada a estrutura de suporte, constituída de concreto projetado e complementada por elementos normalmente utilizados neste tipo de obra como tirantes, chumbadores, cambotas, telas metálicas e outros.

Conforme citado anteriormente, o Projeto Básico adotou, para dimensionamento do suporte do Túnel Luiz Bom, a Classificação Geomecânica – RMR (Bieniawski, 1989) e Sistema Q (Barton, N., 1995), consagradas internacionalmente, de fácil aplicação e compatível com as características geológico-geotécnicas do maciço rochoso do túnel, que se desenvolve em rochas do embasamento cristalino (Gnaisses e Migmatitos, com predominância dos Ortognaisses), litotipos em que as referidas classificações geomecânicas são as mais recomendadas. Desta forma os conceitos empíricos para desenvolvimento das escavações e suportes são mundialmente aceitos no meio técnico.

O índice Q e o RMR são correlacionáveis, conforme Bieniawski (1989) e Barton (1995), de acordo com as expressões a seguir:

$$\text{RMR} = 15 \log Q + 50 \text{ (Barton, 1995)} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{RMR} = 9 \ln. Q + 44 \text{ (Bieniawski, 1989)} \dots\dots\dots (2)$$

Com base na expressão (1) e na previsão de suportes, contenções e ancoragens recomendados por Barton (1993), foi elaborado o Quadro 2.1, mostrado abaixo.

O Quadros 3.2.a apresenta a correlação entre os Sistemas RMR e Q e a estimativa da espessura do suporte: revestimento e ancoragem.

CLASSE DE MACIÇO				
Q - BARTON 1897				
RMR - BIENIAWSKI - 1989				
SEÇÃO	" Q "	RMR	CLASSE	TIPO CONTENÇÃO
A1	>= 41	100 - 80	I	Tirante + Projetado
A2	4,1 - 40	61 - 80	II	Tirante + Projetado
A3	0,41 - 4	51 - 60	III	Tirante + Projetado
B1	0,041 - 0,4	37 - 50	IV/III	Tirante + Projetado
B2	0,01 - 0,04	20 - 36	IV	Cambota ou Tirantes + Projetado
C1	< 0,01	< 20	V	Cambota + Projetado

**Quadro 3.2.a - Correlação entre Sistemas RMR e Q e dimensionamento Revestimento e Ancoragem**

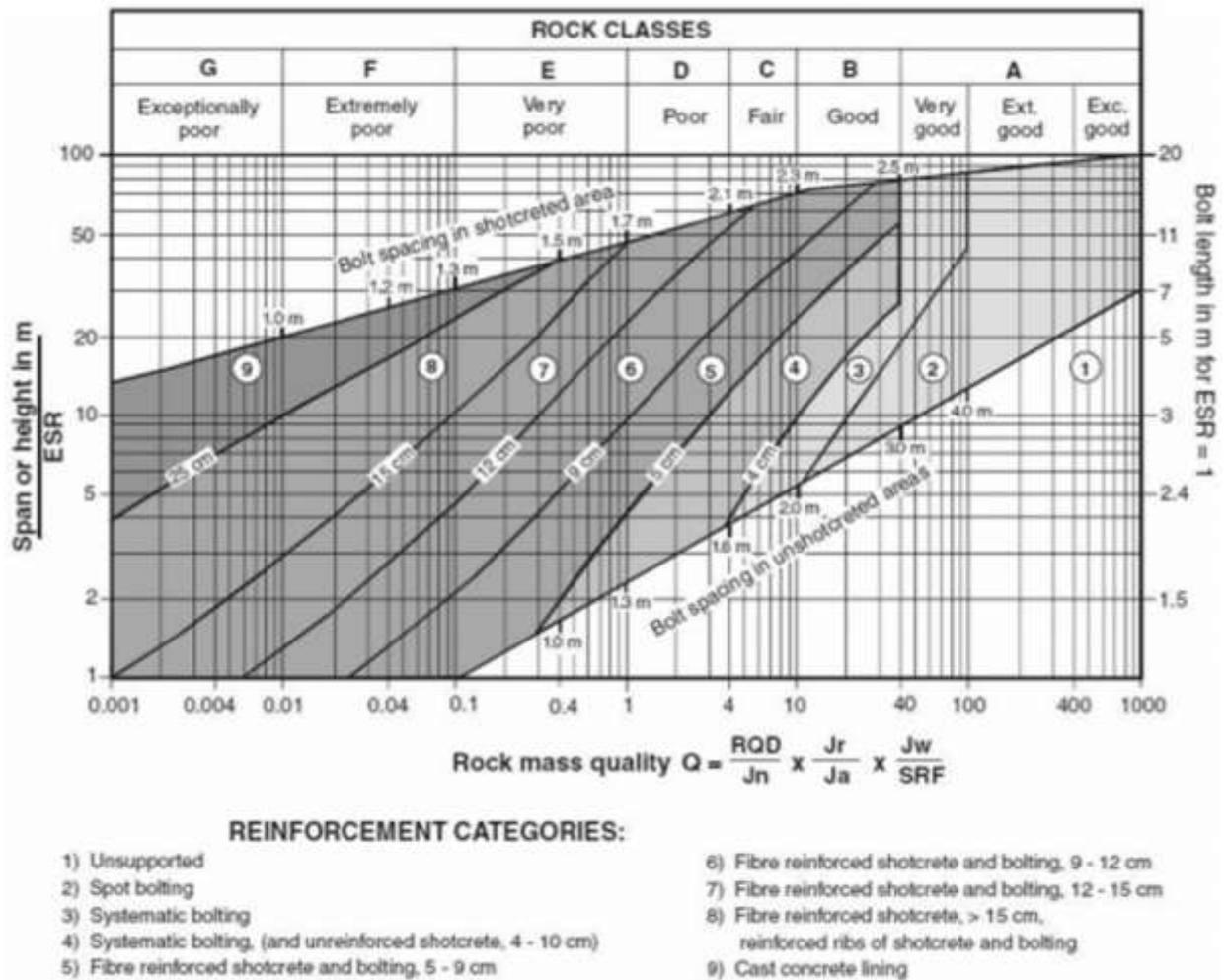


Figura 3.2.b- Classes de Suporte relacionados ao Sistem Q - Barton (1993)

CLASSE DO MACIÇO	ESCAVAÇÃO	SUPORTE		
		Pregagens (Vergalhões Ø=20mm, Grouteados em toda sua extensão)	Espessura da Camada de Concreto Projetado	Escoramento Metálicos
<b>I - Muito Boa</b> RMR:81-100	Seção Total Avanços de 3m	Geralmente não requer suporte, exceto pregagens ocasionais.		
<b>II - Boa</b> RMR: 61-80	Seção Total Avanços de 1-1,5m Suporte Completo a 20m da Frente	Localmente, pregagens no teto com 3m de comprimento, espaçadas de 2,5m, ocasionalmente com rede metálica.	50mm no teto quando necessário	Nenhum
<b>III- Regular</b> RMR: 41-60	Secção Parcial (topo e rebaixo) Avanços 1,5-3m Início do Suporte após cada pega de fogo.  Suporte Completo a 10m da frente	Pregagens sistemáticas com 4m de comprimento, espaçadas de 1-5-2m no teto e paredes, com rede metálica no teto.	50-100mm no teto e 30 mm nas paredes	Nenhum
<b>IV- Fraca</b> RMR:21-40	Secção Parcial (topo e rebaixo) Avanços 1-1,5m Instalação do suporte concomitantemente com a escavação até 10m da frente	Pregagens sistemáticas com 4-5m de comprimento, espaçadas de 1- 1,5m no teto e paredes, com rede metálica no teto.	100-150mm no teo e 100mm nas paredes	Escoramentos Leves a Médios, espaçados de 1,5m quando necessário.
<b>V - Muito Fraca</b> RMR:< 20	Seções Múltiplas Avançados 0,5-1,5m Instalação do suporte concomitantemente com a escavação Concreto Projetado logo após as pegas de fogo	Pregagens sistemáticas com 5-6m de comprimento, espaçadas de 1- 1,5m no teto e paredes, com rede metálica no teto e nas paredes. Pregagens na soleira.	150-200mm no teto, 150mm nas paredes e 50mm na frente de serviços (espelho).	Escoramento Médios a Pesados, espaçados de 0,75m com chapas e enfilagens se necessário. Invert Fechado.

**Figura 3.2.c- Classes de Suporte de Maciços Rochosos Bieniawski (1989)**

Quando a auto-sustentação do maciço for insuficiente, o suporte deve ser complementado com tratamento prévio de maciço. Entre os materiais e elementos utilizados para o tratamento prévio do maciço, isoladamente ou em conjunto, são em geral previstos no projeto: Enfilagens; Pregagens de frente; eventual rebaixamento do nível d'água; Drenos DHP e Barbacãs, e controles construtivos por meio de instrumentação e ensaios tecnológicos.

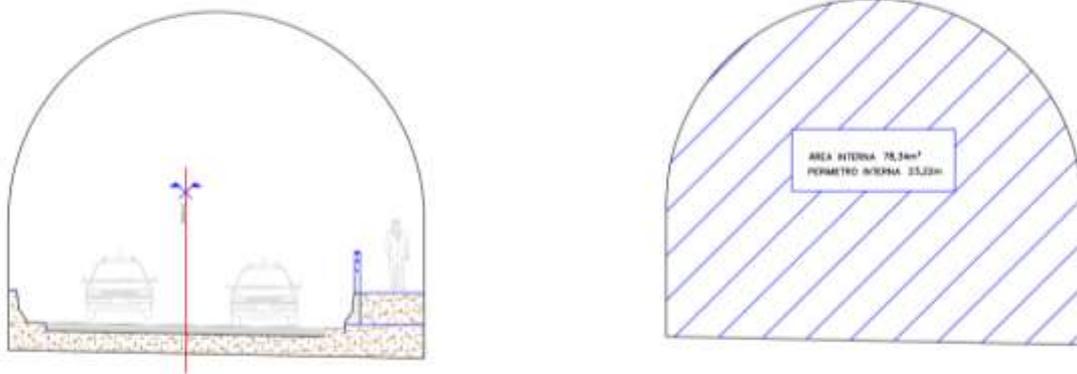
Foram considerados basicamente seis tipos de seções construtivas, com base em normas técnicas vigentes, Manual da ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, e parâmetros geomecânicos do maciço rochoso obtidos com base no Rock Mass Rating (RMR), sistema de classificação de maciços rochoso desenvolvido por Bieniawski (1989).

### 5.3. Seções Típicas

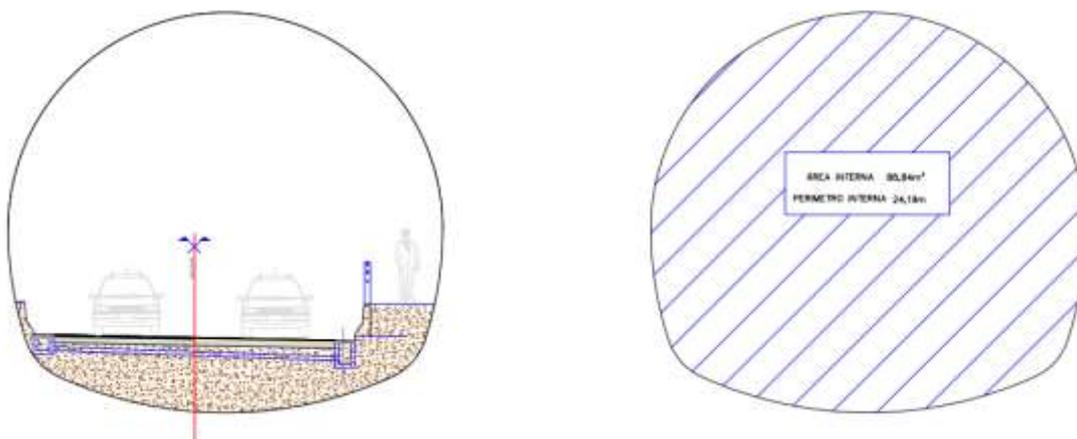
Para a determinação do sistema de contenções foram utilizadas as tabelas e gráficos acima e verificadas na memória de cálculo em anexo.

O trecho onde será aplicada cada tipo de seção será compatível com a classificação do maciço rochoso identificado no levantamento de compartimentação geomecânica mostrado nos croquis apresentados no item 6.

A seguir mostramos as seções típicas com suas contenções correspondentes.



**Figura 3.3.a- SEÇÃO COM PÉ RETO - AREA UTIL 78,34 M2**



**Figura 8 - SEÇÃO COM PÉ CURVO - AREA UTIL 88,64 M2**

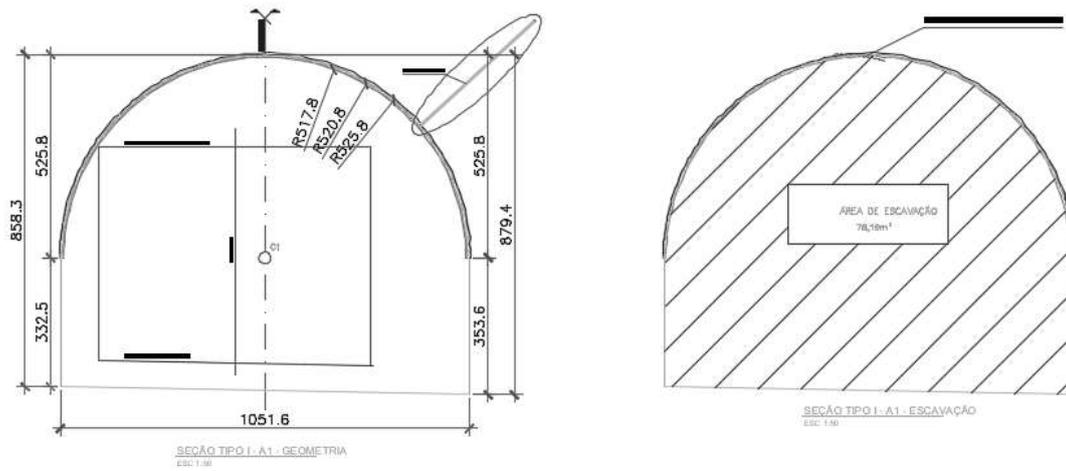


Figura 3.3.c - SEÇÃO TIPO A1

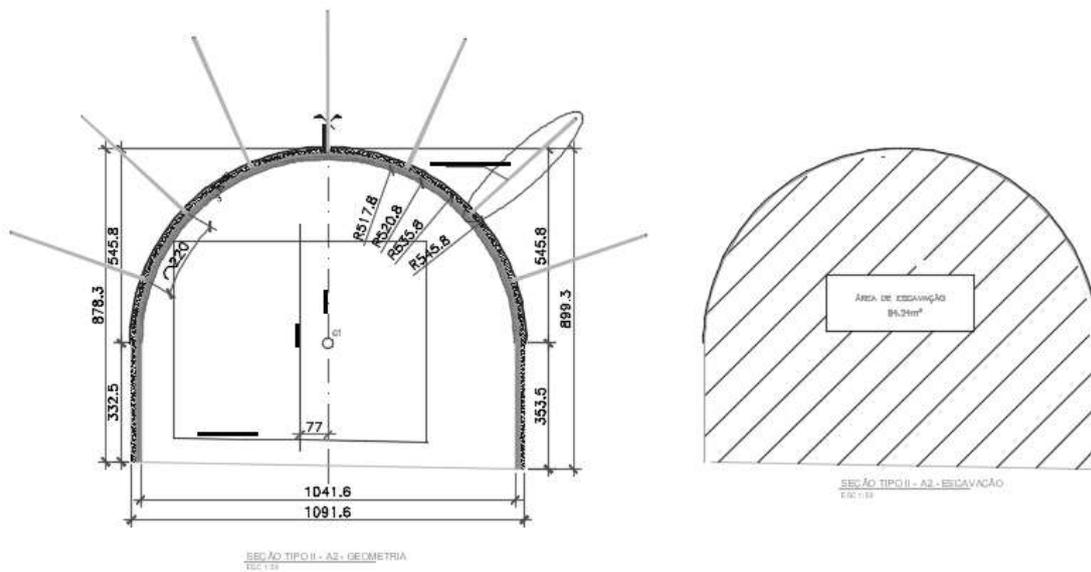


Figura 9- SEÇÃO TIPO A2

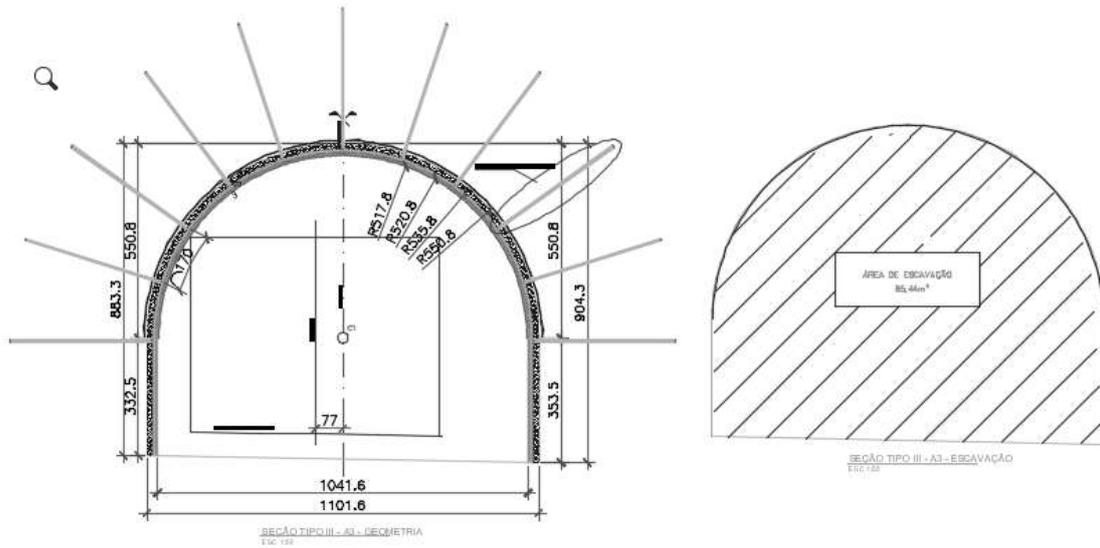


Figura 10- SEÇÃO TIPO A3

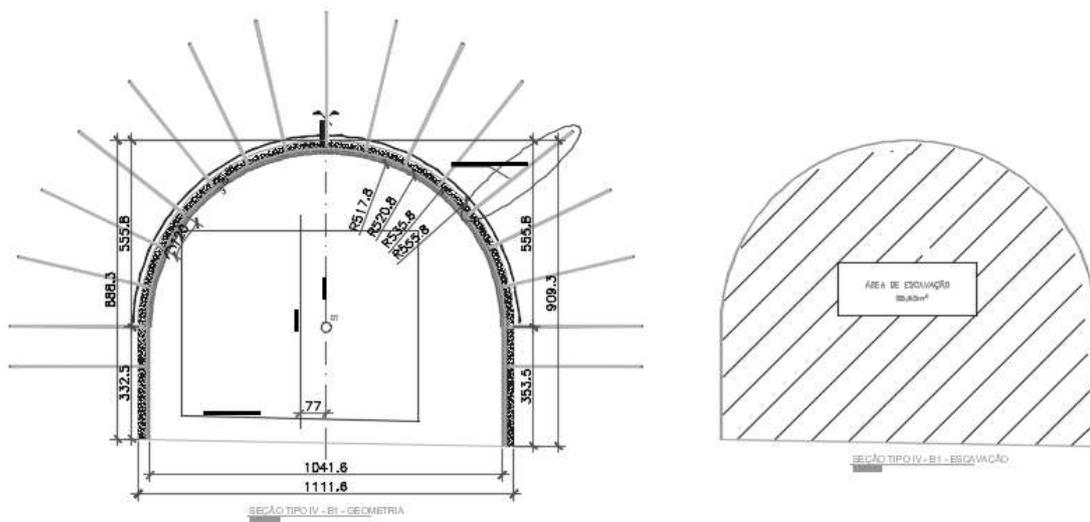


Figura 3.3.f 11- SEÇÃO TIPO A4 / B1

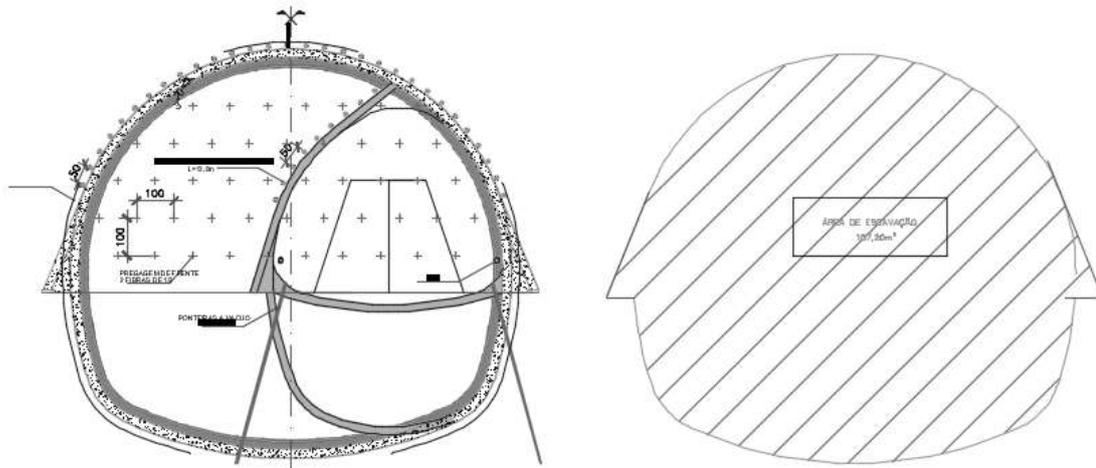


Figura 3.3.g- SEÇÃO TIPO V – B2 e C

## 6. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMECÂNICA

## 6. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMECÂNICA

A compartimentação geomecânica foi realizada com base nas informações de levantamento topográfico, sondagens e levantamentos geofísicos apresentados, além de conhecimento técnico de escavações subterrâneas já acompanhadas em maciços rochosos similares.

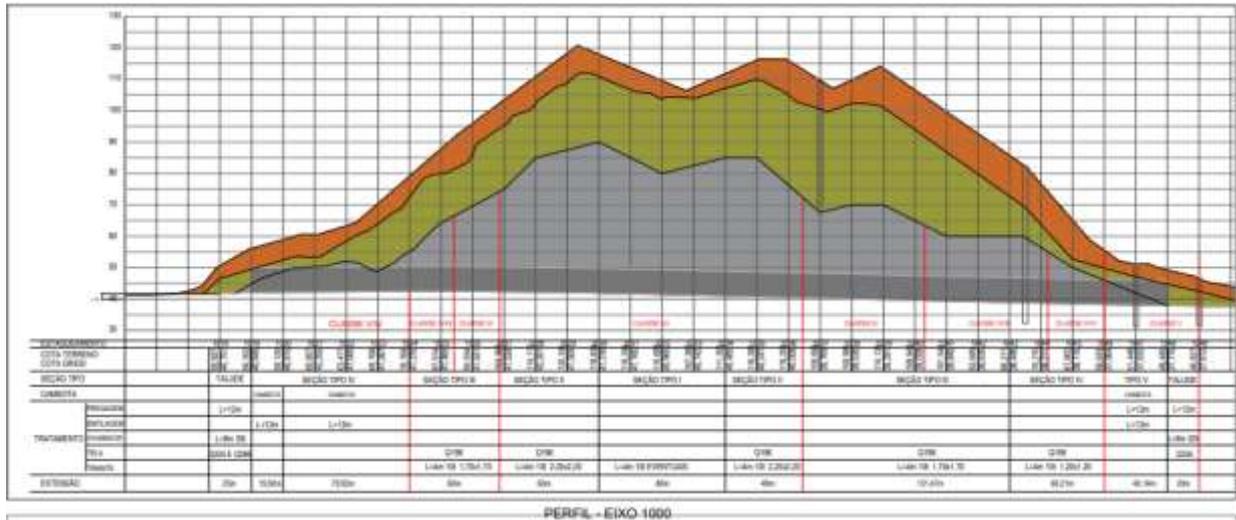


Figura 4.1.a- Compartimentação EIXO 1000

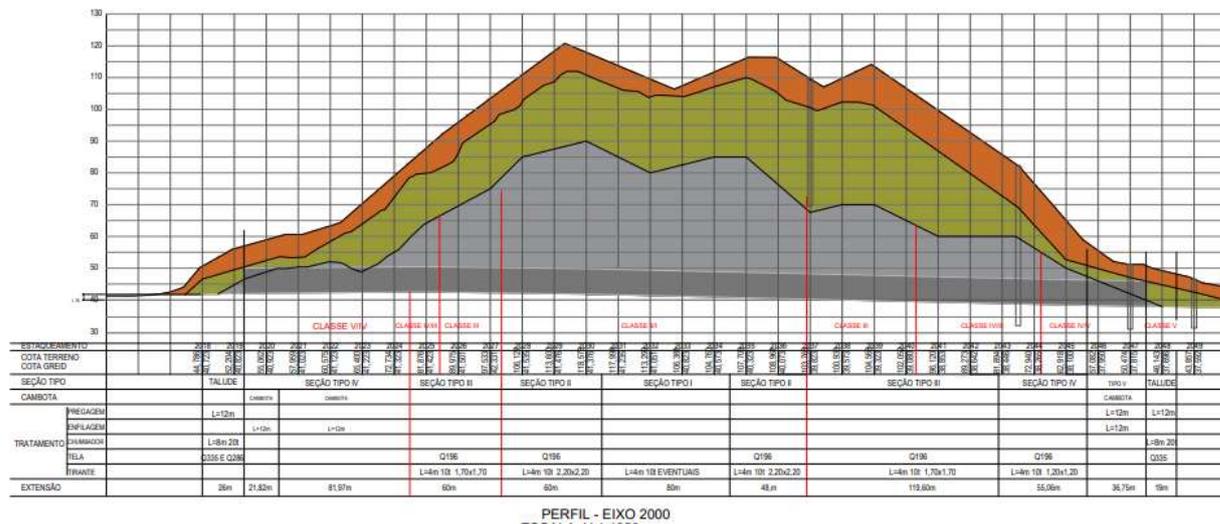


Figura 4.1.b- Compartimentação EIXO 2000

## 7. ESCAVAÇÃO DO TÚNEL

## 7. ESCAVAÇÃO DO TÚNEL

Para a escavação dos túneis, foi previsto a execução de uma área única de escavação, contendo os 2 emboques (eixo 1000 e eixo 2000). Após a execução dos cortes de emboque Norte e Sul, será iniciado os tratamentos e contenções no emboque dos túneis, e a seguir se iniciando as escavações subterrâneas conforme o cronograma a seguir.

Os túneis serão escavados em forma parcializada com a escavação inicial da calota superior e a seguir o rebaixo, as escavações serão a fogo obedecendo as normas vigente para este tipo de escavação, assim como as limitações contidas nos projetos quanto a carga máxima por espera e controle da partícula. Especial atenção de ser dada ao fogo cuidadoso “SMOOTH BLASTING” a ser realizado no contorno das escavações.

A Figura 3.1 apresenta um cronograma orientativo para a execução dos túneis que servirá de base para um planejamento detalhado.

**CRONOGRAMA PARA ESCAVAÇÃO DOS TÚNEIS E CORTE EMBOQUE SUL E NORTE**

**TUNEL LUIS BOM**



Figura 3.1 – Cronograma para Escavação dos túneis

## 8. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

## 8. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

### 8.1. Tipo do Sistema de Ventilação

Para o Projeto do Sistema de Ventilação do túnel Morro Luiz Bom, foi definido o Sistema como sendo do “Tipo Longitudinal”, com a instalação de jatos ventiladores reversíveis de ar bidirecional.

### 8.2. Características dos Jatos Ventiladores

Características Técnicas	Jato-Ventilador
Sentido do fluxo de ar	Bidirecional ↔
Perfil das pás do rotor dos jatos-ventiladores	Simétrica
Quantidade de Jatos-ventiladores para cada túnel	4
Diâmetro do Rotor [cm]	1400
Diâmetro Externo [ cm ]	1600
Empuxo Nominal [N]	1806
Potência do motor [kW]	53
Fluxo Volumétrico [m <sup>3</sup> / s]	47,7
Velocidade média do fluxo [m/s]	33
Densidade do ar: $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,2
Nível de Potência Sonora [dBA] (à 1 m & 45° campo aberto)	71*
Resistência Térmica jato-ventilador	250°C - 120 [min]
Resistência térmica da fiação de alimentação do jato-ventilador	300°C - 120 [min]

### 8.3. Dados dos Túneis

<b>DADOS DOS TÚNEIS</b>	
<b>Comprimento Total</b>	<b>Eixo 1000 =580 m Eixo 2000 =565 m</b>
<b>Largura total do túnel</b>	<b>10,816 m</b>
<b>Largura da pista</b>	<b>7,00 m</b>
<b>Nº de faixas</b>	<b>2 x 3,5m</b>
<b>Sentido de tráfego</b>	<b>Unidirecional</b>
<b>Área da secção transversal</b>	<b>89 m<sup>2</sup></b>
<b>Diâmetro hidráulico</b>	<b>14,69 m</b>
<b>Gradiente túnel:</b>	<b>2 %</b>
<b>Altitude Média</b>	<b>210 m.s.n.m</b>
<b>VDM (previsão ano 2034)</b>	<b>22.000 veic/dia</b>
<b>Percentagem de veículos leves (Automóveis)</b>	<b>95,1 %</b>
<b>Percentagem de veículos pesados (Caminhões e Ônibus)</b>	<b>4,9 %</b>
<b>Veloc. Max. Permitida nos túneis</b>	<b>60 – 80 km/h</b>
<b>Velocidade Excepcional para cálculo do Sistema de Iluminação</b>	<b>100 km/h</b>

### 8.4. Ventiladores: Potência Instalada

<b>Túnel</b>	<b>Quantidade de jatos ventiladores</b>	<b>Potência Total Instalada (kW)</b>
Túnel Eixo 1000	04	200
Túnel Eixo 2000	04	200
Total	08	400

## 8.5. Comando e Controle do Sistema de Ventilação

A filosofia de Comando e Controle do Sistema de Ventilação apresentada foi desenvolvida de acordo com as condições de operação do Tráfego para o Túnel Luiz Bom.

- Operação Normal
- Fluxo de veículos leves (95,1%) e pesados 4,9 %.
- Operação de Emergência
- Controle de fluxo dos veículos leves e pesados

## 8.6. Equipamentos do Sistema

O Sistema de Ventilação será operado automaticamente através dos dados emitidos pelos sistemas de comando e controle a serem instalados nos túneis.

Os principais aparelhos de medição e controle são:

CO, VIS, NOx, Anemômetros, detetores de temperatura e outros a serem definidos pela Operadora do Sistema viário.

Em casos de manutenção do Sistema de Ventilação, a operação dos jatos ventiladores deverá ser manual.

## 8.7. Croquis Geral do Sistema de Ventilação

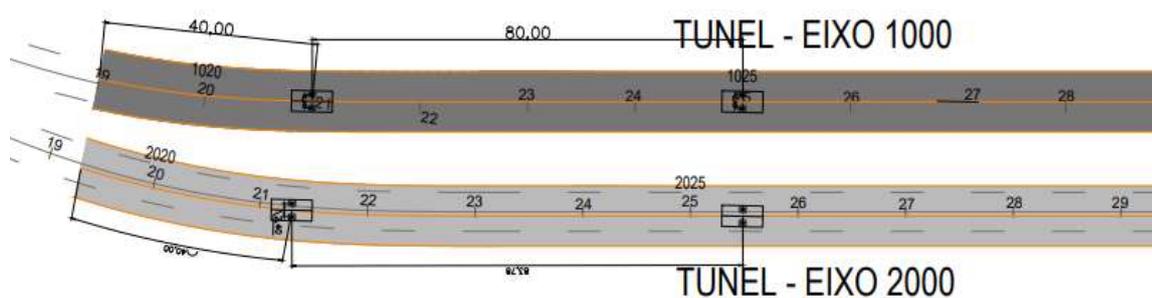


Figura 5.7- Croquis de Localização dos Ventiladores.

## 8.8. Características construtivas do jato ventilador

As características construtivas dos componentes estão resumidas abaixo.

- Rotor: Axial com lâminas acopladas a um bloco central a fim de permitir o ajuste do

ângulo de encaixe quando o ventilador estiver parado. O bloco central deve ser equipado com um inserto de aço ou ferro fundido com o eixo com uma chaveta que permite o acoplamento direto ao eixo de condução.

- **Carcaça:** A estrutura deverá ser em aço zincado a fogo com flanges de reforço tanto na área da sucção como de exaustão, construídos de acordo com a norma ISO 6580. A carcaça deve ser construída de modo a evitar ser afetado pelas suas próprias frequências de funcionamento e ser configurado para permitir a instalação do sensor de vibração a fim de monitorar a vibração no mesmo.
- **Motor:** Deverá ser em corrente alternada, indução assíncrono, trifásico com rotor de gaiola e refrigeração de acordo com a norma IEC 34-6. O motor deve ser compatível com as normas IEC 34-1 e 34-5, adequado para start-up direto e operação contínua. A tensão de alimentação disponível é de 380 Vca. A classe de proteção do motor deverá ser IP-55, conexões dos cabos IP-65Os rolamentos devem ser dimensionados de acordo com ISO 281-L10 para uma vida útil de 40.000 h.

## 9. REFERÊNCIAS

## 9. REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003) – NBR6118: “Projeto de Estruturas de Concreto”.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001) – NBR6484: “Solos – Sondagens de simples reconhecimento com SPT.
- NBR 9653 – Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivo nas minerações em áreas urbanas.
- NBR 19 – Segurança do trabalho nas atividades com explosivos.
- NBR 22 NR22 – Segurança e saúde ocupacional na mineração (122.000-4)
- BIENIAWSKI, Z. T. (1989). Engineering rock mass classification.
- BARTON, N. R.; LOSET, F.; LIEN, R. & LUNDE, J. (1980). Application of Q system in design decisions concerning dimensions and appropriate.
- NBR 9653 – ABNT: Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas.
- NR 19 - Segurança do Trabalho nas Atividades com Explosivos.
- NR 22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração.
- Relatório de Levantamento Geofísico através de Eletrorresistividade – 2dGeo / 2022.
- Relatórios das Sondagens Mistas executadas na região do Túnel

## 10. ESPECIFICAÇÕES

## 10. ESPECIFICAÇÕES

### ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO – CHUMBADOR EM MACIÇO ROCHOSO

#### 1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição da implantação de chumbador em maciço rochoso em taludes dos emboques dos túneis.

#### 2 DEFINIÇÃO

Trata-se da instalação de hastes de aço em perfurações previamente executadas nas superfícies de taludes, para servirem como elementos passivos de estabilização do maciço anexo. As hastes, constituídas por aço maciço, com diâmetros entre 25 mm e 32 mm, devem ser colocadas nos furos, previamente preenchidos com resina.

#### 3 MATERIAIS

Os materiais utilizados são:

- Barra de aço - Tensão de escoamento 835 MPa – diâmetro de 32 mm;
- Barra de aço - Tensão de escoamento 550 MPa – diâmetro de 25 mm;
- Barra de aço – Tensão de escoamento 500 MPa (CA-50) – diâmetro de 25 mm;
- Resina de pega diferenciada rápida e lenta;
- Placa com dimensão de 20 cm x 20 cm, com 1/2” de espessura com domo central estampado;
- Porca hexagonal;
- Pintura anticorrosiva\*.

\* Dentre os produtos existentes no mercado podem ser utilizadas as que são a base de epóxi. Para aplicação deve-se fazer a limpeza da armadura para remover qualquer camada de oxido solta ou semisolta e após eliminar qualquer resquício de pó. Aplicar a pintura anticorrosiva com, no mínimo, duas demãos e observar a orientação do fabricante. Após a aplicação da pintura, não podem existir pontos sem perfeita cobertura pela tinta anticorrosiva.

Observação: Para a aplicação de cada material ver desenhos específicos.

#### 4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela Fiscalização. O equipamento básico para execução dos chumbadores compreende as seguintes unidades:

- a) Tricone com vídea, com 3” de diâmetro;
- b) Perfuratrizes;
- c) Resina de pega diferenciada rápida e lenta;
- d) Andaimas, de uso eventual;
- e) Plataforma de trabalho;
- f) Veículos transportadores.

#### 5 EXECUÇÃO

A locação dos chumbadores deve ser efetuada pela contratada, sob supervisão direta da

## Fiscalização.

O diâmetro da perfuração deve atender aos comprimentos e inclinações no projeto.

Se necessário, devido ao comprimento do chumbador ser maior que o comprimento da barra disponível, a barra deverá ser emendada por luva, respeitando aos critérios e especificações da NBR11919 e NBR6118.

Concluída a perfuração, deve ser efetuada a limpeza do furo.

A ancoragem do tirante se fará com resina. A carga de incorporação no tirante deverá ser de até 1 tf, ou conforme especificação do projeto, obtida por meio do aperto de porca especial, para diminuir o atrito, e com auxílio de uma chave dinamométrica devidamente aferida.

A ancoragem é conseguida pela introdução previa de cartuchos de resina de pega diferenciada introduzidos ao longo de todo comprimento do furo aberto na rocha.

Os cartuchos da extremidade distal são providos de catalisadores com pega rápida (de 2 a 10 minutos) e os demais com pega lenta (de algumas horas).

A extremidade não rosqueada da haste é bizelada para facilitar a penetração e rompimento dos cartuchos.

A haste é introduzida com um movimento rotatório para possibilitar a mistura da resina com o catalisador.

A carga de incorporação é aplicada depois de 15 minutos da colocação da haste, quando a ancoragem da extremidade já foi efetivada, e o fuste ainda permanece livre, porque não se iniciou a pega da resina em sua extensão.

Para recomendações e instruções para o concreto projetado executado na face do talude ver ES-15.10.100-C202/0014.

## 6 CONTROLE

Devem ser efetuados testes de arrancamento em 10% dos chumbadores, ou quantidade tal que permita haver representatividade do resultado.

## 7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam, simultaneamente, às exigências de materiais e de execução estabelecidas nesta especificação.

Os chumbadores devem ser executados de acordo com o posicionamento, comprimento, bitola e inclinação da haste, previstos no projeto. Quaisquer alterações somente podem ser efetuadas após prévia autorização da Fiscalização.

## 8 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os chumbadores devem ser medidos em metros lineares (m) nos diâmetros correspondentes, após aceitação e recebimento por parte da Fiscalização.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme o respectivo preço unitário contratual, no qual está incluso: o fornecimento de materiais, placas, injeção de nata, transporte, perdas, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, e outros recursos utilizados na realização do serviço. A perfuração está excluída da medição.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NBR5629 - Execução de Tirantes Ancorados no Terreno;

NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto;

NBR11919 - Verificação de emendas metálicas de barras para concreto armado - Método de ensaio.

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO – CONCRETO PROJETADO

### 1 ASPECTOS GERAIS

A execução de concreto projetado poderá ser feita com equipamentos de mistura seca com umedecimento no bico ou com equipamentos a mistura úmida.

O processo de revestimento em concreto projetado poderá, conforme a necessidade, ser aplicado simplesmente sobre solo ou rocha, eventualmente com tela metálica, podendo-se ainda combinar esse processo com o de ancoragem com tirantes. O processo a ser adotado deverá estar indicado nos procedimentos de execução e ser previamente aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

A execução do revestimento em concreto projetado, bem como o material empregado, deverão obedecer a Norma NBR 14026 : 1997 da ABNT. Eventuais alterações nesta ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA, somente serão autorizadas pela FISCALIZAÇÃO.

### 2 MATERIAIS

O concreto projetado será composto de cimento Portland comum ou de pega rápida, água, areia e brita. Poderão ser usados aditivos, desde que aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

- Cimento

O cimento Portland comum ou de pega rápida deverá satisfazer as exigências das Especificações EB - 1 e EB - 2 da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A mistura de cimentos de diferentes marcas ou qualidade só se fará com a autorização da FISCALIZAÇÃO. O cimento deve ser armazenado imediatamente após o recebimento na obra, em depósitos secos, a prova d'água e adequadamente ventilados. Os locais de armazenamento estão sujeitos a aprovação da FISCALIZAÇÃO, devendo permitir acesso para inspeção e identificação do cimento. Os silos e/ou pilhas de sacos de cimento serão marcados com datas de entrada na obra. As pilhas de sacos não poderão ter mais de 7 sacos para armazenamento por período acima de 30 dias, e não mais de 14 sacos para armazenamento por período menor do que 30 dias.

Deverá ser usado sempre o cimento mais velho, impedindo-se a utilização do cimento que esteja armazenado por tempo superior a três meses. Da mesma forma não poderá ser utilizado cimento que contenha torrões (empedrado).

- Areia e Brita

Como agregado miúdo será utilizada areia de rio ou de depósitos aluvionares. Deverá ter umidade uniforme, nunca superior a 6%. A granulometria deverá estar em concordância com a EB-4 da ABNT, devendo a areia ser constituída de partículas duras, resistentes, isentas de materiais estranhos e de forma aproximadamente cúbica ou esférica. O agregado miúdo deverá ser armazenado e conservado de maneira a evitar a segregação e a introdução de materiais estranhos.

O agregado graúdo utilizado poderá ser proveniente de britagem de rochas, devendo ser constituído de pedras duras, resistentes, isentas de partículas delgadas, planas ou alongadas. O agregado graúdo deverá ser armazenado de maneira a evitar a segregação ou o fraturamento de grãos, assim como a inclusão de materiais estranhos. O diâmetro do agregado miúdo + graúdo poderá variar entre os seguintes limites:

DIÂMETROS %

0	-	1/8"	(0 - 3 mm)	40 - 70
1/8"	-	13/32"	(3 - 10 mm)	30 - 50
13/32"	-	25/32"	(10 - 20 mm)	10 - 20

A relação cimento/agregado deverá estar entre 1:3,5 e 1:4,5.

- **Aditivos**

A FISCALIZAÇÃO poderá aprovar a utilização de pozolanas naturais para tornar a mistura mais plástica, reduzindo a reflexão do concreto projetado. A quantidade de pozolana não poderá ser superior a 3% do peso do cimento. Aditivos de aceleração de pega, com exceção do cloreto de cálcio, poderão ser utilizados desde que aprovados ou indicados pela FISCALIZAÇÃO não sendo aprovados aditivos que corram as armaduras.

- **Água**

A água a ser utilizada deverá ser limpa e fresca, não podendo conter óleo, siltes, ácidos e matérias orgânicas em quantidades prejudiciais. A água potável não clorada é considerada de boa qualidade para emprego em concreto projetado. Em casos de dúvida, a FISCALIZAÇÃO só autorizará o uso de água que apresente resultados satisfatórios em ensaios realizados em laboratórios idôneos. O fator água/cimento deverá estar entre 0,35 e 0,50 (relação ponderal).

- **Medida dos Materiais e Dosagem**

O cimento, agregado e eventuais aditivos deverão ser medidos em peso seco. As proporções 1:3,5 e 1:4,5, em geral atendem as finalidades do concreto projetado. As proporções do concreto após a colocação serão mais ricas em cimento devido a reflexão de partículas de agregados. A dosagem poderá ser modificada, a critério da FISCALIZAÇÃO, após executados testes no laboratório.

- **Mistura**

O teor de umidade dos agregados deverá ter um controle contínuo para reduzir o pó e impedir o entupimento da mangueira. Os agregados já contêm parte substancial da quantidade total de água da mistura final, portanto a mistura seca será aplicada no prazo máximo de duas horas. Na projeção por via úmida a mistura poderá ser feita antecipadamente, porém em prazo não superior a 80% da vida útil da mistura, definida nos estudos prévios. As misturas deverão ser adequadamente protegidas durante o transporte, de modo a não afetar as características obtidas nos estudos prévios.

- **Equipamentos**

**Via Seca**

O equipamento deve transportar a mistura seca (cimento, agregados e aditivos ao longo do mangote até o bico de projeção, de maneira contínua e uniforme, de modo a possibilitar projeções ininterruptas. A máquina de projeção deverá ser provida de manômetros para o controle da pressão de ar que desloca a mistura seca e da pressão da água no bico de projeção, conforme os seguintes valores:

Pressão de ar - 6 kgf/cm<sup>2</sup>

Pressão de água - 4 kgf/cm<sup>2</sup>

**Via Úmida**

A máquina de projeção deve ter dimensões e produção adequadas para a aplicação conforme exigências do Cronograma. O equipamento deve transportar a mistura seca (cimento, agregados, água com aditivos) ao longo do mangote até o bico de projeção, de maneira contínua e uniforme, de modo a possibilitar projeções ininterruptas. O bico de projeção deve permitir injeção adicional de ar comprimido. As pressões de ar e de água devem atender aos limites especificados pelos fabricantes do equipamento utilizado.

### **3 PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES**

As superfícies contra as quais o concreto será projetado deverão ser previamente preparadas, sendo limpas com espingardas a ar comprimido e/ou águas para a retirada de poeiras e incrustações na superfície de que possam impedir a aderência do concreto na superfície.

Antes da aplicação do concreto projetado, o CONSTRUTOR deverá instalar pinos de referência

nas superfícies a serem tratadas, para indicação e controle das espessuras de revestimento. No instante da aplicação do concreto, as superfícies a serem tratadas deverão se apresentar na condição de úmidas, superficialmente secas.

#### **4 APLICAÇÃO**

Os trabalhos em concreto projetado deverão ser realizados apenas por operadores habilitados, autorizados pela FISCALIZAÇÃO.

O jato de concreto deverá sair tão perpendicular quanto possível à superfície de tratamento, exceto quando deva ser direcionado com certa inclinação para preenchimento completo em regiões situadas atrás de armaduras.

O concreto que apresentar sinais de umedecimento excessivo, de escorregamento ou de deslocamento, será removido e substituído.

O CONSTRUTOR deverá tomar todas as providências para que não ocorram danos às superfícies de concreto projetado já aplicado ou à deposição de material refletido sobre as mesmas.

Todo o material refletido e qualquer concreto refugado deverão ser removidos imediatamente para regiões de bota-foras indicados pela FISCALIZAÇÃO.

Não será dado nenhum acabamento às superfícies de concreto projetado, a menos que seja determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Tão logo o concreto projetado tenha endurecido suficientemente, deverá ser curado, de modo contínuo, por sete dias, de acordo com os procedimentos estabelecidos nestas Especificações.

Qualquer concreto projetado defeituoso deverá ser reparado ou substituído por outro de qualidade aceitável.

#### **5 MEDIDAS DE SEGURANÇA**

Certos constituintes químicos utilizados na formulação dos aditivos empregados em concreto projetado são moderadamente tóxicos e podem causar irritações na pele e/ou distúrbios respiratórios.

Portanto, caso sejam empregados aditivos que contenham tais elementos, o operador e seus ajudantes deverão usar capacetes apropriados, providos de máscaras de filtro de ar, além de luvas e roupas adequadas para a proteção da pele.

#### **6 CONTROLE**

Antes do início do serviço de revestimento, deverá ser feito o controle de qualidade do concreto a ser projetado. Este controle será feito pela EMPREITEIRA, de acordo com a presente ESPECIFICAÇÃO e com as instruções da FISCALIZAÇÃO. Após a aprovação dos resultados, a EMPREITEIRA deverá prestar auxílio à FISCALIZAÇÃO nos ensaios de controle da qualidade do revestimento.

- **Ensaios**

Ensaios preliminares e de qualificação serão feitos pela EMPREITEIRA, sob supervisão da FISCALIZAÇÃO, antes do início dos trabalhos.

Iniciados os trabalhos, será realizada pela FISCALIZAÇÃO nova série de ensaios para cada operador, a cada 100 m<sup>2</sup> de revestimento executado na fase inicial, para depois aumentar este valor para um ensaio a cada 300m<sup>2</sup>, quando os resultados dos ensaios confirmarem a qualidade constante do concreto projetado.

- **Coleta de corpos de prova**

Para coleta dos corpos de prova será colocada uma tábua inclinada em local onde será aplicado o revestimento. Serão projetadas 3 (três) camadas sobre a tábua durante a execução do revestimento, até atingir-se a espessura de 10 cm. Desse material serão cortados 12 (doze) cubos de 10 x 10 x 10 cm para ensaio de compressão e 3 (três) prismas de 25 x 25 x 10 cm para

ensaios de permeabilidade. Serão também retiradas amostras com bloco moldado em malha e com corpos de prova cilíndricos, obtidas com perfuração rotativa sobre o revestimento efetivamente aplicado. O método de coleta de corpos de prova ficará a critério da FISCALIZAÇÃO.

A EMPREITEIRA deverá prestar à FISCALIZAÇÃO toda a assistência necessária para a execução dos ensaios de controle de qualidade do revestimento.

- **Ensaio de Permeabilidade**

Uma das amostras retiradas deverá ser ensaiada aos 7 dias. O prisma será colocado sobre um anel de borracha macia com diâmetro de 17 e 23 cm, com a face externa para cima. O prisma será prensado contra uma mesa de aço por meio de parafusos. Água, sob pressão constante de 8 kg/cm<sup>2</sup>, deverá ser injetada no espaço entre o concreto e a mesa durante 24 (vinte e quatro) horas. Após este período o prisma será cortado em duas metades, medindo-se a penetração de água. O prisma será considerado impermeável se a penetração não atingir a face superior do mesmo.

Se o primeiro ensaio não der resultados satisfatórios, será feito outro aos 28 dias. Nesse caso a penetração não deverá exceder 8 cm. O terceiro prisma será mantido como reserva.

- **Ensaio de Compressão**

Serão rompidos 3 (três) cubos aos 7 dias e 3 (três) aos 28 dias, mantendo-se os 3 (três) demais, perfeitamente identificados, em reserva. Os ensaios serão realizados de acordo com as normas da ABNT.

- **Resistencia**

A resistência característica do concreto projetado será:

5 MPa na idade de 12 horas;

12 MPa na idade de 36 horas;

18 MPa na idade de 7 dias.

25 MPa na idade de 28 dias

## **7 MEDIÇÃO E PAGAMENTO**

### **Medição**

Será feita a medição mensal do volume total de concreto projetado efetivamente aplicado e aceito pela FISCALIZAÇÃO. Os volumes referidos neste item serão medidos em metro cúbico inteiro mais próximo de concreto projetado lançado, independentemente de sua localização, forma ou dimensão. Para tanto a FISCALIZAÇÃO realizará levantamentos topográficos das áreas onde for lançado o concreto projetado e multiplicará esses valores pelas espessuras definidas nos Desenhos de Projeto, ou definidas durante os trabalhos. Antes da execução dos levantamentos topográficos a FISCALIZAÇÃO notificará ao CONSTRUTOR para que acompanhe a realização destes levantamentos. Caso não venha a acompanhar a realização destes levantamentos estará, tacitamente, concordando com os resultados obtidos.

Não serão medidas áreas além dos limites definidos pela FISCALIZAÇÃO.

### **Pagamento**

Os serviços de instalação de aplicação de concreto projetado, tal como indicados nas Especificações Técnicas serão remunerados pelos Preços Unitários do Concreto Projetado, da Planilha de Serviços e Preços, com base em medições mensais, que deverão incluir a compensação integral pelos equipamentos necessários à execução dos serviços, fornecimento de materiais, cimento, aditivos, instalação de barbacãs necessários e tudo aquilo que for necessário para a execução dos serviços de acordo com as Especificações Técnicas, independentemente dos locais onde venham a ser instalados.

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO - MATERIAIS E SERVIÇOS PARA ENFILAGEM EM TÚNEIS

### 1 GENERALIDADES

Enfilagens são dispositivos auxiliares utilizados nas escavações “stand-up-time” da abóbada dos túneis para travessia de regiões onde o maciço não apresenta tempo de autossustentação suficiente para a realização dos serviços de escavação e estabilização da cavidade.

As enfilagens são geralmente constituídas por elementos, com dimensão predominantemente linear, introduzidos no maciço com o objetivo de formar uma superfície de proteção. Esta superfície é formada por um conjunto de elementos convenientemente espaçados e dispostos de forma a pré-envolver o gabarito da escavação.

As enfilagens podem ser injetadas ou não, dependendo do tipo e condições do maciço a ser estabilizado e da extensão do trecho com necessidade destes dispositivos auxiliares.

As enfilagens, por serem elementos introduzidos no maciço antes de sua escavação, deverão ter suas utilizações previstas no projeto, em função dos perfis geológicos longitudinal e transversais que serviram de base para a sua elaboração.

Por se tratar de uma previsão feita no projeto, a real necessidade de utilização destes dispositivos será verificada durante a execução do túnel. A decisão do uso de enfilagens será feita pela Fiscalização, durante o acompanhamento da obra, ouvido o parecer do projeto.

Trechos onde não foram previstas enfilagens no projeto também poderão necessitar destes dispositivos, devendo sua utilização passar pelo processo de avaliação descrito.

### 2 TIPOS DE ENFILAGEM

Nos locais com real necessidade de utilização de enfilagem, a Fiscalização, ouvido o parecer o projeto decidirá o tipo e quantidade mais adequado ao local, em função do acompanhamento do túnel, disponibilidade de materiais e equipamentos.

Os tipos de enfilagens normalmente utilizados são os seguintes:

- Enfilagens tubulares injetadas.
- Enfilagens de vergalhões, perfis ou chapas de aço, cravadas manual e mecanicamente.

### 3 ENFILAGENS TUBULARES INJETADAS

As enfilagens tubulares injetadas são constituídas por tubos de aço ou PVC ou ainda por tubos mistos, parte em PVC e parte em aço.

Os tubos deverão ser de diâmetro e comprimento estabelecidos no projeto e serem providos de válvulas convenientemente espaçadas. Geralmente este espaçamento varia entre 0,50 e 1,00 m.

As válvulas utilizadas deverão permitir reinjeções de calda, ou seja, deverão ser do tipo "manchete" ou equivalente.

Um lance, ou um leque, de enfilagem será constituído por um conjunto de furos sub-horizontais executados no contorno da escavação a ser protegida e realizados preferencialmente a seco, com

hastes tipo trado espiral ou com perfuratriz rotopecurssiva.

Deve-se, sempre que possível, evitar a utilização de sonda rotativa com circulação contínua de água, para evitar-se a saturação e o amolecimento do maciço.

Para as furações, observar os critérios estabelecidos na Especificação de Drenagem Interna dos Túneis na parte referente a drenos sub-horizontais profundos (DHPs).

A região do túnel a ser protegida, geralmente a abóbada ou parte dela, deverá ser a prevista no projeto, ou aquela definida durante o acompanhamento da obra, conforme definido no Item Generalidades desta Especificação. normalmente são cobertas superfícies correspondentes a ângulos centrais da curvatura da abóbada que variam entre 90° e 120°, podem, contudo, serem definidas superfícies menores ou maiores conforme a necessidade.

O espaçamento entre furos será definido no projeto, em função do tipo do maciço. Geralmente são utilizados espaçamentos entre 0,30 m e 0,40 m, de eixo a eixo de furação e ligeiramente divergentes em relação à linha de contorno da escavação do túnel, de modo a garantir que os mesmos não interferirão no gabarito de escavação, sem, contudo, afastar-se em demasia.

Os comprimentos usuais dos lances de enfilagem variam de 6,00 m a 20,00 m e, trechos maiores de maciço deverão ser enfilados mediante a utilização de lances sucessivos de enfilagens.

Quando um lance de enfilagem for executado a partir do emboque, os comprimentos dos tubos deverão ser variáveis, em função do talude de corte, com a finalidade de deixar as extremidades dos tubos situadas num mesmo plano vertical transversal ao túnel.

Os lances sucessivos devem ser executados mantendo-se uma superposição de 2,00 m a 3,00 m, ou conforme definido no projeto, sendo desta forma conveniente utilizar, sempre que possível, enfilagens mais longas que resultam em menor perda percentual.

Os lances sucessivos podem ser obtidos através da formação de câmaras cônicas ou utilização de tubos mistos de PVC e aço.

A câmara cônica por implicar em aumento de seção escavada e o conseqüente aumento das quantidades de serviço, bem como a perda da continuidade da superfície escavada, deverá ser expressamente definida no projeto ou adotada pela Fiscalização, durante o acompanhamento da obra, em caso de sua absoluta necessidade.

A câmara cônica é obtida aumentando-se progressivamente a seção escavada, geralmente acompanhando a divergência dos tubos da enfilagem anterior em relação à seção do túnel, numa extensão suficiente para garantir a mínima sobre-escavação possível onde caiba a ferramenta de perfuração e permita a colocação dos tubos além da linha de escavação do túnel.

Outra forma de obter-se a sucessão de lances de enfilagens é com a utilização de tubos mistos de PVC e aço, onde a parte inicial, em PVC, deverá ser cortada durante o avanço do túnel, numa extensão que permita à parte remanescente, em aço, situar-se além da linha de escavação. Este processo necessitará de um comprimento maior de furação que será correspondente ao trecho em PVC, devendo-se manter os comprimentos de superposição em aço.

Dependendo do projeto as enfilagens poderão ser totalmente em PVC, sendo que neste caso as enfilagens sucessivas deverão ser executadas também sem câmara cônica salvo em casos especiais conforme mencionado nesta Especificação.

### 3.1 Injeções

Após a instalação dos tubos os mesmos devem ser injetados com calda de cimento, calda de cimento e bentonita ou outro tipo de material especificado no projeto.

Para a injeção deve-se observar os seguintes procedimentos mínimos:

A bainha, que é o preenchimento do espaço anelar entre o furo e o tubo deve ser executada tão logo o tubo esteja instalado. A importância desta rapidez reside no fato de evitar o desmoronamento do furo que pode prejudicar a execução da bainha e as próprias injeções aumentando riscos de vazamentos etc.

A execução da bainha deve ser através da válvula mais profunda, injetando-se a calda à baixa pressão, até que a mesma ressurgir na boca do furo, garantindo o completo enchimento do espaço anelar. Em seguida, a boca do furo deverá ser calafetada.

A seqüência de execução da bainha, deverá acompanhar a seqüência de furação estabelecida no projeto, a qual deverá ser orientada no sentido de evitar a intercomunicação entre os furos.

Para facilitar as injeções posteriores costuma-se utilizar na bainha, caldas menos resistentes que as da injeção propriamente dita, porém, com resistência superior à do maciço.

Depois da bainha executada e esperado o tempo mínimo de cura deve-se iniciar a injeção propriamente dita, que consiste na injeção da calda em cada válvula, de acordo com as especificações do projeto.

As injeções podem ser de dois tipos por "clacagem" ou por impregnação do maciço.

Na "clacagem" provoca-se uma ruptura explosiva e localizada no maciço com o preenchimento imediato das fraturas com a calda injetada, obtendo-se também um efeito de adensamento do maciço na região injetada.

A injeção por "clacagem" caracteriza-se pela injeção de pequenos volumes à alta velocidade (alta pressão) e várias fases de injeção, geralmente 3 a 4 fases por válvula.

A pressão de injeção, ou melhor a pressão de reação do maciço, medirá a resistência do maciço e como esta pressão está ligada à velocidade de injeção esta última deverá ser controlada e executada preferencialmente com bombas de fluxo contínuo e que permitam variar a velocidade

de injeção.

Na injeção por impregnação provoca-se um preenchimento dos vazios do maciço e um adensamento localizado na região da injeção.

A injeção por impregnação caracteriza-se por volumes mais altos por fase que na clacagem, baixa velocidade e menor número de fases de injeção, geralmente 1 a 2 por válvula.

Dependendo da natureza do serviço as injeções poderão ter uma etapa inicial por impregnação e uma segunda etapa por clacagem, devendo estes procedimentos estarem contidos no projeto.

Para realização das injeções a construtora deverá contar com todos os recursos de:

### 3.1.1 Materiais

Os materiais: aglomerante, adições, aditivos e água deverão atender às Normas Brasileiras, no que for pertinente, às Especificações do fabricante e do projeto.

### 3.1.2 Equipamentos

Os equipamentos deverão ser compatíveis com os serviços a serem realizados, estarem em perfeitas condições de uso e convenientemente dimensionados.

Os equipamentos deverão ser liberados pela Fiscalização e constarão no mínimo de:

- Tanque de mistura.
- Tanque de armazenamento.
- Bomba de injeção, preferencialmente de fluxo contínuo e que permita variação da velocidade de injeção.
- Mangueiras e mangotes com capacidade de suportar as pressões estabelecidas no projeto (será exigido capacidade > 60 kgf/m<sup>2</sup>).
- Manobra de injeção e obturadores em perfeitas condições e com capacidade de resistirem a pressões maiores que os mangotes.
- Hidrômetros.
- Manômetros com escalas compatíveis com as pressões reais obtidas na obra.
- Estabilizadores de pressão.
- Conexão e engates em perfeitas condições.

### 3.1.3 Execução e Controle

A execução e o controle das injeções deverão obedecer a:

#### a) Dosagem

Dosagem experimental das caldas da bainha e de injeção para atingir a resistência, fluidez, tempo de pega etc., estabelecidos no projeto. Os ensaios de dosagem deverão fornecer dados para fixação do tempo necessário entre uma fase e outra de injeção. Para determinação da resistência deverão ser realizados ensaios com 10 horas, 20 horas, 3 dias e 7 dias.

As caldas ensaiadas deverão ser liberadas pela Fiscalização, ouvido o parecer do projeto.

Sempre que houver alteração dos materiais deverão ser realizados novos ensaios de dosagem.

#### b) Volume de Injeção

O volume de calda a ser injetado, por válvula, em cada fase deverão ser estabelecidos no projeto em função do tipo de injeção, se por impregnação ou por clacagem.

Na impregnação utilizam-se geralmente valores de 50 l a 100 l por fase e com velocidades entre 5 l/min. e 10 l/min.

Na clacagem os volumes de injeção situam-se normalmente entre 10 l e 40 l e as velocidades entre 50 l/min. e 100 l/min. Estes valores são apenas indicativos devendo ser adequados aos projetos específicos, às condições locais do maciço e aos equipamentos utilizados.

#### c) Pressão de Injeção

As faixas de pressão deverão ser estabelecidas no projeto em função do maciço, cobertura do túnel no local e distância da válvula em relação à boca do furo.

O estabelecimento de faixas de pressão também está ligado ao tipo de injeção a ser realizada.

#### d) Controle de Injeção

O controle da injeção deverá ser executado através do volume e da pressão de reação do maciço, anotando-se a velocidade com que a injeção foi realizada. No caso de não se dispuser de bombas de fluxo contínuo e medidores de vazão da calda o volume deverá ser estimado em função de medidas efetuadas diretamente no tanque de alimentação da bomba, medindo-se o tempo de duração da injeção.

O volume, a pressão de reação e o tempo de injeção de cada válvula, em cada fase de injeção, deverão constar de boletim a ser entregue à Fiscalização. O boletim deverá permitir a fácil identificação do tubo e as datas de realização de cada fase de injeção.

No boletim, para cada fase de injeção e para cada válvula deverá constar a pressão necessária para abertura da válvula. Este valor deverá estar separado das pressões de reação do maciço.

O boletim de injeção deverá ser aprovado pela Fiscalização antes de sua utilização na obra e deverá conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Identificação do tubo ou tubos.
- Volume de injeção para cada válvula em cada fase.
- Pressão de injeção em cada válvula em cada fase.
- Tempo de injeção em cada válvula em cada fase.
- Data de cada fase.
- Pressão de abertura de cada válvula em cada fase.
- Composição da calda.
- Ocorrências anormais tais como vazamentos, obstruções, etc.
- Nome do operador.
- Outros dados julgados necessários.

Para cada tubo, com os dados extraídos do boletim deverão ser construídos gráficos da pressão de reação do maciço para as válvulas de cada tubo, em cada fase de injeção.

Em cada fase de injeção deverão ser injetados os volumes previstos no projeto dentro das faixas de pressão estabelecidas.

Quando em uma dada fase a pressão de reação do maciço situar-se entre 75% e 100% da máxima prevista para aquela válvula, suspender as fases seguintes.

Caso as válvulas sejam injetadas em todas as fases previstas, sem atingir a faixa acima, deverá ser observado o critério de paralisação constante desta Especificação.

#### e) Ensaio da Calda

O controle da calda será realizado da seguinte maneira.

Ensaio de fluidez, viscosidade e densidade, com materiais colhidos no tanque alimentador da bomba com a realização de 3 ensaios de cada modalidade pelo menos uma vez por dia, devendo-se corrigir os valores sempre que os mesmos se afastarem dos limites estabelecidos na composição da dosagem.

O controle da resistência da calda será efetuado em corpos de prova cilíndricos de 0,05 m x 0,10 m, moldados com materiais colhidos no tanque alimentador de bomba.

Deverão ser colhidos 3 corpos de prova para cada idade de ensaio pelo menos 1 vez por dia enquanto permanecerem os serviços de injeção.

Os corpos de prova deverão ser rompidos com idades de 10 horas, 20 horas, 3 dias, 7 dias e 28 dias.

A calda deverá ser corrigida sempre que os valores se afastarem dos da dosagem além do permitido pelas Especificações de projeto.

A retração e a exsudação da calda deverão ser determinadas 1 vez por dia, providenciando-se sua correção quando os valores excederem os limites determinados nos ensaios de dosagem.

O tempo máximo de utilização da calda, para cada traço utilizado será o definido nos ensaios de dosagem. A calda que tiver o tempo de utilização ultrapassado em mais de 10 minutos será recusada pela Fiscalização.

### 3.2 Critério de Paralisação

As operações de injeção, em cada válvula de cada tubo, deverão ser paralisadas quando for verificada uma das duas hipóteses:

A injeção acusar vazão nula na pressão de reação máxima do maciço estimada, independentemente da fase.

O número total de fases previsto tiver sido executado sem que tenha sido atingida a faixa estimada de pressão de reação do maciço.

A Fiscalização e o projeto de posse dos dados de campo, obtidos dos boletins de injeção farão uma análise global das injeções efetuadas, para verificação da necessidade do prosseguimento ou não dos serviços.

Após o término dos serviços os tubos deverão ser preenchidos com calda e terem suas bocas tamponadas.

### 3.3 Cuidados Executivos

Para a realização criteriosa dos serviços de injeção a construtora deverá observar, no mínimo os seguintes cuidados executivos:

Utilização de materiais dentro das Especificações Técnicas estabelecidas e observadas as recomendações dos fabricantes.

O equipamento utilizado além de apresentar perfeitas condições deverá ser convenientemente operado e estar corretamente posicionado. Assim o manômetro de leitura das pressões de reação do maciço deverá estar localizado junto à boca do tubo, a bomba apresentar o menor desnível possível em relação à boca do furo etc.

O equipamento de injeção deverá conter registros independentes para as linhas de injeção e retorno, que permitam acionamento rápido, possibilitando a interrupção imediata do fluxo sempre que for atingido o volume previsto ou surjam problemas executivos.

Engates e acoplamentos precisos e estanques que não ocasionem perda de eficiência do sistema de injeção.

Utilização de mão-de-obra especializada que possa obter o máximo de eficiência, tanto em produtividade quanto em qualidade.

### 4 ENFILAGEM DE VERGALHÃO Diam.=1” instalado em furos de 54/64mm

Este tipo de enfilagem será constituído de um conjunto de vergalhões sub-horizontais dispostos no contorno da escavação e aplica-se em maciços predominantemente rochosos com características desmoronáveis.

A execução deste tipo de enfilagem é feita mediante perfuração mecânica, com o mesmo equipamento utilizado para a perfuração da frente do túnel para o desmonte de rocha, de diâmetro 54/64mm espaçados normalmente de 30cm a 40cm.

O comprimento da enfilagem usual é de 6m a 24m dependendo do passo de avanço dos leques de enfilagem e do avanço do túnel.

Para proporcionar a aderência do maciço aos vergalhões o espaço anelar do furo deverá ser preenchido com calda de cimento, fator  $a/c=0,5$ .

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO - ESCAVAÇÃO SUBTERRÂNEA EM ROCHA

### Aspectos Gerais

As escavações subterrâneas deverão ser executadas segundo as seções de escavação definidas nos Desenhos de Projeto, observando os alinhamentos, as dimensões, as declividades e elevações. Casos, durante as escavações, sejam observadas condições geomecânicas diferentes daquelas previstas no projeto, as seções deverão ser imediatamente adaptadas.

As obras subterrâneas compreendem basicamente o túnel.

### Seções de Escavação

As geometrias definidas para as seções de escavação do túnel são aquelas definidas nos Desenhos de Projeto. Em função das classes de maciços rochosos, foram identificadas 4 seções típicas de escavação.

A seção Tipo 1 corresponde aos trechos de maciço classe I conforme definido no projeto de compartimentação ou identificado durante o processo de construção, devendo receber 5 cm de revestimento em concreto projetado. A Seção Tipo 2 corresponde aos trechos de maciço classe II conforme definido no projeto de compartimentação ou identificado durante o processo de construção e caracteriza-se pela colocação eventual de tirantes esporádicos e aplicação de 10 cm de concreto projetado. A Seção Tipo 3 corresponde aos trechos de maciço classe III conforme definido no projeto de compartimentação ou identificado durante o processo de construção e caracteriza-se pela instalação de tirantes sistemáticos, aplicação de 15cm de concreto projetado e tela metálica. A Seção Tipo 4 corresponde aos trechos de maciço classe IV conforme definido no projeto de compartimentação ou identificado durante o processo de construção e caracteriza-se pela instalação de cambotas metálicas com 30cm de concreto projetado com tela metálica sendo aplicado inicialmente nos emboques.

### Planos de Fogo

O CONSTRUTOR deverá fornecer com antecedência de 24 h os planos de fogo para apreciação e aprovação da FISCALIZAÇÃO, contendo as mesmas informações requisitadas para as escavações em rocha a céu aberto.

Os avanços como resultados do desmonte deverão obedecer aos limites estabelecidos nos procedimentos construtivos constantes nos projetos em anexo.

Para manter inalterada ao máximo a superfície da rocha remanescente, cuidados especiais deverão ser dedicados aos furos de contorno, particularmente na abóbada, utilizando obrigatoriamente a técnica do fogo cuidadoso. A carga linear dos furos de contorno deverá ser sensivelmente reduzida, assim como o espaçamento entre os furos de contorno (E) e o afastamento dos furos de alargamento mais próximos (V), conforme sugerido na Tabela 1 abaixo. Para se evitar a queda de blocos na rocha remanescente O CONSTRUTOR devesse fazer acompanhamento da velocidade da partícula com sismógrafo de engenharia com 4 canais, com no mínimo de 5 leituras por semana, limitandose a 8cm/seg. a velocidade da partícula a 10m da frente de escavação.

Antes dos inícios dos trabalhos de escavação o CONSTRUTOR, devesse ser identificado o RCD (Relação Carga x Distancia) e encaminhado a FISCALIZAÇÃO.

As espoletas a serem utilizadas para iniciação dos explosivos, deverão ser do tipo não elétrica.

**TABELA 1**

<b>DIÂMETRO DO FURO (mm)</b>	<b>CARGA LINEAR (kg/m)</b>	<b>E (m)</b>	<b>V (m)</b>
38	0,15	0,5	0,8
50	0,20	0,6	0,9
64	0,25	0,8	1,1
75	0,35	1,0	1,3

O CONSTRUTOR deverá tomar todos os cuidados necessários para que todos os furos do contorno sejam paralelos e dentro do alinhamento previsto.

Os explosivos, em função da distribuição dos furos poderão ser de tipos diferentes, recomendando-se, entretanto, os seguintes limites para os furos de contorno:

- força máxima - 40 %;
- velocidade de detonação máxima - 2.600 m/s; e
- peso específico máximo - 1,2 g/cm<sup>3</sup>.

### **Serviços Complementares**

Deverão ser executados os serviços complementares referentes ao Mapeamento Geológico-Geotécnico, Desmontes Experimentais, Serviços de Estabilização, bem como sistemas de instrumentação para a verificação das hipóteses de projeto e eficiência dos sistemas de suporte previstos.

Ao final dos serviços de escavação de qualquer obra subterrânea deverá ser procedida a limpeza final para a retirada de todo e qualquer material até deixar as paredes e os pisos completamente limpos.

Deverão ser retirados os entulhos, os dutos, as tubulações, fios e cabos de serviço, pinos ou atacadores de sustentação, instrumentação e os eventuais restos de concreto no piso, nos casos onde houver obras de revestimento ou sustentação com esse material.

### **Serviços Auxiliares**

O CONSTRUTOR deverá elaborar o projeto de todos os serviços auxiliares necessários à execução das escavações, com base em sua experiência e nas Normas de Segurança e Higiene do Trabalho vigente, devendo apresentá-lo para aprovação da FISCALIZAÇÃO. Dentre os serviços que deverão ser incluídos neste projeto, sem a eles se limitarem a ventilação, as redes de iluminação e de suprimento de energia elétrica, o suprimento de água e ar comprimido e as redes de drenagem. Na elaboração deste projeto deverá também apresentar as localizações e dimensões dos alargadores da seção de escavação necessários as manobras dos equipamentos de construção, bem como os detalhes executivos de como pretende eliminar estes alargamentos após a conclusão das escavações.

Ficará ainda obrigado a introduzir nos seus serviços auxiliares as modificações e alterações que se tornarem necessárias para o cumprimento dos prazos contratuais de execução dos serviços.

### **Normas de Segurança**

Os trabalhos de escavação em rocha com utilização de explosivos deverão ser executados respeitando as Normas de Segurança e Legislação vigente.

A FISCALIZAÇÃO poderá interromper qualquer serviço, exigir a substituição de qualquer equipamento, a retirada de qualquer material ou tomar outras providências de execução imediata quando não forem respeitadas as normas de segurança.

Toda e qualquer paralisação nas frentes de serviço por falta de segurança decorrente do não atendimento às normas não caracteriza tempo parado à disposição da FISCALIZAÇÃO, não acarretando ônus à CONTRATANTE.

O CONSTRUTOR deverá providenciar, antes do início da obra, seu registro no SFIDT na competente Região Militar.

Para as escavações dos cortes em rocha o CONSTRUTOR deverá cumprir todas as exigências da legislação em vigor para explosivos.

Com esta finalidade deverá ser rigorosamente observado o "Regulamento para o Serviço de FISCALIZAÇÃO, Depósito e Tráfego de Produtos Controlados pelo Ministério do Exército (SFIDT)", nova redação aprovada pelo Decreto nº. 55649, de 28 de janeiro de 1965, e outros regulamentos, leis e determinações definidas pela legislação vigente.

O CONSTRUTOR deverá apresentar para aprovação da FISCALIZAÇÃO detalhes dos projetos dos paíóis de explosivos, procedimentos que pretende empregar para transporte de explosivos até as áreas de escavação, esquemas e perfuração em rocha, formas de carregamento dos furos, esquemas de detonação previstos, esquemas de recolhimento de excedentes, controle e vigilância do local de fogo, e plano de remoção de "choco".

## **Medição e Pagamento**

### **Medição**

Será feita a medição mensal do volume de rocha efetivamente escavado no túnel. Os volumes referidos neste item serão medidas em metro cúbico inteiro. Para tanto a FISCALIZAÇÃO realizará levantamentos topográficos da linha inicial de escavação após a limpeza completa do terreno e notificará ao CONSTRUTOR para que acompanhe a realização deste levantamento. Caso não venha a acompanhar a realização deste levantamento estará, tacitamente, concordando com os resultados obtidos.

Não serão feitas medições separadas de escavação de rocha da calota e da bancada. O CONSTRUTOR deverá considerar que os volumes de escavação subterrânea serão pagos por preço único de escavação subterrânea em rocha.

As áreas das seções transversais serão limitadas pelas linhas iniciais de escavação e pelas linhas e taludes indicados nos Desenhos de Projeto, onde houver, ou pelo levantamento topográfico da linha de escavação.

Não serão medidos volumes localizados além dos limites definidos pela FISCALIZAÇÃO. Os volumes removidos em excesso caso seja necessário conforme definição da FISCALIZAÇÃO será repostos pelo CONSTRUTOR com materiais apropriados, sem ônus para o CONTRATANTE.

Qualquer escavação realizada além de 5 cm das linhas de pagamento será considerada em excesso e não será objeto de medição para pagamento, bem como qualquer material ou concreto para enchimento destas áreas.

Não será medida qualquer distância de Transporte para retirada do material escavado dentro do Túnel, isto de ser considerado na composição de preços unitários da escavação subterrânea.

### **Pagamento**

Os serviços de escavação, tal como indicados nas Especificações Técnicas serão remunerados pelos Preços Unitários da Escavação Subterrânea de Rocha, da Planilha de Serviços e Preços, com base em medições mensais, que deverão incluir a compensação integral pelos serviços de perfuração para carga de explosivos, fornecimento, estocagem, transporte e aplicação de explosivos e materiais acessórios necessários à escavação, execução de fogos de contorno, fogo controlado, acompanhamento sismográfico, remoção de "choco", proteção de estruturas existentes ou em construção, carga e transporte de qualquer natureza dos materiais escavados até os locais de aplicação, estoques intermediários e bota-foras, descarga do material, drenagem da área, esgotamento de qualquer natureza, recomposição de sobre escavações e limpeza das áreas após concluídas as escavações e tudo aquilo que for necessário para a execução dos serviços de acordo com as Especificações Técnicas.

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO – FOGO CUIDADOSO OU “SMOOTH BLASTING”

### 1 GENERALIDADES

A realização de desmonte a fogo para escavações em rocha de forma convencional provoca demasiadas irregularidades no contorno da escavação no caso de túneis. Em consequência, ocorre a degradação do maciço, o aumento do risco de queda de blocos, a necessidade de grandes regularizações, a degradação do aspecto visual do túnel, entre outros prejuízos.

Para fazer face a estes inconvenientes e executar escavações com superfícies expostas mais regulares deve-se realizar uma detonação perimétrica controlada, conhecida como fogo cuidadoso ou “smooth blasting”.

### 2 UTILIZAÇÃO

Este serviço deve ser realizado em toda a superfície de contorno da abóbada da escavação do túnel com o objetivo de minimizar a degradação do maciço e as sobre escavações, melhorando as condições de segurança de trabalho e a qualidade da obra.

Poderá ser utilizada em outras superfícies de corte em rocha, desde que especificada em projeto ou pela fiscalização.

### 3 PROCEDIMENTOS

A detonação perimétrica da escavação do túnel deverá observar os seguintes princípios:

A sequência das detonações deve servir ao fim primordial de evitar o encunhamento da rocha resultando em redução da concentração de carga e do abalo da rocha externa à seção da escavação.

Os furos de contorno devem ser menos espaçados que os demais furos do plano de fogo. O espaçamento deverá estar entre 10 a 20 vezes o diâmetro do furo. O afastamento deverá ser de 1 a 1,4 vezes superior ao espaçamento. Os furos da detonação perimétrica controlada devem ser os últimos a serem detonados e devem ter, de preferência, a mesma espera. Consegue-se, com isso, um melhor efeito de corte da rocha, reduzindo saliências e cavidades indesejadas.

A concentração de carga explosiva pode ser reduzida em até um décimo da carga de um furo igual, totalmente carregado.

As cargas explosivas dos furos de contorno devem ser de preferência, detonados em separado, depois da detonação da porção central da seção.

Em função da curvatura da geometria da seção, podem ser executados um ou dois furos sem carga entre dois furos normais. Estes furos trabalham como furos guia para um melhor fendilhamento da rocha.

## **ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CAMBOTA METÁLICA TRELIÇADA**

### **Aspectos Gerais**

À medida que a escavação de túneis é efetuada, procede-se à implantação do revestimento primário do túnel, o qual é constituído, em geral, por cambotas metálicas e/ou treliçadas e concreto projetado e malha de aços apropriados.

As cambotas são instaladas em espaçamento que variam de 1 a 0,4 m e são constituídas por segmentos de perfis metálicos do tipo I soldados ou treliça de vergalhão soldada formando aproximadamente a geometria do túnel, sendo apoiadas no piso da área escavada com auxílio de placas metálicas e ou de concreto para redistribuição de tensões no solo de fundação. Quando a fundação é constituída por solos de baixa capacidade suporte, as cambotas podem ser apoiadas em dispositivos especiais, como por exemplo, brocas ou microestacas executadas no local.

No presente projeto foi definida a utilização de cambotas treliçadas conforme apresentado no desenho de projeto anexo.

### **Medição e Pagamento**

#### **Medição**

Será feita a medição mensal de quantidades de cambotas efetivamente instalados na construção das obras. Os quantitativos referidos neste item serão em (kg) inteira mais próxima de material instalado, independentemente de sua localização, forma ou dimensão. Para tanto a FISCALIZAÇÃO realizará levantamentos específicos das cambotas instaladas e notificará ao CONSTRUTOR para que acompanhe a realização deste levantamento. Caso não venha a acompanhar a realização deste levantamento estará, tacitamente, concordando com os resultados obtidos. A esses levantamentos serão aplicadas a tabela de peço incluída no projeto da cambota, ou alternativamente mediante pesagem direta de uma cambota.

#### **Pagamento**

Será feito de acordo com a medição, e remunerado pelo **Preço Unitário do Fornecimento e Aplicação de Cambota Metálica Treliçada, da Planilha de Serviços e Preços**, por kg conforme medição efetuada. O preço unitário deve incluir a compensação integral pelo fornecimento dos materiais e acessórios, transportes, cortes, dobramentos, estocagem, colocação e tudo o mais relacionado ao item, de acordo com as Especificações Técnicas.

### **Armaduras em Telas Metálicas**

#### **Aspectos Gerais**

As fontes de fornecimento deverão ser qualificadas e aprovadas antecipadamente pela FISCALIZAÇÃO, mediante ensaios em amostras apresentadas pelo CONSTRUTOR com 30 dias de antecedência à emissão da primeira ordem de compra ao fornecedor.

As telas metálicas soldadas deverão atender à especificação da NBR-7481 e deverão ser de aço categoria CA-60B.

#### **Transporte, Manuseio e Estocagem.**

As telas deverão suportar o transporte e o manuseio normais e deverão ser estocadas afastadas do solo, em grupos separados para permitir e facilitar a inspeção quando necessário.

Nas telas soldadas, o número de quebras de juntas soldadas não deve exceder a 1% do número total de juntas soldadas por painel. No caso de rolos este número de quebras permissível não deve exceder a 1% do número total de juntas soldadas em cada 15 m<sup>2</sup> de tela, desde que 50% ou mais do número máximo permitido de juntas soldadas quebradas não sejam localizadas em um único fio.

#### **Colocação e Fixação**

As telas metálicas terão aplicação no revestimento com concreto projetado de superfícies escavadas a céu aberto ou subterrâneo. Deverão ser colocadas nos locais onde indicados nos Desenhos de Projeto ou determinado pela FISCALIZAÇÃO, isentas de sujeiras, ferrugem, óleo,

graxa, ou qualquer outro material que possa prejudicar a aderência. Todas as telas deverão ser mantidas na posição por suportes, espaçadores de concreto, tirantes, chumbadores ou grampos metálicos aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

### **Espaçamento, Cobrimento e Emenda**

Os espaçamentos dos fios deverão obedecer ao indicado nos Desenhos de Projeto e deverão atender à tolerância no espaçamento de 6 mm, desde que a seção total da armadura, por metro, seja mantida.

O cobrimento das telas será indicado nos Desenhos de Projeto, observando sempre, um mínimo de 2 cm. Tal cobrimento corresponde à distância livre entre a face de concreto e as geratrizes das barras mais próximas a esta face.

As emendas serão feitas apenas por superposição das telas, com os comprimentos de traspasse que atendam ao indicado nos Desenhos de Projeto.

### **Dimensões**

As dimensões (largura e comprimento) e malhas das telas, em rolos ou painéis. Será aquela indicada nos Desenhos de Projeto. Será utilizada, de preferência, a largura normal de fabricação e comprimento usuais para painéis ou rolos conforme NBR-7481.

### **Medição e Pagamento**

#### **Medição**

Será feita a medição mensal das quantidades de armaduras em telas efetivamente utilizadas nas obras. As quantidades referidas neste item serão medidas em Kg inteira mais próxima de armadura utilizada, independentemente de sua aplicação, empregando a tabela área/peso fornecida pelo Fabricante ou através da pesagem direta.

#### **Pagamento**

Os serviços, tal como indicado nas Especificações Técnicas, serão remunerados pelos Preços Unitários de Armadura em Telas Metálicas e Fornecimento e Colocação de Telas Soldadas Q-159, da Planilha de Serviços e Preços, com base em medições mensais, devendo incluir a compensação integral pela aquisição, transporte até o local de aplicação, carga, descarga, manuseios, desempenos, cortes, colocação nas formas ou em outros locais em suas posições definitivas, inclusive todos os serviços e materiais necessários à sua fixação, tais como pinos para fixação e respectivos furos, suportes, arames, soldas e tudo mais necessário relacionado ao item e definido nas Especificações Técnicas.

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO – INJEÇÕES DE CALDA DE CIMENTO

### 1 OBJETIVO.

Execução tratamento por injeções de calda de cimento para redução da infiltração de água pela abóbada e paredes do túnel.

### 2 LOCALIZAÇÃO.

O trecho a ser tratado será definido no local pela Fiscalização, com base na ocorrência e intensidade do fluxo de água das surgências observadas.

### 3 DISTRIBUIÇÃO DOS FUROS.

A malha de injeção será inicialmente constituída por furos dispostos em linhas paralelas, espaçadas a cada 2,00 m. Os furos terão distribuição de tal forma que ficarão defasados entre as linhas adjacentes, o que implicará em furação intercalada com espaçamento de 1,00 m entre a projeção daqueles das filas adjacentes.

O comprimento dos furos será de 3,00 m, devendo ser orientados por critério geológico e inclinados no sentido de atravessar o maior número de fraturas e juntas possível.

### 4 SEQUÊNCIA EXECUTIVA.

Inicialmente serão executados furos primários alternados das linhas não adjacentes, o que significa a injeção em malha quadrada, com espaçamento de 4,00 m.

Após perfurados, os furos serão lavados até se observar a saída da água de lavagem isenta de resíduos.

As injeções serão executadas partindo-se dos furos periféricos em direção dos do centro podendo ser feitas injeções simultâneas.

Nos casos de surgências e vazamentos deverão ser feitos tamponamentos e/ou colocação de obturadores na boca dos furos, que serão fechados após se verificar a comunicação e surgência de calda pelos mesmos, com características similares aquelas das injeções.

Após injeção da primeira etapa, serão perfurados e injetados os furos da etapa seguinte (furos intercalados e secundários), obedecendo os mesmos procedimentos, de forma a adensar a malha de injeção, resultando em uma distribuição quadrada com um furo centrado.

Após concluído os furos desta segunda etapa será feito a avaliação do resultado e decidido a necessidade de se avançar para outra etapa, com execução de furos situados nas interseções das linhas anteriores passando para uma malha quadrada, de furos espaçados a cada 2,00 m.

A injeção de cada furo será feita, utilizando-se obturadores simples, em trechos ascendentes (do fundo para a boca) posicionados sucessiva e ininterruptamente a cada 0,50 m. O último trecho será feito com obturador instalado a 0,50 de profundidade da boca do furo.

Após o final da pega, os furos serão lavados e os obturadores retirados.

### 5 PRESSÕES E DOSAGEM.

Em princípio, as pressões máximas de injeções serão de 20,00 kg/cm<sup>2</sup>, sendo medido em manômetros instalados junto à boca do furo. Em função das condições verificadas e do comportamento, da calda quanto à injetabilidade no maciço as pressões poderão ser reduzidas.

O traço inicialmente previsto terá fator água/cimento = 0,6 (em peso) podendo ser adaptado em função dos primeiros resultados.

Em caso de absorções francas sem se verificar o aumento das pressões, poderá ser necessário engrossar a calda, com redução da relação água cimento.

## **6 CONTROLE DA INJEÇÃO.**

Quando ocorrer tomada de calda superior a 2 sacos de cimento por metro sem atingir a pressão máxima, a injeção será interrompida temporariamente, sendo retomada após 15 minutos.

Neste período deve ser feita a lavagem do trecho injetado após o início da pega da calda.

Persistindo esta situação será feita avaliação do comportamento da injeção, com o objetivo de adequar o procedimento.

Para as situações em que não se verifique tomada de calda após 10 minutos de aplicação da pressão da injeção, a dosagem poderá ser ajustada para adicionar aditivos e plastificantes, de forma a aumentar sua fluidez.

O controle de água utilizada no preparo da calda deve ser rigoroso no que se refere à qualidade, com ausência de qualquer impureza sólida ou contaminação com outros produtos, principalmente de óleo e graxas.

Deverão ser utilizados sacos de micro cimento ou cimento Portland comum de partidas mais recentes, não empedrados e com módulo de finura equivalente que atenda a NBR 5732.

Os volumes de calda injetados, deverão ser controlados, observando-se a absorção por trechos, de forma a permitir avaliar a eficiência das injeções, nas etapas executivas.

Quando, durante o processo executivo, ocorrer concentração de fluxo, com aumento de vazão em alguns furos, os mesmos deverão ser mantidos abertos para posterior utilização como drenos.

A avaliação da redução nas vazões de percolação deverá ser verificada e registrada sucessivamente após a conclusão de cada etapa de injeções.

Caso haja condição de se realizar medições e quantificar o valor das infiltrações, deverão ser realizados ou utilizados recursos e procedimentos que permitam esta medição incluindo, entre outros a coleta, em recipientes graduados, instalação de hidrômetros e calhas providas de vertedores.

## **7 CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO.**

Concluídos os trabalhos, será efetuada o mapeamento dos pontos de infiltração remanescentes por meio de inspeção visual detalhada da área e de suas imediações e avaliação quantitativa da eficiência do teste.

Caso julgado necessário, poderão ser feitos furos adicionais para execução de ensaios de perda d'água sob pressão.

## **8 TRECHO EXPERIMENTAL.**

Recomenda-se que antes do tratamento em toda a área programada, seja feito o ajuste das variáveis do sistema de injeção (tipo de cimento, pressão de injeção, relação a/c, etc.) em um trecho experimental a ser escolhido com critério geológico.

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO – INSTRUMENTAÇÃO

### 1.1. Medidor de Convergência

#### 1.1.1. Instrumento

O processo de medidas de deslocamento com Medidor de Convergência consiste em monitorar todos os locais de uma obra (túneis, valas, muros e etc. Em locais indicados pelo projeto, são fixados pinos apropriados para cada tipo de estrutura (rocha, solo, perfis de aço ou concreto). A fixação pode ser cravação, em furos com resina epóxi ou nata de cimento, soldagem ou por ancoragem mecânica.

#### 1.1.2. Leitura

A leitura é realizada conectando-se o instrumento em um dos pinos e a outra extremidade (trena) no 2º pino. Tensiona-se o instrumento numa força pré-determinada e realiza-se a leitura no micrômetro.

Leituras subseqüentes permitirão indicar os deslocamentos entre os pinos. A freqüência de leituras será determinada pelo projetista ou pela fiscalização da obra.

#### 1.1.3. Apresentação dos Resultados

As leituras são registradas em boletins de medida de convergência, nos quais serão anotadas a situação da obra no momento da leitura e a descrição sumária de todas as ocorrências.

#### 1.1.4. Responsabilidades

O responsável pelos serviços de instalação e leituras de uma base de medidas de convergência é o Engenheiro responsável pela instrumentação da obra, o qual determina a equipe que fará os serviços.

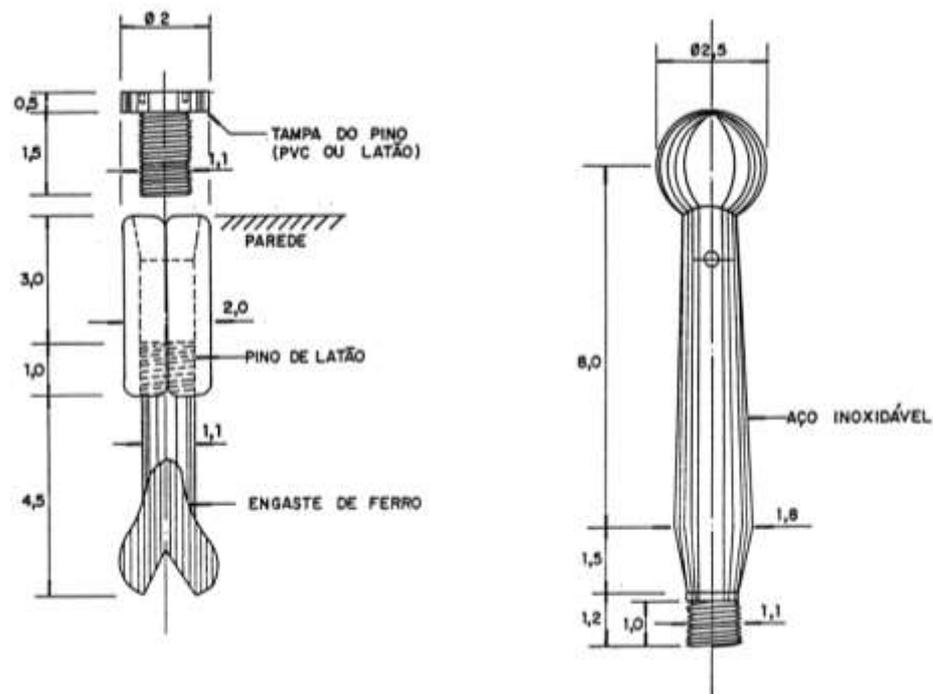
### 1.2. Pinos de Recalque

#### 1.2.1. Definições

Pinos de recalque são instrumentos compostos de duas partes, uma fixa à estrutura da construção, e a outra móvel que se utiliza por ocasião das leituras.

A parte fixa é constituída de uma peça metálica com extremidades rosqueada a ser embutida na estrutura das edificações.

A parte móvel é uma haste prolongadora, dotada de cabeça esférica na qual é apoiada a mira de Invar para a medição e acompanhamento de eventuais recalques ocorrentes na obra.



### 1.2.2. Instalações

Os pinos de recalque deverão ser locados conforme orientação do projeto e fixados na estrutura de suporte da edificação.

Caso haja dificuldade ou impossibilidade de instalação dos pinos nas partes estabelecidas pelo projeto, deverão ser investigados pontos alternativos que possibilitem a obtenção de medidas com a mesma confiabilidade dos pontos anteriores.

A parte fixa dos pinos deverá ser instalada em um furo a ser executado nos pilares da estrutura, fixada com argamassa de cimento, areia, cravação, em furos com resina epóxi ou nata de cimento soldagem ou por ancoragem mecânica.

A haste prolongadora, somente será rosqueada à parte fixa, por ocasião de leituras. A parte fixa deverá ser protegida por um plug de modo a evitar danos acidentais à rosca onde é fixada a haste prolongadora.

Antes da instalação dos pinos, deve-se contactar os proprietários dos prédios e outras estruturas ou benfeitorias que serão instrumentadas, para obter a autorização de instalação e estabelecer as condições de acesso do pessoal para a realização da leitura e demais providências necessárias.

### 1.2.3. Leitura

A “Leitura Inicial de Referência” deverá ser efetivada logo após o término de instalação do pino de recalque e referida a uma referência estável, não afetada pelos deslocamentos ou recalques induzidos pela escavação.

Será considerada satisfatória a leitura ou levantamento que após reiteração indicar produtividade de resultado de  $\pm 0,3$  mm de amplitude.

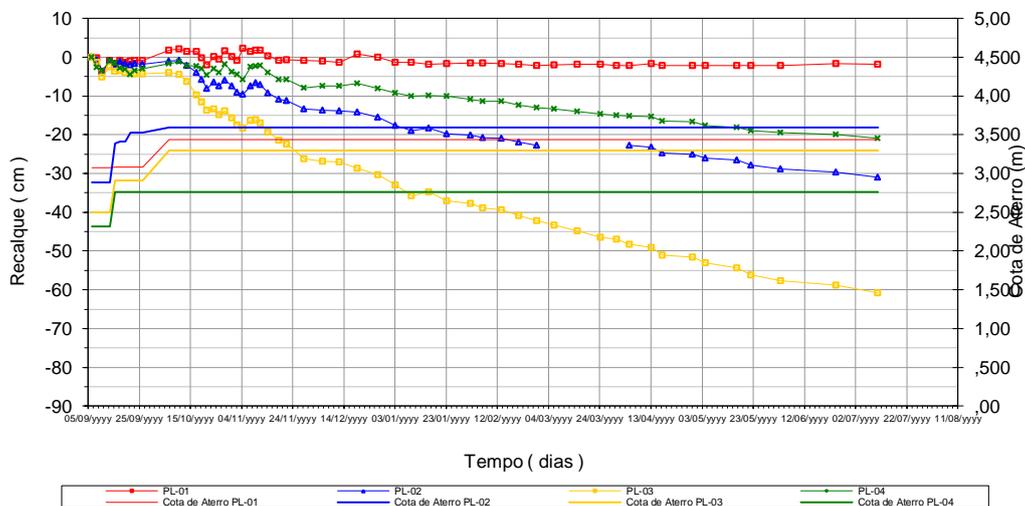
Esta leitura deverá ser efetuada antes do início de qualquer serviço que possa induzir recalques no ponto de instalação do pino de recalque ou estando à frente de escavação a uma distância tal que seguramente não induzirá recalques no mesmo.

As “Leituras de Controle”, como regra geral deverão ser efetuadas a intervalos regulares, estabelecidos pelo projeto e sempre que se iniciar ou executar uma atividade que possa afetar as condições do solo no local (rebaixamento do lençol freático, estaqueamento em pré-furos, escavações, aproximação da frente do túnel e etc.).

A duração do período de controle está limitada à estabilização do maciço, após a passagem da frente de escavação, sendo este período definido pela Fiscalização da obra.

### Apresentação dos Resultados

Os resultados das leituras deverão ser apresentados na forma de tabelas e gráficos onde se identificam o código do pino de recalque, data e hora da leitura, a magnitude do recalque observado em cada leitura. Deverá ser apresentado também o registro das ocorrências e o posicionamento da frente da escavação.



Modelo de gráfico do EXCEL.

### 1.3. Placa de Recalque

As placas de recalque são constituídas por uma chapa quadrada de aço de 400 mm de lado, com espessura de três mm, com um tubo galvanizado de diâmetro de 1” e comprimento em torno de 100 cm soldado de topo no centro.

A outra extremidade é dotada de rosca para permitir emenda caso seja necessário, sobre a mesma apóia-se um adaptador móvel com uma calota esférica de latão para apoio da mira ou do bastão.

As leituras são realizadas com o Nível N2 a partir de Referencial de Nível Profundo “Bench Mark” com leituras de aproximação de milímetros.

#### 1.3.1. Instalações

As placas de recalque deverão ser locadas conforme orientação do projeto.

Caso haja dificuldade ou impossibilidade de instalação das placas nas partes estabelecidas pelo projeto, deverão ser investigados pontos alternativos que possibilitem a obtenção de medidas com a mesma confiabilidade dos pontos

anteriores.

As placas são instaladas em poços rasos que são reaterrados com o material escavado compactado cuidadosamente.

### 1.3.2. Leitura

A “Leitura Inicial de Referência” deverá ser efetivada logo após o término de instalação da placa de recalque e referida a uma referência estável, não afetada pelos deslocamentos ou recalques induzidos pela escavação.

Será considerada satisfatória a leitura ou levantamento que após reiteração indicar produtividade de resultado de  $\pm 0,3$  mm de amplitude.

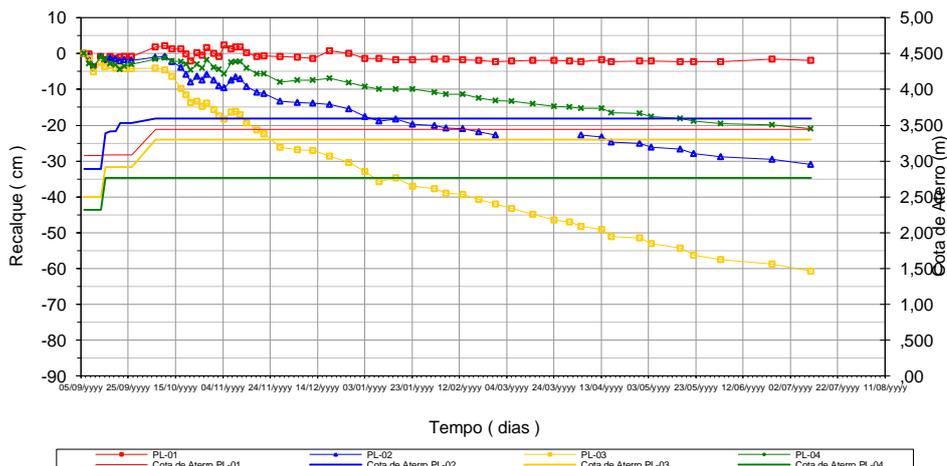
Esta leitura deverá ser efetuada antes do início de qualquer serviço que possa induzir recalques no ponto de instalação da placa de recalque ou estando à frente de escavação a uma distância tal que seguramente não induzirá recalques no mesmo.

As “Leituras de Controle”, como regra geral deverão ser efetuadas a intervalos regulares, estabelecidos pelo projeto e sempre que se iniciar ou executar uma atividade que possa afetar as condições do solo no local (rebaixamento do lençol freático, estaqueamento em pré-furos, escavações, aproximação da frente do túnel e etc.).

A duração do período de controle está limitada à estabilização do maciço, após a passagem da frente de escavação, sendo este período definido pela Fiscalização da obra.

### Apresentação dos Resultados

Os resultados das leituras deverão ser apresentados na forma de tabelas e gráficos onde se identificam o código do pino de recalque, data e hora da leitura, a magnitude do recalque observado em cada leitura. Deverá ser apresentado também o registro das ocorrências e o posicionamento da frente da escavação.



Modelo de gráfico do EXCEL.

## 1.4. Tassômetro

### 1.4.1. Definições

Tassômetros são instrumentos constituídos por uma haste composta por um segmento de tubo de aço galvanizado de 25 mm de diâmetro, tendo no topo uma cabeça esférica de latão. A extremidade inferior da haste é fixada ao maciço através de calda e cimento, no ponto onde se pretende detectar e medir os recalques

### 1.4.2. Instalação

Os Tassômetros deverão ser instalados ao longo do túnel, nas seções, pontos e profundidade indicada pelo projeto, em furos de sondagens ou furo especialmente executados para tal fim.

Após o término da sondagem, o furo deverá ser revestido por tubos de PVC rígido de 50 mm de diâmetro nominal, ou tubo de aço para proteção da haste contra atrito.

Previamente ao início das perfurações para instalação dos Tassômetros, deverá ser verificadas a existência de possíveis interferências no subsolo.

### 1.4.3. Leitura

As leituras deverão ser efetuadas utilizando-se nível topográfico de precisão com lente plano paralela e Mira de Invar que viabiliza leitura direta até 0,1 mm na visada interpolação até 0,01 mm.

A leitura inicial de referência deverá ser efetuada logo após o término de instalação do tassômetro e referida a uma referência estável, não afetada pelos deslocamentos pelos deslocamentos ou recalques induzidos pela escavação.

Será considerada satisfatória a leitura ou levantamento que após reiteração indicar uma reprodutividade de resultado de  $\pm 0,3$  mm de amplitude.

Esta leitura deverá ser efetuada antes do início de qualquer serviço que possa induzir recalques no ponto de instalação do tassômetro ou estando a frente de escavação a uma distância tal que seguramente não induzirá recalques no mesmo.

As “Leituras de Controle”, como regra geral deverão ser efetuadas a intervalos regulares, estabelecidos pelo projeto e sempre que se iniciar ou executar uma atividade que possa afetar as condições do solo no local (rebaixamento do lençol freático, estaqueamento em pré-furos, escavações, aproximação da frente do túnel e etc.).

A duração do período de controle está limitada à estabilização do maciço, após a passagem da frente de escavação, sendo este período definido pela Fiscalização da obra.

### 1.4.4. Apresentação dos Resultados

Os resultados das leituras deverão ser apresentados na forma de tabelas e gráficos onde se identificam o código do pino de recalque, data e hora da leitura, a magnitude do recalque observado em cada leitura. Deverá ser apresentado também o registro das ocorrências e o posicionamento da frente da escavação.



Modelo de gráfico do EXCEL.

## MEDIÇÃO

A medição do serviço de instrumentação será conforme definido abaixo:

- 1- A alocação de equipe especializada inclusive os equipamentos necessários para leitura dos instrumentos será por unidade de equipe alocada por mês.
- 2- O fornecimento e instalação de marcos superficial (MS) serão por quantidade unitária instalado no mês.
- 3- O fornecimento e instalação de tassômetros (TZ) serão por quantidade unitária instalado no mês.
- 4- O fornecimento e instalação de pinos de convergencia serão por quantidade unitária instalado no mês.

## PAGAMENTO

Os serviços, tal como indicado nas Especificações Técnicas, serão remunerados pelos Preços Unitários constante na planilha de Serviços e Preços, com base em medições mensais, devendo estar incluindo fornecimento, transporte, ensaios dos materiais, perfuração dos furos, instalação dos instrumentos, transporte até o local de aplicação, carga, descarga, manuseios, colocação nos furos, inclusive todos os serviços, equipamentos e materiais necessários à sua execução, tais como andaimes, gabaritos e respectivos furos, suportes, arames, soldas e tudo mais necessário relacionado ao item e definido nas Especificações Técnicas.

---

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO - MATERIAIS PARA REATERRO EM TÚNEIS

### 1 GENERALIDADES

Os materiais para reaterro nos túneis podem ter duas finalidades, uma de servir como proteção a peças executadas como o arco invertido provisório ou o definitivo e, quando solicitado pela Fiscalização para proteção e auxílio da estabilidade da frente de escavação ou como proteção de piso. A característica final do reaterro deverá fornecer suporte suficiente para o tráfego provisório dos equipamentos de obra, sem danificar a estrutura do túnel.

### 2 MATERIAIS

Os materiais de reaterro nos túneis deverão obedecer às Especificações de Projeto e, quando estas não forem definidas a Construtora deverá obedecer às indicações da Fiscalização. Geralmente são utilizados os próprios solos escavados, ou materiais granulares provenientes das escavações dos túneis ou materiais detonados de pedreira. Em cada caso, a critério da fiscalização, ouvido o parecer o projeto a construtora deverá manter estoques de material para reaterro.

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO – PREGAGEM / SOLO GRAMPEADO.

### 1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição da implantação de pregagem/solo grampeado em taludes dos emboques dos túneis.

### 2 DEFINIÇÃO

Trata-se da instalação de hastes de aço em perfurações previamente executadas nas superfícies de taludes, para servirem como ancoragens passivas de estabilização do maciço anexo. As hastes, constituídas por aço maciço, com diâmetros entre 25 mm e 32 mm, devem ser colocadas nos furos.

### 3 MATERIAIS

Os materiais utilizados são:

- Barra de aço - Tensão de escoamento 835 MPa – diâmetro de 32 mm;
- Barra de aço - Tensão de escoamento 550 MPa – diâmetro de 25 mm;
- Barra de aço – Tensão de escoamento 500 MPa (CA-50) – diâmetro de 25 mm;
- Calda de cimento com fator água/cimento de 0,40 a 0,45;
- Placa com dimensão de 20 cm x 20 cm, com 1/2” de espessura com domo central estampado;
- Tubos de PVC com 12 mm de diâmetro, anexados à haste para efetuar as injeções de calda no furo;
- Porca hexagonal;
- Pintura anticorrosiva\*.

\* Dentre os produtos existentes no mercado podem ser utilizadas as que são a base de epóxi. Para aplicação deve-se fazer a limpeza da armadura para remover qualquer camada de oxido solta ou semisolta e após eliminar qualquer resquício de pó. Aplicar a pintura anticorrosiva com, no mínimo, duas demãos e observar a orientação do fabricante. Após a aplicação da pintura, não podem existir pontos sem perfeita cobertura pela tinta anticorrosiva.

Observação: Para a aplicação de cada material ver desenhos específicos.

### 4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela Fiscalização.

O equipamento básico para execução dos chumbadores compreende as seguintes unidades:

Tricone com vídea, com 3” de diâmetro;

- b) Perfuratrizes;
- c) Resina de pega diferenciada rápida e lenta;
- d) Andaimos, de uso eventual;
- e) Plataforma de trabalho;
- f) Veículos transportadores.

### 5 EXECUÇÃO

Para que a contenção atenda as necessidades de estabilidade, deverão ser obrigatoriamente observadas as seguintes especificações técnicas:

Seqüência executiva:

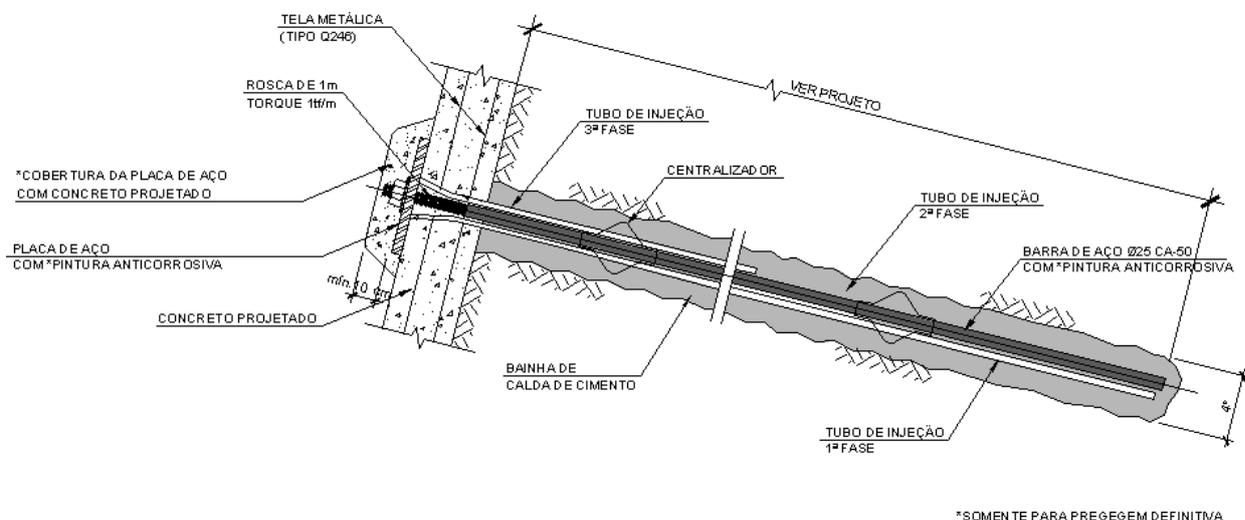
Limpeza e corte do solo na geometria de projeto. Execução da primeira linha de ancoragens e aplicação do revestimento de concreto projetado. Deve-se trabalhar de forma descendente e se necessário, com escavação em cachimbo. Simultaneamente ao avanço dos trabalhos, devem ser executados os drenas e demais componentes do sistema de drenagem.

#### Perfuração:

As perfurações são executadas por equipamentos relativamente leves, entre 25 e 500 Kg, de fácil manuseio, instalação e trabalho sobre qualquer talude. Como fluido de perfuração e limpeza do furo, poderá ser utilizada água, ar ou lama. O sistema usual utiliza lavagem com água, por meio de hastes dotadas de elementos cortantes na extremidade do tipo tricônes com vídea, no diâmetro de 3" ou 4". A depender da profundidade do furo, diâmetro, área de trabalho, pode-se optar por perfuratrizes tipo sonda, crawlair, wagon drill, ou até perfuratrizes manuais. Quando a condição de trabalho permite alta produtividade são utilizadas esteiras de perfuração, cujo peso varia entre 2000 e 4000 Kg. Os grampos deverão sempre ter inclinação abaixo da horizontal conforme indicado em projeto.

#### Montagem:

Concluída a perfuração, segue-se à instalação e fixação das pregagens. Estas são metálicas e não devem perder suas características de resistência ao longo do tempo. Ao longo destes elementos deverão ser instalados dispositivos centralizadores, que garantam seu contínuo e constante recobrimento com calda de cimento, como indicado na figura abaixo. A barra de aço deverá receber centralizadores a cada 2 metros e deverá ser ancorada na extremidade com cerca de 30 centímetros. Adjacente à barra instala-se a quantidade de tubos de injeção especificada em projeto, com diâmetro de 10 a 15 milímetros, que serão perdidos, providos de válvulas manchete a cada 0,5 metro e com 1 metro da boca do furo.



**Figura 1 – Pregagem instalada**

#### Preenchimento e Injeção com calda de cimento:

Concluída a perfuração, deve ser efetuada a limpeza do furo e preenchido com calda de cimento. Por meio de um tubo auxiliar removível injeta-se calda de cimento até o preenchimento da bainha, de forma ascendente, com calda de cimento fator a/c próximo de 0,5 (em peso), proveniente de um misturador de alta turbulência até o seu extravasamento na boca do furo. Como alternativa, pode-se preencher o tubo com calda e então introduzir a pregagem. A bainha é a fase inicial de

injeção em que se pretende recompor a cavidade escavada.

Após o período mínimo de 12 horas deve-se efetuar as reinjeções através de tubo de injeção perdido, anotando-se a pressão máxima de injeção e o volume de calda absorvida. As fazes de reinjeções são estabelecidas em projeto.

Decorridas 24 horas da injeção, deve ser colocada a placa, arruela e porca, apertando-se até garantir a aderência de placa contra a parede em toda a superfície.

Concreto projetado:

O método de preparo e condução dos componentes do concreto utilizado na execução de pregagens / solos grampeados é por “Via Úmida”.

a) Componentes do Concreto:

Agregados: como agregados, utiliza-se pedrisco ou pedra zero e areia média. É necessário que ambos tenham umidade mínima. A areia em tomo de 5%, nunca inferior a 3%, pois causaria muita poeira, nem superior a 7% causando o entupimento do mangote e início da hidratação do cimento. Para o pedrisco a umidade 2% é suficiente. A areia média não poderá ter acima de 5% de grãos finos, podendo compor-se por 60% de grãos médios e 35% de grãos grossos;

Cimento: poderá ser utilizado cimento: Comum, Composto, Pozolânico, Alto Forno, ARI, ARI-RS, dependendo das especificações de projeto. Pode-se utilizar aditivos não alcalinos aceleradores de pega, secos ou líquidos conforme necessidade em obra;

b) Resistência:

A resistência mínima adotada em projeto é de 25 MPa.

c) Armadura:

A armadura é composta por tela metálica como apresentada em projeto.

Drenagem:

Deve ser feita a instalação de barbacãs ou geocompostos drenantes contínuos para drenagem nos trechos de aplicação de concreto projetado, em conformidade com as especificações de projeto. Deve-se atentar para a drenagem superior do talude, para que não haja infiltração e conseqüente comprometimento da estrutura ou até eventual ruptura do maciço.

Pregagem / Ancoragens:

A armadura deve estar centrada na bainha. Deve-se garantir que não tenha havido perda de calda, observando-se minutos após a injeção junto à boca do grampo se não houve decantação.

Aceita-se um erro de deslocamento local de 15% da distância horizontal ou vertical, no posicionamento da ancoragem. Porém deverá ser mantida a quantidade de ancoragens prevista no projeto para a área contida. Não há necessidade de qualquer controle rigoroso quanto à tolerância de inclinação podem dose aceitar uma variação em tomo de 5°.

A proteção anticorrosiva para pregagens provisórias é considerada por meio da injeção da calda de cimento e para pregagens permanentes por meio de pintura anticorrosiva e da injeção da calda de cimento.

## **6 CONTROLE DA EXECUÇÃO**

Pregagem/Ancoragens:

A armadura deve estar centrada na bainha. Deve-se garantir que não tenha havido perda de calda, observando-se minutos após a injeção junto à boca da ancoragem se não houve decantação.

Aceita-se um erro de deslocamento local de 15% da distância horizontal ou vertical, no posicionamento do grampo. Porém deverá ser mantida a quantidade de grampos prevista no projeto para a área contida. Não há necessidade de qualquer controle rigoroso quanto à tolerância de inclinação podem dose aceitar uma variação em tomo de 5°. Devem ser efetuados testes de arrancamento em 10% dos chumbadores, ou quantidade tal que permita haver representatividade do resultado.

A proteção anticorrosiva para pregagens provisórias é considerada por meio da injeção da calda de cimento e para pregagens permanentes por meio de pintura anticorrosiva e da injeção da calda de cimento.

Durante a perfuração devem ser observadas as posições estruturais das camadas de solo em função do corte, ajustando se necessário o posicionamento dos grampos.

Concreto projetado:

O concreto projetado deverá ter sua espessura controlada por meio de marcos aplicados em malha de 2x2 m. Deverão ser seguidas as Normas Brasileiras de concreto projetado. Deverá ser garantida a cura adequada do concreto.

Drenagem:

Durante a execução devem ser avaliadas e determinadas as posições e fluxos do lençol freático, de forma para haver um correto ajuste no sistema de drenagem desenvolvido na fase de projeto.

## **7 ACEITAÇÃO**

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam, simultaneamente, às exigências de materiais e de execução estabelecidas nesta especificação.

Os chumbadores devem ser executados de acordo com o posicionamento, comprimento, bitola e inclinação da haste, previstos no projeto. Quaisquer alterações somente podem ser efetuadas após prévia autorização da Fiscalização.

## **8 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO**

Os chumbadores devem ser medidos em metros lineares (m) nos diâmetros correspondentes, após aceitação e recebimento por parte da Fiscalização.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme o respectivo preço unitário contratual, no qual está incluso: o fornecimento de materiais, placas, injeção de nata, transporte, perdas, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, e outros recursos utilizados na realização do serviço. A perfuração está excluída da medição.

## **9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

NBR5629 - Execução de Tirantes Ancorados no Terreno;

NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto;

NBR11919 - Verificação de emendas metálicas de barras para concreto armado - Método de ensaio.

NBR13044 - Concreto projetado -Reconstituição da mistura recém-projetada;

NBR13069 - Concreto projetado - Determinação dos tempos de pega em pasta de cimento Portland, com ou sem a utilização de aditivo acelerador de pega;

NBR13070 - Moldagem de placas para ensaio de argamassa e concreto projetados;

NBR13317 - Concreto projetado - Determinação do índice de reflexão por medição direta;

NBR13354 - Concreto projetado -Determinação do índice de reflexão em placas;

NBR14026 - Concreto projetado - Especificação;

NBR14278 - Concreto projetado -Determinação da consistência através da agulha de Proctor.

## ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO – TIRANTE PROVISÓRIO INJETADO COM RESINA PARA CARGA ADMISSÍVEL ESTRUTURAL DE ATÉ 10 tf PARA TÚNEL

### 1 OBJETIVO

Este documento tem a finalidade de apresentar as instruções básicas para a execução de tirante provisório injetado com resina para carga admissível estrutural de até 10tf, em túneis.

### 2 MATERIAIS

- Barras de aço especial com diâmetro de 7/8" a 1" com carga de trabalho provisória de até 10 tf e comprimentos variando de 4 a 7 m possuindo uma extremidade dotada de rosca forjada, à qual se adapta uma placa de aço de 25 cm x 25 cm x 1/2", dotada de domo semiesférico com furo excêntrico ovalado para permitir a passagem da haste;

- Resina de pega diferenciada rápida e lenta.

### 3 PROCEDIMENTO

A ancoragem do tirante se fará com resina. A carga de incorporação no tirante deverá ser de até 10 tf, ou conforme especificação do projeto, obtida por meio do aperto de porca especial, para diminuir o atrito, e com auxílio de uma chave dinamométrica devidamente aferida para o registro do torque e da carga incorporada.

A ancoragem é conseguida pela introdução previa de cartuchos de resina de pega diferenciada introduzidos ao longo do comprimento do furo aberto na rocha.

Os cartuchos da extremidade distal são providos de catalisadores com pega rápida (de 2 a 10 minutos) e os demais com pega lenta (de algumas horas). O cartucho de pega rápida é posicionado no fundo do furo e os de pega lenta no corpo e cabeça do tirante.

A extremidade não rosqueada da haste é bizelada para facilitar a penetração e rompimento dos cartuchos.

A haste é introduzida com um movimento rotatório para possibilitar a mistura da resina com o catalisador.

A protensão é realizada depois de 15 minutos da colocação da haste, quando a ancoragem da extremidade já foi efetivada, e o fuste ainda permanece livre, porque não se iniciou a pega da resina em sua extensão.

Após cumprida sua função própria de tirante, o mesmo passa a funcionar, em poucas horas, como um chumbador integrativo, devido à pega lenta da resina ao longo do fuste.